Navigasi Penyuluhan Pertanian Era Digital: Transformasi, Indikator Keberhasilan, dan Model Hibrid Global

Gunawan

PT GHANI PRESS GROUP

Navigasi Penyuluhan Pertanian Era Digital: Transformasi, Indikator Keberhasilan, dan Model Hibrid Global

Penulis:
Gunawan

Desain Cover:
Umar Khasan

Layouter:
Emi Lailiyah Safitri

Editor Naskah:
Dr. Slamet Widodo, S.P., M.Si.

21 x 29,7 cm, v-331
ISBN: 978-634-05-0086-8

Diterbitkan oleh: PT GHANI PRESS GROUP

Alamat:
Bumi Permata Raya Blok 8 No. 28 Tanjung, Lamongan
HP. 0896-5710-0105
Email: ptghanipress@gmail.com
Website: https://ghanipress.com/
© Hak Cipta 2025 pada penulis

Sanksi Pelanggaran Pasal 113
Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

a) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
b) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
c) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
d) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

KATA PENGANTAR

Pertanian tetap menjadi pilar tunggal yang menopang kedaulatan pangan dan penghidupan jutaan rumah tangga di perdesaan global. Namun, di tengah akselerasi teknologi abad ke-21, kita menghadapi paradoks yang mengkhawatirkan: kemajuan kecerdasan buatan dan pertanian presisi berkembang pesat, sementara lebih dari 500 juta petani kecil masih terjebak dalam asimetri informasi dan kemiskinan struktural. Kesenjangan digital (digital divide) bukan sekadar masalah infrastruktur, melainkan cerminan dari ketimpangan akses terhadap pengetahuan yang berkeadilan.

Buku referensi berjudul "Navigasi Penyuluhan Pertanian Era Digital: Transformasi, Indikator Keberhasilan, dan Model Hibrid Global" ini lahir dari sebuah upaya akademik yang mendalam untuk memetakan jalan keluar dari kebuntuan tersebut. Melalui pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)* yang rigorus berbasis protokol PRISMA 2020, buku ini menyintesis bukti empiris dari 80 studi primer global yang diterbitkan dalam kurun waktu 2015–2025. Fokus utamanya adalah mendekonstruksi indikator keberhasilan penyuluhan dan membedah efektivitas *platform* digital dibandingkan metode tradisional yang telah mapan.

Berdasarkan analisa *heatmap* dan radar *Chart* multidimensi, buku ini membuktikan secara empiris bahwa efektivitas penyuluhan tidak terletak pada pilihan antara mesin atau manusia, melainkan pada sinergi keduanya. Teknologi digital berperan sebagai akselerator jangkauan dan efisiensi informasi, sementara interaksi tatap muka tetap menjadi jangkar bagi kepercayaan, legitimasi sosial, dan transformasi perilaku di tingkat lahan.

Buku ini disusun dalam delapan bab yang komprehensif, mulai dari landasan teoretis *Human Capital* dan *Diffusion of Innovation*, rigoritas metodologi riset, hingga protokol implementasi strategis bagi organisasi penyuluhan. Setiap bab dirancang untuk memberikan wawasan panduan praktis (*policy paper*) bagi para pengambil kebijakan dan praktisi pembangunan di seluruh dunia.

Akhir kata, penulis berharap buku ini dapat menjadi lentera bagi transformasi penyuluhan pertanian yang lebih inklusif, adaptif, dan berkelanjutan. Di era di mana data sering kali dianggap sebagai "minyak baru," mari kita pastikan bahwa data tersebut mengalir hingga ke tangan petani di pelosok desa, demi mewujudkan kedaulatan pangan yang sejati bagi kemanusiaan.

Malang, April 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
BAB 1
Pendahuluan 1
BAB 2
Sejarah dan Metamorfosis Penyuluhan: dari Instruksi Linier Ke Ekosistem Pluralistik 33
BAB 3
Kerangka PRISMA 2020 dan Filosofi *Systematic Literature Review* (SLR) 79
BAB 4
Taksonomi Indikator Efektivitas: Perspektif Kognitif dan Perilaku 135
BAB 5
Analisis Platform Digital: Skalabilitas Informasi dan Akses *Real-time* dalam Penyuluhan Pertanian 165
BAB 6
Filosofi dan Konstruksi Teoritis Pendekatan Hibrid 205
BAB 7
Perancangan Arsitektur Penyuluhan Hibrid: Strategi Desain Berbasis Pengguna *(User-Centered Design)* 245
BAB 8
Rekonstruksi Paradigma Penyuluhan 277
DAFTAR PUSTAKA 317
GLOSARIUM 327
Biodata Penulis 331

PT GHANI PRESS GROUP
Email: ptghanipress@gmail.com
Website: https://ghanipress.com/

BAB 1
Pendahuluan

➢ Sektor Pertanian dan Tantangan Kesejahteraan Petani Kecil Global

Transformasi Sistem Pangan Global dalam Era Teknologi Pertanian

Dalam beberapa dekade terakhir, sektor pertanian global mengalami transformasi struktural yang sangat signifikan seiring dengan perkembangan teknologi pertanian modern yang semakin kompleks dan terintegrasi. Transformasi ini sering dikaitkan dengan berkembangnya inovasi dalam bidang *Agricultural Technology* (AgTech) yang mencakup berbagai teknologi seperti *precision agriculture*, sensor berbasis *Internet of Things* (IoT), penggunaan citra satelit untuk pemantauan kondisi lahan pertanian, kecerdasan buatan dalam analisis agronomis, serta sistem manajemen rantai pasok pangan berbasis *big data*. Integrasi teknologi digital, bioteknologi, dan analisis data dalam sistem produksi pertanian telah mengubah cara produksi pangan dilakukan secara fundamental (Wolfert dkk., 2017)

Dalam perspektif pembangunan pertanian, transformasi teknologi sering dipahami sebagai bagian dari proses modernisasi sistem pangan global yang bertujuan meningkatkan produktivitas pertanian dan memperkuat ketahanan pangan dunia. Revolusi Hijau pada abad ke-20 merupakan salah satu contoh penting bagaimana inovasi teknologi mampu meningkatkan produksi pangan secara signifikan melalui penggunaan varietas unggul, pupuk kimia, dan sistem irigasi modern (Pingali, 2012a)

Secara konseptual, perkembangan teknologi pertanian sering dipahami sebagai bagian dari proses modernisasi sistem pangan global yang bertujuan meningkatkan produktivitas pertanian serta memperkuat ketahanan pangan dunia. Kemajuan teknologi tersebut tidak selalu diikuti oleh peningkatan kesejahteraan petani sebagai produsen utama pangan. Fenomena ini mencerminkan adanya paradoks dalam sistem pangan global, di mana peningkatan kapasitas produksi tidak secara otomatis menghasilkan distribusi manfaat ekonomi yang merata bagi pelaku produksi di tingkat petani (Timmer, 2015).

Skala dan Posisi Petani Kecil dalam Sistem Pangan Dunia

Petani kecil (*smallholder farmers*) merupakan aktor penting dalam sistem produksi pangan global, khususnya di negara-negara berkembang. Food and *Agriculture* Organization (FAO) memperkirakan bahwa terdapat lebih dari 500 juta rumah tangga petani kecil yang terlibat dalam kegiatan produksi pertanian di berbagai wilayah dunia FAO, (2023). Petani kecil umumnya mengelola lahan dengan luas kurang dari dua hektar dan mengandalkan tenaga kerja keluarga sebagai sumber utama tenaga produksi dalam usaha tani mereka.

Lowder dkk. (2016) menunjukkan bahwa terdapat lebih dari 570 juta usaha pertanian di dunia, dan sekitar 84% di antaranya merupakan usaha tani keluarga berskala kecil. Temuan ini menunjukkan bahwa petani kecil merupakan kelompok yang sangat dominan dalam jumlah unit usaha pertanian secara global. Namun demikian, dominasi tersebut tidak selalu sejalan dengan penguasaan sumber daya produksi. Studi tersebut juga menunjukkan bahwa petani kecil hanya menguasai sekitar 12% dari total lahan pertanian global.

Ketimpangan penguasaan sumber daya agraria ini menunjukkan bahwa kontribusi petani kecil terhadap sistem pangan global tidak dapat dipahami hanya melalui jumlah unit usaha pertanian semata. Sebaliknya, posisi mereka harus dianalisis dalam konteks distribusi

sumber daya produksi, akses terhadap teknologi pertanian, serta hubungan kekuasaan dalam sistem agribisnis global. Dalam banyak kasus, petani kecil menghadapi keterbatasan akses terhadap teknologi modern, pembiayaan pertanian, serta jaringan pasar yang lebih luas. Kondisi ini menyebabkan sebagian besar nilai ekonomi dalam rantai nilai pangan tidak dinikmati oleh produsen primer, melainkan oleh aktor-aktor yang berada pada tahap hilir sistem agribisnis (Barrett, 2022)

Struktur Rantai Nilai Pangan dan Ketimpangan Distribusi Nilai

Salah satu karakteristik utama sistem pangan global modern adalah meningkatnya kompleksitas rantai nilai agribisnis. Produksi pangan tidak lagi terbatas pada kegiatan budidaya di tingkat petani, tetapi melibatkan berbagai tahapan kegiatan ekonomi seperti pengolahan industri, distribusi logistik, serta pemasaran produk melalui jaringan ritel modern.

Dalam struktur rantai nilai tersebut, peningkatan nilai ekonomi produk pangan sebagian besar terjadi pada tahapan hilir seperti pengolahan industri dan distribusi. Sebaliknya, petani sebagai produsen bahan baku pertanian seringkali hanya memperoleh bagian nilai yang relatif kecil dari produk yang mereka hasilkan. Kondisi ini menciptakan ketimpangan distribusi nilai ekonomi sepanjang rantai pasok pangan global.

Ketimpangan tersebut semakin diperkuat oleh proses konsolidasi industri pangan global yang meningkatkan dominasi perusahaan agribisnis multinasional dalam sistem pangan dunia. Perusahaan-perusahaan tersebut memiliki kapasitas finansial, teknologi, serta jaringan distribusi yang luas sehingga mampu menentukan standar kualitas produk, mekanisme pembentukan harga komoditas, serta akses pasar bagi produk pertanian.

Dalam perspektif ekonomi politik agraria, kondisi ini menunjukkan bahwa sistem pangan global tidak hanya merupakan sistem produksi dan distribusi pangan, tetapi juga merupakan arena di mana berbagai aktor ekonomi dengan tingkat kekuasaan yang berbeda berinteraksi dalam menentukan distribusi nilai ekonomi sepanjang rantai pasok pangan Bernstein, (2010). Dominasi perusahaan agribisnis dalam sistem pangan global juga dijelaskan dalam kerangka *Food Regime Theory* yang dikembangkan oleh Friedmann dan McMichael, yang menyebut fase sistem pangan saat ini sebagai *corporate food regime*, yaitu sistem pangan yang sangat dipengaruhi oleh perusahaan agribisnis multinasional.

Inovasi Teknologi dan Bias Struktural dalam Transformasi Pertanian

Transformasi pertanian modern juga ditandai oleh meningkatnya ketergantungan pada teknologi produksi yang semakin intensif modal. Meskipun inovasi teknologi memiliki potensi besar untuk meningkatkan produktivitas sektor pertanian, berbagai studi menunjukkan bahwa inovasi teknologi tidak selalu bersifat netral secara sosial. Banyak teknologi pertanian modern memerlukan investasi modal yang relatif tinggi sehingga lebih mudah diakses oleh petani skala besar dibandingkan petani kecil yang memiliki keterbatasan sumber daya finansial. Dalam literatur ekonomi pembangunan, fenomena ini dikenal sebagai *technology bias*, yaitu kecenderungan inovasi teknologi yang secara struktural lebih menguntungkan kelompok produsen yang telah memiliki akses terhadap sumber daya ekonomi yang lebih besar.

Pingali, (2012) menunjukkan bahwa pola serupa telah terjadi pada periode Revolusi Hijau pada pertengahan abad ke-20. Introduksi varietas unggul, penggunaan pupuk kimia, serta pembangunan sistem irigasi memang berhasil meningkatkan produksi pangan secara signifikan. Namun manfaat ekonomi dari transformasi tersebut tidak selalu terdistribusi secara merata di antara kelompok petani. Dalam perkembangan yang lebih mutakhir, digitalisasi sektor pertanian melalui aplikasi berbasis telepon seluler, sistem informasi harga pasar, serta platform konsultasi agronomis digital memiliki potensi untuk meningkatkan akses petani terhadap informasi produksi dan pasar. Namun keterbatasan akses terhadap perangkat digital, infrastruktur internet, serta rendahnya literasi teknologi di wilayah pedesaan menciptakan kesenjangan digital yang berpotensi memperdalam ketimpangan dalam sektor pertanian.

Paradoks Produktivitas dan Kemiskinan Petani

Salah satu paradoks utama dalam sistem pangan global adalah kondisi di mana peningkatan produksi pangan tidak selalu diikuti oleh peningkatan kesejahteraan petani. Peningkatan

produktivitas pertanian seringkali meningkatkan pasokan komoditas di pasar yang pada kondisi tertentu dapat menyebabkan penurunan harga hasil pertanian.

Dalam situasi tersebut, peningkatan volume produksi tidak selalu menghasilkan peningkatan pendapatan yang sebanding bagi petani. Selain itu, volatilitas harga komoditas di pasar global menciptakan tingkat ketidakpastian ekonomi yang tinggi bagi petani kecil yang memiliki kapasitas terbatas dalam mengelola risiko pasar.

Timmer, (2015) menjelaskan bahwa transformasi struktural sistem pangan global telah menggeser distribusi nilai ekonomi dari sektor produksi primer menuju sektor hilir rantai nilai seperti industri pengolahan dan distribusi pangan. Pergeseran ini menyebabkan petani sebagai produsen bahan baku pertanian hanya memperoleh bagian yang relatif kecil dari nilai ekonomi produk pangan yang dihasilkan.

Informasi sebagai Determinan Strategis Kesejahteraan Petani

Selain akses terhadap lahan, modal, dan teknologi, akses terhadap informasi semakin diakui sebagai faktor strategis dalam menentukan kesejahteraan petani kecil. Dalam sistem pertanian modern yang semakin kompleks dan terintegrasi dengan pasar global, informasi mengenai teknologi produksi, kondisi pasar, prakiraan cuaca, serta peluang pemasaran menjadi sangat penting dalam proses pengambilan keputusan usaha tani.

Dalam kerangka *Human Capital Theory*, Schultz, (1964) menjelaskan bahwa rendahnya produktivitas pertanian tradisional bukan disebabkan oleh ketidakrasionalan petani, tetapi lebih disebabkan oleh keterbatasan akses terhadap pengetahuan dan teknologi modern. Oleh karena itu, investasi dalam pendidikan, pelatihan, serta penyebaran informasi pertanian merupakan faktor penting dalam meningkatkan kapasitas produktif petani.

Selain itu, literatur mengenai ekonomi informasi menunjukkan bahwa distribusi informasi yang tidak merata dapat menciptakan kondisi *information asymmetry* dalam sistem ekonomi. Dalam sektor pertanian, kondisi ini sering terjadi ketika pedagang atau pelaku pasar memiliki informasi harga yang lebih lengkap dibandingkan petani. Akibatnya, petani seringkali menjual produk mereka dengan harga yang lebih rendah daripada nilai pasar sebenarnya (Akerlof, 1970 ; Stiglitz, 2000).

Penyuluhan Pertanian sebagai Infrastruktur Pengetahuan

Dalam menghadapi kondisi asimetri informasi tersebut, sistem penyuluhan pertanian memiliki peran penting sebagai mekanisme kelembagaan dalam mendistribusikan pengetahuan kepada petani. Penyuluhan pertanian berfungsi sebagai jembatan antara sistem penelitian pertanian dengan praktik produksi di tingkat petani. Melalui berbagai kegiatan seperti pelatihan kelompok tani, demonstrasi lapangan, serta diskusi komunitas, petani dapat memperoleh akses terhadap informasi mengenai teknologi produksi, manajemen usaha tani, serta strategi pemasaran produk pertanian. Selain itu, penyuluhan juga berperan dalam memperkuat jaringan sosial di antara petani yang memungkinkan terjadinya proses pembelajaran kolektif (Rogers, 2003; Conley dkk., 2000).

Dalam era digital, sistem penyuluhan pertanian juga mulai memanfaatkan teknologi informasi untuk memperluas jangkauan layanan kepada petani. Namun pemanfaatan teknologi digital tetap perlu diintegrasikan dengan pendekatan tatap muka untuk memastikan bahwa petani yang memiliki keterbatasan akses teknologi tetap dapat memperoleh layanan informasi secara optimal.

Implikasi bagi Pembangunan Pertanian

Analisis mengenai dinamika sistem pangan global menunjukkan bahwa persoalan kesejahteraan petani kecil tidak dapat dijelaskan hanya melalui perspektif peningkatan produktivitas produksi semata. Kemiskinan petani merupakan hasil dari interaksi kompleks antara ketimpangan distribusi nilai dalam rantai pangan, keterbatasan akses terhadap teknologi dan sumber daya ekonomi, serta ketimpangan akses terhadap informasi. Oleh karena itu, strategi pembangunan pertanian perlu dirancang secara lebih komprehensif dengan mempertimbangkan dimensi ekonomi, kelembagaan, dan pengetahuan dalam sistem pertanian. Kebijakan pembangunan pertanian tidak hanya perlu berfokus pada peningkatan

produksi pangan, tetapi juga pada penguatan kelembagaan petani, peningkatan akses terhadap teknologi dan pasar, serta pemerataan distribusi pengetahuan dan informasi.

Dalam konteks tersebut, pengembangan sistem penyuluhan pertanian yang inklusif, adaptif, dan berbasis pengetahuan menjadi salah satu strategi penting dalam mendukung transformasi sistem pertanian yang lebih adil, produktif, dan berkelanjutan.

➢ Akselerasi Trnasformasi Digital Pasca-Pandemi COVID-19

Pandemi COVID-19 sebagai Titik Balik Sistem Penyuluhan Global

Pandemi COVID-19 yang muncul pada akhir tahun 2019 dan berkembang menjadi krisis kesehatan global pada tahun 2020 telah memicu perubahan struktural dalam berbagai sektor pembangunan, termasuk sektor pertanian. Salah satu dampak paling signifikan dari pandemi tersebut adalah terganggunya sistem penyuluhan pertanian konvensional yang selama beberapa dekade bertumpu pada interaksi tatap muka (*face-to-face extension*) sebagai mekanisme utama transfer pengetahuan kepada petani. Sebelum pandemi, sistem penyuluhan di banyak negara berkembang masih didominasi oleh pertemuan kelompok tani, kunjungan lapangan oleh penyuluh, pelatihan tatap muka, serta demonstrasi teknologi di lahan pertanian.

Dalam literatur, pendekatan ini dikenal sebagai physical extension model, yaitu model penyebaran inovasi pertanian yang sangat bergantung pada interaksi langsung antara penyuluh dan petani. Ketika pandemi melanda, kebijakan pembatasan sosial, lockdown, serta pembatasan mobilitas manusia menyebabkan berbagai aktivitas penyuluhan tatap muka tidak dapat dilaksanakan secara normal. Kondisi ini menciptakan gangguan serius terhadap mekanisme transfer pengetahuan pertanian yang selama ini menjadi tulang punggung pembangunan pertanian di berbagai negara. Dalam konteks ini, pandemi COVID-19 tidak hanya berfungsi sebagai krisis kesehatan global, tetapi juga sebagai shock system yang memaksa sistem penyuluhan pertanian untuk beradaptasi secara cepat terhadap situasi baru yang sangat berbeda dari kondisi sebelumnya. Dengan demikian, pandemi dapat dipahami sebagai critical juncture yang mempercepat perubahan paradigma dalam sistem komunikasi pembangunan pertanian.

Struktur Sistem Penyuluhan Sebelum Pandemi dan Keterbatasan Model Konvensional

Untuk memahami besarnya dampak pandemi terhadap sistem penyuluhan, penting untuk melihat terlebih dahulu bagaimana sistem tersebut berfungsi sebelum pandemi. Dalam sebagian besar negara berkembang, sistem penyuluhan pertanian umumnya mengikuti model Training and Visit System (T&V) atau variasi dari model tersebut. Dalam sistem ini, penyuluh bertindak sebagai perantara antara lembaga penelitian pertanian dan petani. Informasi teknologi yang diperoleh dari lembaga penelitian kemudian disampaikan kepada petani melalui kunjungan lapangan, pertemuan kelompok tani, pelatihan teknis, demonstrasi plot, dan sekolah lapang.

Model ini didasarkan pada asumsi bahwa proses pembelajaran petani akan lebih efektif apabila dilakukan melalui interaksi langsung. Interaksi tatap muka memungkinkan penyuluh memahami kondisi lokal petani secara lebih mendalam, menyesuaikan pesan teknologi dengan konteks sosial-ekologis setempat, serta memberikan bimbingan teknis yang bersifat praktis. Selain itu, pendekatan ini juga memungkinkan terjadinya social learning melalui diskusi kelompok, demonstrasi lapangan, dan pertukaran pengalaman antarpetani. Meskipun demikian, model physical extension juga memiliki keterbatasan struktural yang signifikan. Salah satu kelemahan utamanya adalah keterbatasan jangkauan layanan. Sistem penyuluhan konvensional sangat bergantung pada ketersediaan tenaga penyuluh, sementara di banyak negara berkembang jumlah penyuluh jauh lebih sedikit dibandingkan jumlah petani yang harus dilayani.

Dalam banyak kasus, rasio antara penyuluh dan petani dapat mencapai 1:1000 hingga 1:3000. Kondisi ini menyebabkan banyak petani, terutama petani kecil di wilayah terpencil, tidak memperoleh layanan penyuluhan secara memadai. Selain itu, biaya operasional penyuluhan tatap muka relatif tinggi karena membutuhkan mobilitas penyuluh, logistik pelatihan, dan demonstrasi lapangan. Dengan demikian, bahkan sebelum pandemi, sistem

penyuluhan konvensional sesungguhnya telah menghadapi berbagai keterbatasan kelembagaan dan ekonomi.

Pandemi COVID-19 sebagai Disrupsi Sistem Penyuluhan Pertanian

Ketika pandemi COVID-19 menyebar secara global pada tahun 2020, pemerintah di berbagai negara menerapkan kebijakan pembatasan perjalanan, larangan pertemuan dalam kelompok besar, dan pembatasan berbagai aktivitas sosial yang melibatkan interaksi langsung. Kebijakan tersebut secara langsung memengaruhi sistem penyuluhan pertanian yang selama ini sangat bergantung pada pertemuan antara penyuluh dan petani. Banyak kegiatan penyuluhan seperti pelatihan lapangan, pertemuan kelompok tani, demonstrasi teknologi, dan kunjungan lapangan tidak dapat dilaksanakan karena risiko penularan virus.

Cole (2025) menunjukkan bahwa pandemi menyebabkan penurunan drastis aktivitas penyuluhan lapangan di berbagai negara berkembang. Dalam banyak kasus, penyuluh tidak dapat melakukan kunjungan lapangan selama berbulan-bulan akibat pembatasan mobilitas. Gangguan ini menciptakan kesenjangan serius dalam sistem transfer pengetahuan pertanian. Banyak petani kehilangan akses terhadap informasi penting mengenai teknologi budidaya, pengendalian hama, dan strategi adaptasi terhadap perubahan pasar selama pandemi. Selain itu, pandemi juga mengganggu distribusi input pertanian dan rantai pasok pangan global, sehingga semakin memperbesar kerentanan ekonomi petani kecil yang sangat bergantung pada dukungan teknis dan informasi pasar. Dengan demikian, pandemi bukan sekadar gangguan sementara terhadap operasional penyuluhan, tetapi merupakan momen krisis yang mengungkap kerentanan struktural sistem penyuluhan konvensional. Ketergantungan yang sangat besar pada interaksi fisik membuat sistem ini tidak adaptif terhadap gangguan besar yang membatasi mobilitas manusia.

Digital Extension sebagai Respons Krisis dan Akselerasi Transformasi

Menghadapi gangguan tersebut, banyak negara mulai mencari alternatif untuk mempertahankan fungsi penyuluhan pertanian. Salah satu respons utama yang muncul adalah percepatan pemanfaatan teknologi digital dalam layanan penyuluhan. Berbagai platform komunikasi seperti WhatsApp, layanan pesan singkat (*SMS advisory*), video tutorial pertanian, webinar, dan aplikasi *mobile* advisory mulai digunakan untuk menyampaikan informasi kepada petani tanpa memerlukan interaksi fisik secara langsung. Perubahan ini menandai awal transformasi sistem penyuluhan menuju pendekatan yang lebih berbasis digital. Pandemi COVID-19 mempercepat adopsi teknologi digital yang sebelumnya berkembang relatif lambat. Dalam banyak negara, penggunaan teknologi digital dalam penyuluhan sebenarnya telah diperkenalkan sebelum pandemi, tetapi implementasinya masih terbatas. Pandemi menciptakan kondisi yang memaksa berbagai lembaga penyuluhan untuk mengadopsi teknologi digital secara lebih cepat. Proses ini sering disebut sebagai forced digitalization, yaitu percepatan transformasi digital yang terjadi karena tekanan eksternal.

Dalam konteks ini, pandemi berfungsi sebagai katalisator yang mempercepat perubahan dari physical extension menuju digital extension, virtual advisory, dan *mobile* agricultural advisory services. Transformasi ini tidak sekadar merupakan perubahan teknis dalam media komunikasi, tetapi mencerminkan perubahan paradigma yang lebih mendasar dalam cara pengetahuan pertanian diproduksi, disebarkan, dan dimanfaatkan. Jika sebelumnya penyuluhan bertumpu pada kedekatan fisik antara penyuluh dan petani, maka dalam sistem digital pengetahuan dapat disampaikan melalui berbagai platform yang memungkinkan distribusi informasi secara lebih cepat, lebih luas, dan lebih fleksibel.

ICT4Ag, *Mobile Advisory*, dan Evolusi Komunikasi Penyuluhan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (Information and Communication Technologies for *Agriculture*/ICT4Ag) membuka peluang baru untuk mengatasi keterbatasan sistem penyuluhan konvensional. ICT4Ag mencakup berbagai teknologi komunikasi digital yang digunakan untuk menyampaikan informasi pertanian kepada petani, termasuk layanan SMS, aplikasi *mobile* pertanian, platform e-learning, video tutorial budidaya, dan sistem informasi harga pasar berbasis digital. Aker dkk., (2016) menunjukkan bahwa teknologi komunikasi digital memiliki potensi besar untuk meningkatkan akses petani terhadap

informasi, terutama di wilayah pedesaan yang sebelumnya sulit dijangkau oleh sistem penyuluhan konvensional.

Salah satu bentuk inovasi terpenting dalam transformasi ini adalah munculnya *mobile* agricultural advisory services. Peningkatan penetrasi telepon seluler di negara berkembang telah menciptakan peluang besar untuk memanfaatkan perangkat *mobile* sebagai sarana komunikasi pertanian. Melalui layanan ini, petani dapat menerima informasi mengenai prakiraan cuaca, rekomendasi pemupukan, harga pasar, dan peringatan dini serangan hama secara langsung melalui telepon seluler mereka.

Fabregas dkk., (2019) menunjukkan bahwa layanan *mobile* advisory dapat meningkatkan akses petani terhadap informasi yang relevan secara signifikan. Teknologi *mobile* juga memungkinkan penyampaian informasi yang lebih tepat waktu dibandingkan metode konvensional. Informasi mengenai perubahan cuaca atau serangan hama, misalnya, dapat disampaikan secara *real-time* sehingga petani dapat mengambil tindakan lebih cepat. Selain layanan berbasis *mobile*, perkembangan teknologi digital juga melahirkan berbagai platform penyuluhan virtual seperti portal informasi pertanian, forum diskusi petani, webinar, dan layanan konsultasi agronomis berbasis digital. Platform ini memungkinkan petani mengakses berbagai sumber informasi tanpa sepenuhnya bergantung pada penyuluh lokal. Di samping itu, integrasi data cuaca, kondisi tanah, dan dinamika harga pasar ke dalam platform digital membuka peluang pengembangan decision support tools yang dapat membantu petani membuat keputusan produksi yang lebih tepat.

Transformasi Peran Penyuluh dalam Era Digital

Transformasi digital dalam sistem penyuluhan juga membawa perubahan penting dalam peran penyuluh pertanian. Dalam model konvensional, penyuluh diposisikan sebagai sumber utama pengetahuan yang mentransfer inovasi kepada petani. Namun dalam sistem penyuluhan digital, peran tersebut mulai bergeser. Penyuluh tidak lagi menjadi satu-satunya sumber informasi, melainkan lebih berfungsi sebagai knowledge broker, yaitu fasilitator yang membantu petani mengakses, menafsirkan, dan memanfaatkan berbagai sumber informasi yang tersedia dalam ekosistem digital pertanian. Perubahan ini menuntut penyuluh untuk mengembangkan kompetensi baru dalam bidang literasi digital, manajemen informasi, dan komunikasi berbasis media digital. Penyuluh juga perlu beradaptasi dengan pola komunikasi baru yang tidak selalu berlangsung secara langsung, melainkan melalui pesan digital, forum daring, maupun platform konsultasi virtual. Oleh karena itu, transformasi digital bukan hanya mengubah alat komunikasi dalam penyuluhan, tetapi juga mengubah identitas profesional dan fungsi kelembagaan penyuluh itu sendiri.

Dimensi Ekonomi: Efisiensi Biaya dan Skala Ekonomi Digital

Transformasi digital dalam penyuluhan pertanian tidak hanya menyangkut perubahan teknologi komunikasi, tetapi juga perubahan dalam struktur ekonomi penyampaian layanan. Salah satu argumen utama yang mendorong adopsi teknologi digital adalah potensi peningkatan efisiensi biaya dan skalabilitas. Dalam sistem penyuluhan konvensional, penyampaian informasi kepada petani memerlukan interaksi langsung yang menimbulkan biaya operasional tinggi, seperti gaji penyuluh, transportasi lapangan, pelatihan, demonstrasi teknologi, dan administrasi program. Karena jangkauan layanan sangat bergantung pada jumlah tenaga penyuluh, peningkatan jumlah petani yang dilayani umumnya akan meningkatkan biaya secara proporsional. Sebaliknya, teknologi digital menawarkan struktur biaya yang berbeda.

Athey dkk. (2023) menjelaskan bahwa sistem digital memiliki biaya tetap awal yang relatif tinggi, misalnya untuk pengembangan platform, pengumpulan data, dan pengujian sistem, tetapi biaya marginal untuk menjangkau pengguna tambahan cenderung sangat rendah. Satu pesan teknologi dapat disampaikan secara simultan kepada ribuan bahkan jutaan petani tanpa memerlukan kehadiran fisik penyuluh di setiap lokasi. Hal ini menciptakan digital economies of scale yang sangat penting dalam konteks negara berkembang dengan keterbatasan anggaran penyuluhan. Fabregas dkk., (2019) menunjukkan bahwa layanan penyuluhan berbasis teknologi digital dapat menjangkau jumlah petani yang jauh lebih besar dibandingkan program penyuluhan konvensional dengan biaya operasional yang relatif lebih

rendah. Dengan demikian, dari perspektif cost per farmer reached, sistem digital tampak lebih efisien dibandingkan model tatap muka. Namun efisiensi biaya ini tidak berarti bahwa sistem digital dapat sepenuhnya menggantikan penyuluhan konvensional, karena beberapa bentuk pengetahuan pertanian tetap membutuhkan interaksi langsung dan demonstrasi lapangan agar dapat dipahami dan diterapkan secara tepat.

Dilema antara Skalabilitas dan Kedalaman Dampak

Meskipun teknologi digital menawarkan kemampuan menjangkau petani dalam jumlah besar, literatur komunikasi pembangunan menunjukkan adanya dilema penting antara skalabilitas dan kedalaman dampak (depth of impact). Dalam konteks penyuluhan pertanian, keberhasilan tidak hanya diukur dari banyaknya petani yang menerima informasi, tetapi juga dari sejauh mana informasi tersebut mampu mengubah perilaku, praktik budidaya, dan keputusan usaha tani petani. Singh dkk. (2023) menunjukkan bahwa meskipun teknologi digital mampu meningkatkan jangkauan penyuluhan secara signifikan, dampaknya terhadap perubahan perilaku petani sering kali lebih terbatas dibandingkan pendekatan penyuluhan berbasis interaksi langsung.

Dalam teori Diffusion of Innovation, Rogers, (2003) menegaskan bahwa adopsi inovasi pertanian tidak hanya bergantung pada penyampaian informasi, tetapi juga pada faktor sosial, ekonomi, psikologis, serta proses pembelajaran melalui observasi, diskusi, demonstrasi, dan pengalaman langsung. Pembelajaran semacam ini sering disebut sebagai experiential learning, yaitu pembelajaran melalui pengalaman nyata dalam praktik pertanian. Dalam model penyuluhan konvensional, proses pembelajaran ini sering difasilitasi melalui sekolah lapang dan demonstrasi teknologi. Sebaliknya, komunikasi digital sering kali hanya menyampaikan informasi dalam bentuk pesan singkat atau materi audiovisual yang belum tentu mampu menggantikan pengalaman langsung.

Singh dkk. (2023) menemukan bahwa meskipun layanan advisory digital dapat menjangkau jutaan petani di India, tingkat adopsi teknologi yang direkomendasikan melalui platform digital masih relatif terbatas dibandingkan program penyuluhan yang melibatkan interaksi langsung. Temuan ini menunjukkan bahwa digitalisasi efektif dalam memperluas akses informasi, tetapi belum tentu cukup untuk menciptakan perubahan perilaku yang mendalam.

Kepercayaan, Pembelajaran Sosial, dan Model Penyuluhan Hibrid

Salah satu faktor penting yang menjelaskan keterbatasan dampak penyuluhan digital adalah peran kepercayaan (trust) dalam komunikasi pembangunan. Dalam banyak komunitas pedesaan, hubungan antara penyuluh dan petani tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga sosial. Petani cenderung lebih percaya pada rekomendasi yang diberikan oleh penyuluh yang mereka kenal secara langsung atau oleh sesama petani yang telah mencoba teknologi tersebut. Dalam komunikasi digital, hubungan interpersonal semacam ini tidak selalu terbentuk secara kuat, sehingga informasi yang disampaikan melalui platform digital dapat dianggap kurang kredibel dibandingkan informasi yang disampaikan secara langsung. Karena itu, pengembangan model penyuluhan hibrid (*hybrid extension* model atau blended extension system) yang mengintegrasikan teknologi digital dengan interaksi tatap muka.

Dalam model ini, teknologi digital digunakan untuk memperluas jangkauan informasi dan meningkatkan kecepatan penyampaian pesan, sementara interaksi langsung tetap digunakan untuk kegiatan yang memerlukan demonstrasi, pembelajaran praktis, dan penguatan kepercayaan. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan memanfaatkan keunggulan masing-masing metode komunikasi: efisiensi skala dari teknologi digital dan kedalaman pembelajaran dari interaksi sosial langsung. Dengan demikian, transformasi digital tidak dipahami sebagai penggantian total metode konvensional, tetapi sebagai proses integrasi yang menghasilkan sistem penyuluhan yang lebih fleksibel dan adaptif.

Munculnya Ekosistem AgTech dan Reorganisasi Produksi Pengetahuan Pertanian

Percepatan transformasi digital pasca-pandemi juga memicu munculnya ekosistem teknologi pertanian baru yang dikenal sebagai *Agricultural Technology* (AgTech). AgTech merujuk pada penggunaan teknologi digital, kecerdasan buatan, analitik data besar, dan sensor berbasis IoT

untuk meningkatkan efisiensi sistem produksi pangan. Perkembangan ini didorong oleh kebutuhan untuk meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim, keterbatasan sumber daya alam, dan meningkatnya permintaan pangan. Perkembangan AgTech juga ditopang oleh meningkatnya investasi pada sektor teknologi pertanian dan munculnya berbagai start-up yang menawarkan solusi digital, mulai dari aplikasi manajemen usaha tani hingga sistem diagnosis penyakit tanaman berbasis kecerdasan buatan.

Dalam konteks penyuluhan, perkembangan ini mengubah cara informasi pertanian dihasilkan dan didistribusikan. Jika dalam sistem tradisional informasi terutama berasal dari lembaga penelitian dan disampaikan melalui penyuluh, maka dalam ekosistem AgTech informasi dapat dihasilkan dari berbagai sumber data digital seperti sensor tanah, citra satelit, dan sistem analitik berbasis AI. Pendekatan ini melahirkan apa yang disebut sebagai data-driven *agriculture*, yaitu sistem pertanian yang menggunakan analisis data sebagai dasar pengambilan keputusan. Salah satu inovasi penting dalam konteks ini adalah penggunaan AI untuk diagnosis penyakit tanaman. Dengan memanfaatkan kamera *smartphone*, petani dapat mengambil gambar tanaman yang terinfeksi, mengunggahnya ke aplikasi, lalu menerima diagnosis dan rekomendasi pengendalian secara otomatis. Wolfert dkk. (2017) menunjukkan bahwa integrasi big data dan kecerdasan buatan dalam pertanian dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan usaha tani serta mengurangi risiko kerugian akibat serangan hama dan penyakit.

Peran *Start-Up Agritech* dan Studi Kasus Perkembangan Digital Advisory

Ekosistem AgTech juga ditandai oleh munculnya berbagai start-up *agritech* yang berfungsi sebagai intermediary platforms dalam sistem agribisnis. Perusahaan rintisan ini menawarkan layanan digital yang menghubungkan petani dengan informasi teknologi, input pertanian, pasar, dan layanan keuangan. Dengan demikian, penyuluhan pertanian tidak lagi menjadi domain eksklusif pemerintah, tetapi melibatkan berbagai aktor baru dalam ekosistem digital pertanian. Di India, misalnya, platform seperti Digital Green menggunakan teknologi video partisipatif untuk menyebarkan informasi pertanian melalui jaringan komunitas lokal. Pendekatan ini memungkinkan petani belajar dari pengalaman petani lain melalui media audiovisual yang relevan secara lokal.

Di Kenya, platform seperti iCow menunjukkan bagaimana layanan berbasis SMS dapat membantu petani kecil memperoleh informasi mengenai manajemen ternak, kesehatan hewan, dan praktik budidaya yang lebih baik. Di Indonesia, perkembangan ekosistem *agritech* juga menunjukkan pertumbuhan signifikan melalui platform seperti TaniHub, eFishery, dan Habibi Garden. Habibi Garden, misalnya, mengembangkan sistem sensor berbasis IoT yang memungkinkan petani memantau kondisi lahan dan tanaman secara *real-time* melalui aplikasi *smartphone*. Contoh-contoh ini menunjukkan bahwa transformasi digital pasca-pandemi bukan sekadar migrasi media komunikasi, tetapi merupakan reorganisasi yang lebih luas terhadap ekosistem pengetahuan pertanian, di mana pemerintah, sektor swasta, start-up, platform data, dan petani terhubung dalam sistem informasi yang semakin kompleks.

Tantangan Kesenjangan Digital dan Arah Transformasi Penyuluhan Masa Depan

Meskipun transformasi digital membawa peluang besar, implementasinya juga menghadapi tantangan serius. Tantangan paling utama adalah kesenjangan digital (digital divide) di wilayah pedesaan. Tidak semua petani memiliki akses terhadap perangkat digital, jaringan internet, maupun literasi digital yang memadai. Akibatnya, manfaat transformasi digital berpotensi lebih banyak dinikmati oleh petani yang telah memiliki akses infrastruktur dan kemampuan teknologi yang lebih baik. Di sisi lain, pengembangan platform digital juga memerlukan investasi awal yang besar, serta keberlanjutan model bisnis yang kuat, terutama bagi *start-up agritech*. Karena itu, transformasi digital dalam penyuluhan tidak dapat dipahami sekadar sebagai substitusi teknologi, melainkan sebagai proses adaptasi kelembagaan yang memerlukan dukungan kebijakan publik. Pengembangan sistem penyuluhan masa depan perlu disertai dengan pembangunan infrastruktur digital pedesaan, peningkatan literasi digital petani dan penyuluh, serta penguatan kelembagaan yang mampu menjamin bahwa teknologi digital benar-benar dapat diakses oleh seluruh kelompok petani, termasuk petani kecil. Secara

teoretis, pandemi COVID-19 telah mempercepat pergeseran dari model penyuluhan berbasis physical extension menuju model yang lebih hibrid, fleksibel, dan berbasis teknologi. Masa depan sistem penyuluhan pertanian tampaknya akan berkembang menuju kombinasi antara interaksi tatap muka, platform digital, sistem data, dan ekosistem AgTech yang saling melengkapi. Dengan demikian, akselerasi transformasi digital pasca-pandemi harus dipahami bukan hanya sebagai perubahan teknologis, tetapi sebagai perubahan paradigma dalam cara pengetahuan pertanian diproduksi, didistribusikan, dan dimanfaatkan dalam sistem pangan modern

➢ Problematika Utama: Kesenjangan Digital dan Inklusivitas Sosial

Paradoks Digitalisasi dalam Pembangunan Pertanian

Transformasi digital dalam sektor pertanian sering dipromosikan sebagai solusi inovatif untuk meningkatkan produktivitas pertanian, memperluas akses petani terhadap informasi, serta memperkuat ketahanan sistem pangan global. Teknologi seperti aplikasi *mobile* pertanian, sistem advisory berbasis kecerdasan buatan, serta platform data agribisnis diyakini mampu meningkatkan efisiensi produksi dan mempercepat proses difusi inovasi di kalangan petani.

Namun di balik optimisme tersebut, digitalisasi juga berpotensi menciptakan bentuk baru dari ketimpangan sosial dalam sistem pertanian. Teknologi digital tidak selalu diakses secara merata oleh seluruh kelompok masyarakat, sehingga manfaat dari transformasi digital seringkali dinikmati secara tidak proporsional oleh kelompok yang sudah memiliki akses terhadap sumber daya ekonomi dan pendidikan.

Fenomena ini dikenal dalam literatur sebagai *digital divide***,** yaitu kesenjangan dalam akses, kemampuan, dan manfaat dari penggunaan teknologi digital. Dalam konteks pertanian, kesenjangan digital dapat memperkuat ketimpangan yang sudah ada antara petani yang memiliki akses terhadap teknologi dan petani yang tidak memiliki akses tersebut.

Menurut laporan *International Telecommunication Union* (ITU, 2023)**,** meskipun penetrasi internet global terus meningkat, masih terdapat miliaran orang di dunia yang belum memiliki akses terhadap internet. Sebagian besar dari populasi yang belum terhubung ini tinggal di wilayah pedesaan di negara berkembang, di mana sektor pertanian merupakan sumber penghidupan utama masyarakat.

Dalam konteks ini, digitalisasi pertanian berpotensi menciptakan paradoks pembangunan: teknologi yang dirancang untuk meningkatkan inklusivitas justru dapat memperdalam eksklusi sosial jika tidak disertai dengan kebijakan yang memastikan akses yang merata bagi seluruh kelompok masyarakat.

Evolusi Konsep Digital *Divide* dalam Sosiologi Teknologi

Konsep digital divide pertama kali muncul dalam literatur pada akhir 1990-an, ketika para peneliti mulai mengamati adanya kesenjangan dalam akses terhadap teknologi komputer dan internet antara kelompok sosial yang berbeda. Namun seiring perkembangan teknologi digital, konsep digital divide juga mengalami evolusi. Pembahasan tentang digital divide cenderung berfokus pada kesenjangan akses terhadap teknologi**,** yaitu perbedaan antara individu yang memiliki akses terhadap teknologi digital dan mereka yang tidak memiliki akses tersebut. Namun kesenjangan digital tidak hanya berkaitan dengan akses terhadap teknologi, tetapi juga berkaitan dengan kemampuan untuk menggunakan teknologi secara efektif serta kemampuan untuk memperoleh manfaat dari penggunaan teknologi tersebut. Van Dijk (2020) mengembangkan kerangka analisis yang membagi digital divide menjadi tiga level utama:

a. *Access divide* - kesenjangan dalam akses terhadap teknologi digital
b. *Skills divide* - kesenjangan dalam kemampuan menggunakan teknologi
c. *Outcome divide* - kesenjangan dalam manfaat yang diperoleh dari penggunaan teknologi

Pendekatan ini memberikan perspektif yang lebih komprehensif mengenai bagaimana teknologi digital dapat menciptakan bentuk-bentuk ketimpangan baru dalam masyarakat.

a. Level Pertama: Kesenjangan Akses *(Access Divide*)
   Level pertama dari digital divide berkaitan dengan kesenjangan dalam akses terhadap infrastruktur teknologi digital, seperti jaringan internet, perangkat *smartphone*, serta listrik yang diperlukan untuk menjalankan teknologi tersebut. Menurut laporan ITU (2023)**,** sekitar 2,6 miliar orang di dunia masih belum memiliki akses terhadap internet**,** dan sebagian besar dari populasi ini tinggal di negara berkembang.

   Kesenjangan akses ini sangat terlihat dalam konteks pedesaan. Infrastruktur telekomunikasi seringkali lebih berkembang di wilayah perkotaan dibandingkan dengan wilayah pedesaan. Akibatnya, petani di wilayah pedesaan sering menghadapi keterbatasan akses terhadap jaringan internet yang stabil. Selain itu, harga perangkat digital seperti *smartphone* juga dapat menjadi hambatan bagi petani kecil yang memiliki keterbatasan sumber daya ekonomi. Kondisi ini menyebabkan banyak petani tidak dapat memanfaatkan layanan digital seperti aplikasi penyuluhan pertanian, platform pemasaran online, atau sistem advisory berbasis data.

b. Level Kedua: Kesenjangan Literasi Digital (*Skills Divide*)
   Meskipun akses terhadap teknologi digital merupakan prasyarat penting, akses saja tidak cukup untuk memastikan bahwa teknologi tersebut dapat dimanfaatkan secara efektif. Level kedua dari digital divide berkaitan dengan literasi digital, yaitu kemampuan individu untuk menggunakan teknologi digital secara efektif dalam kehidupan sehari-hari. Literasi digital mencakup berbagai kemampuan seperti:
   a) Kemampuan menggunakan perangkat *smartphone*
   b) Kemampuan mengakses informasi melalui internet
   c) Kemampuan mengevaluasi kredibilitas informasi digital
   d) Kemampuan menggunakan aplikasi digital secara efektif

   Dalam konteks pertanian, literasi digital sangat penting karena banyak layanan advisory digital memerlukan kemampuan untuk menggunakan aplikasi *mobile* atau platform online. Namun banyak petani, terutama petani yang lebih tua atau memiliki tingkat pendidikan rendah, menghadapi kesulitan dalam menggunakan teknologi digital secara optimal. Van Deursen & Van Dijk, (2014) menunjukkan bahwa literasi digital seringkali berkaitan erat dengan faktor pendidikan dan status sosial ekonomi. Individu dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi cenderung memiliki kemampuan yang lebih baik dalam memanfaatkan teknologi digital. Kondisi ini dapat menyebabkan teknologi digital justru memperkuat ketimpangan sosial yang sudah ada dalam masyarakat.

c. Level Ketiga: Kesenjangan Hasil (*Outcome Divide*)
   Level ketiga dari digital divide berkaitan dengan kesenjangan dalam manfaat yang diperoleh dari penggunaan teknologi digital**.** Bahkan ketika individu memiliki akses terhadap teknologi dan kemampuan untuk menggunakannya, manfaat yang mereka peroleh dari teknologi tersebut tidak selalu sama. Beberapa individu dapat menggunakan teknologi digital untuk meningkatkan pendapatan atau memperluas peluang ekonomi mereka. Sebaliknya, individu lain mungkin hanya menggunakan teknologi digital untuk konsumsi informasi tanpa memperoleh manfaat ekonomi yang signifikan.

   Dalam konteks pertanian, petani yang memiliki akses terhadap teknologi digital seringkali mampu memperoleh informasi pasar yang lebih baik, mengakses teknologi budidaya yang lebih efisien, serta memperluas jaringan pemasaran produk mereka. Sebaliknya, petani yang tidak memiliki akses atau kemampuan untuk menggunakan teknologi digital seringkali tertinggal dalam proses transformasi pertanian. Hilbert, (2011) menunjukkan bahwa digital divide tidak hanya mencerminkan ketimpangan teknologi, tetapi juga mencerminkan ketimpangan sosial yang lebih luas dalam masyarakat.

Digital Divide dalam Konteks Pertanian

Dalam sektor pertanian, digital divide memiliki implikasi yang sangat signifikan. Transformasi digital dalam pertanian seringkali diasumsikan sebagai proses yang akan meningkatkan kesejahteraan petani secara luas. Namun tanpa kebijakan yang memastikan akses teknologi yang merata, digitalisasi justru dapat memperkuat ketimpangan antara petani yang memiliki

akses terhadap teknologi dan petani yang tidak memiliki akses tersebut. Petani yang memiliki akses terhadap teknologi digital dapat memperoleh berbagai keuntungan, seperti:

a. Akses informasi pasar yang lebih baik
b. Akses terhadap teknologi produksi terbaru
c. Kemampuan menjual produk melalui platform digital

Sebaliknya, petani yang tidak memiliki akses terhadap teknologi digital dapat semakin tertinggal dalam sistem agribisnis yang semakin terdigitalisasi.

a. Dimensi Struktural dari Kesenjangan Digital
   Digital divide tidak hanya berkaitan dengan teknologi, tetapi juga berkaitan dengan struktur sosial dan ekonomi yang lebih luas. Faktor-faktor seperti tingkat pendidikan, pendapatan, *gender*, usia, serta lokasi geografis seringkali mempengaruhi kemampuan individu untuk mengakses dan memanfaatkan teknologi digital. Dalam konteks ini, digital divide dapat dipahami sebagai refleksi dari ketimpangan struktural dalam masyarakat**.** Oleh karena itu, upaya untuk mengatasi kesenjangan digital tidak hanya memerlukan pembangunan infrastruktur teknologi, tetapi juga memerlukan kebijakan yang lebih luas untuk meningkatkan kapasitas sosial dan ekonomi masyarakat.
b. Implikasi bagi Kebijakan Inklusivitas Digital
   Menghadapi tantangan digital divide, banyak organisasi internasional menekankan pentingnya pendekatan *digital inclusion**,*** yaitu kebijakan yang bertujuan memastikan bahwa seluruh kelompok masyarakat dapat memperoleh manfaat dari teknologi digital. Kebijakan inklusi digital biasanya mencakup tiga strategi utama:
   a) Pembangunan infrastruktur digital di wilayah pedesaan
   b) Peningkatan literasi digital masyarakat
   c) Pengembangan layanan digital yang inklusif

   Dalam sektor pertanian, kebijakan inklusi digital sangat penting untuk memastikan bahwa transformasi digital tidak hanya menguntungkan kelompok petani yang sudah memiliki akses terhadap teknologi, tetapi juga memberikan manfaat bagi petani kecil yang paling rentan terhadap kemiskinan.

Dimensi *Gender* dalam Transformasi Digital Pertanian

Transformasi digital dalam sektor pertanian sering dipresentasikan sebagai proses modernisasi yang netral secara sosial dan inklusif bagi seluruh kelompok masyarakat. Teknologi digital seperti aplikasi *mobile* pertanian, platform pemasaran daring, serta layanan advisory berbasis data dianggap mampu memperluas akses petani terhadap informasi, teknologi, dan pasar secara lebih merata. Namun dalam praktiknya, berbagai kajian menunjukkan bahwa manfaat dari digitalisasi pertanian tidak selalu terdistribusi secara adil di antara kelompok sosial yang berbeda.

Salah satu bentuk ketimpangan yang semakin mendapat perhatian dalam literatur pembangunan adalah kesenjangan *gender* digital (digital *gender* divide). Kesenjangan ini merujuk pada perbedaan antara laki-laki dan perempuan dalam hal akses terhadap teknologi digital, kemampuan menggunakan teknologi, serta manfaat yang diperoleh dari penggunaan teknologi tersebut. Dalam konteks pertanian, kesenjangan *gender* digital memiliki implikasi yang sangat signifikan karena perempuan memainkan peran penting dalam produksi pangan global. Organisasi pangan dunia memperkirakan bahwa perempuan menyumbang sekitar 43% tenaga kerja dalam sektor pertanian di negara berkembang**.** Namun meskipun memiliki kontribusi yang besar dalam produksi pangan, perempuan seringkali memiliki akses yang lebih terbatas terhadap berbagai sumber daya produktif, termasuk teknologi digital.

Ragasa dkk., (2012) menunjukkan bahwa perempuan petani di banyak negara berkembang menghadapi berbagai hambatan dalam mengakses teknologi digital, mulai dari keterbatasan kepemilikan perangkat digital hingga norma sosial yang membatasi partisipasi perempuan dalam penggunaan teknologi. Kondisi ini menunjukkan bahwa digitalisasi pertanian tidak dapat dipahami hanya sebagai proses teknologis semata, tetapi juga sebagai proses sosial yang dipengaruhi oleh struktur *gender* dalam masyarakat.

a. *Gender* dan Akses terhadap Teknologi Digital

Salah satu dimensi utama dari kesenjangan *gender* digital adalah perbedaan dalam akses terhadap perangkat teknologi seperti telepon seluler dan internet. Di banyak negara berkembang, perempuan memiliki tingkat kepemilikan perangkat digital yang lebih rendah dibandingkan laki-laki. GSMA, (2023) melaporkan bahwa perempuan di negara berpendapatan rendah dan menengah memiliki kemungkinan 19% lebih kecil untuk menggunakan internet *mobile* dibandingkan laki-laki**.** Kesenjangan ini seringkali lebih besar di wilayah pedesaan, di mana akses terhadap teknologi digital sudah terbatas secara umum.

Dalam konteks pertanian, keterbatasan akses terhadap perangkat digital dapat menyebabkan perempuan petani tidak dapat memanfaatkan berbagai layanan digital seperti aplikasi penyuluhan pertanian atau platform pemasaran online. Selain itu, kepemilikan perangkat digital dalam rumah tangga seringkali dikendalikan oleh laki-laki. Dalam banyak keluarga petani, telepon seluler sering dianggap sebagai milik kepala keluarga laki-laki, sehingga perempuan memiliki akses yang terbatas terhadap perangkat tersebut. Kondisi ini menunjukkan bahwa akses terhadap teknologi digital tidak hanya ditentukan oleh faktor ekonomi, tetapi juga oleh norma sosial dan relasi kekuasaan dalam rumah tangga.

b. Hambatan Struktural dalam Literasi Digital Perempuan

Selain keterbatasan akses terhadap teknologi, perempuan juga sering menghadapi hambatan dalam hal literasi digital. Tingkat pendidikan perempuan di banyak wilayah pedesaan masih lebih rendah dibandingkan laki-laki, yang berdampak pada kemampuan mereka untuk menggunakan teknologi digital secara efektif.

Van Deursen & Van Dijk, (2014) menunjukkan bahwa literasi digital sangat dipengaruhi oleh tingkat pendidikan formal serta pengalaman dalam menggunakan teknologi. Individu dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi cenderung memiliki kemampuan yang lebih baik dalam memanfaatkan teknologi digital.

Dalam konteks pertanian, literasi digital menjadi sangat penting karena banyak layanan digital memerlukan kemampuan untuk menggunakan aplikasi *mobile* atau platform online. Tanpa literasi digital yang memadai, perempuan petani mungkin tidak dapat memanfaatkan teknologi digital meskipun mereka memiliki akses terhadap perangkat tersebut.

Selain itu, perempuan juga sering menghadapi keterbatasan waktu untuk belajar menggunakan teknologi digital karena beban kerja domestik yang lebih besar. Di banyak masyarakat pedesaan, perempuan tidak hanya bekerja di sektor pertanian tetapi juga bertanggung jawab atas pekerjaan rumah tangga dan pengasuhan anak. Beban kerja ganda ini seringkali membatasi kesempatan perempuan untuk mengikuti pelatihan teknologi atau belajar menggunakan perangkat digital.

c. Norma Sosial dan Struktur Patriarki dalam Teknologi

Kesenjangan *gender* digital juga berkaitan dengan norma sosial yang mengatur peran perempuan dalam masyarakat. Di banyak komunitas pedesaan, penggunaan teknologi digital oleh perempuan seringkali dipandang sebagai sesuatu yang tidak sesuai dengan norma sosial yang berlaku.

Doss, (2018) menunjukkan bahwa dalam banyak masyarakat agraris, teknologi dan informasi seringkali dianggap sebagai domain laki-laki. Norma ini dapat membatasi partisipasi perempuan dalam penggunaan teknologi digital, terutama dalam konteks kegiatan ekonomi seperti pemasaran produk pertanian.

Selain itu, akses perempuan terhadap pelatihan teknologi juga seringkali lebih terbatas. Program pelatihan pertanian seringkali lebih banyak diikuti oleh laki-laki karena perempuan menghadapi berbagai hambatan untuk menghadiri kegiatan pelatihan, seperti keterbatasan mobilitas atau tanggung jawab domestik. Kondisi ini menyebabkan perempuan memiliki kesempatan yang lebih kecil untuk memperoleh pengetahuan mengenai teknologi pertanian baru.

d. Dampak Kesenjangan *Gender* terhadap Produktivitas Pertanian

Kesenjangan *gender* dalam akses terhadap teknologi memiliki implikasi yang signifikan terhadap produktivitas pertanian. Perempuan petani seringkali memiliki produktivitas yang

lebih rendah dibandingkan laki-laki, bukan karena kurangnya kemampuan, tetapi karena keterbatasan akses terhadap sumber daya produktif.

FAO (2011) menunjukkan bahwa jika perempuan memiliki akses yang sama terhadap sumber daya pertanian seperti laki-laki, produktivitas pertanian dapat meningkat secara signifikan dan jumlah orang yang mengalami kelaparan di dunia dapat berkurang. Dalam konteks digitalisasi pertanian, kesenjangan *gender* digital dapat memperburuk ketimpangan ini. Petani yang memiliki akses terhadap teknologi digital dapat memperoleh berbagai keuntungan seperti akses informasi pasar yang lebih baik, rekomendasi teknologi budidaya, serta peluang pemasaran yang lebih luas. Sebaliknya, perempuan petani yang tidak memiliki akses terhadap teknologi digital dapat semakin tertinggal dalam sistem pertanian yang semakin terdigitalisasi.

e. Strategi Mengatasi Kesenjangan *Gender* Digital

Mengatasi kesenjangan *gender* digital memerlukan pendekatan kebijakan yang secara eksplisit mempertimbangkan dimensi *gender* dalam pengembangan teknologi pertanian. Beberapa strategi yang sering disarankan dalam literatur pembangunan meliputi:

a) Program literasi digital bagi perempuan petani
b) Penyediaan perangkat digital yang terjangkau
c) Desain aplikasi pertanian yang ramah *gender*
d) Penguatan organisasi perempuan tani

Selain itu, penting juga untuk melibatkan perempuan dalam proses desain dan pengembangan teknologi pertanian. Dengan melibatkan perempuan sebagai pengguna utama dalam proses inovasi teknologi, sistem digital dapat dirancang agar lebih sesuai dengan kebutuhan perempuan petani.

Perspektif Transformasi Sosial dalam Digitalisasi Pertanian.

Dalam perspektif sosiologi teknologi, teknologi tidak pernah bersifat netral secara sosial. Teknologi selalu berinteraksi dengan struktur sosial yang ada dalam masyarakat. Oleh karena itu, digitalisasi pertanian juga harus dipahami sebagai proses sosial yang dipengaruhi oleh relasi kekuasaan, norma budaya, serta struktur *gender* dalam masyarakat. Jika digitalisasi pertanian tidak disertai dengan upaya untuk mengatasi ketimpangan *gender*, teknologi digital justru dapat memperkuat struktur ketimpangan yang sudah ada. Sebaliknya, jika dirancang secara inklusif, teknologi digital dapat menjadi alat yang kuat untuk memberdayakan perempuan petani dan meningkatkan partisipasi mereka dalam sistem agribisnis modern.

a. Penuaan Demografis dalam Sektor Pertanian

Salah satu fenomena struktural yang semakin menonjol dalam sektor pertanian global adalah penuaan populasi petani *(aging farmers*)**.** Di banyak negara, usia rata-rata petani terus meningkat akibat menurunnya minat generasi muda untuk bekerja di sektor pertanian. Urbanisasi, perubahan struktur ekonomi, serta persepsi bahwa pertanian merupakan sektor dengan pendapatan rendah menyebabkan banyak generasi muda memilih bekerja di sektor non-pertanian.

Akibatnya, struktur demografis sektor pertanian di berbagai negara semakin didominasi oleh petani berusia lanjut. Di Jepang, misalnya, usia rata-rata petani telah melampaui 65 tahun. Di banyak negara Eropa, sebagian besar pemilik usaha tani juga berada pada kelompok usia di atas 55 tahun. Fenomena serupa juga mulai terlihat di berbagai negara berkembang, termasuk di Asia Tenggara. Dalam konteks transformasi digital pertanian, fenomena penuaan petani ini menciptakan tantangan baru yang dikenal sebagai **"***silver divide",* yaitu kesenjangan digital yang dialami oleh kelompok usia lanjut dalam mengakses dan memanfaatkan teknologi digital. Silver divide menjadi isu penting karena banyak teknologi pertanian modern-seperti aplikasi *mobile*, platform data pertanian, serta sistem advisory berbasis kecerdasan buatan-memerlukan tingkat literasi digital yang relatif tinggi. Petani yang tidak memiliki kemampuan untuk menggunakan teknologi digital berisiko mengalami eksklusi dalam sistem pertanian yang semakin terdigitalisasi.

b. Konsep *Silver Divide* dalam Sosiologi Teknologi

Konsep *silver divide* muncul dalam literatur sosiologi teknologi untuk menggambarkan kesenjangan digital yang terjadi antara generasi muda dan generasi yang lebih tua. Dalam

banyak masyarakat, individu yang lebih muda cenderung lebih cepat mengadopsi teknologi digital karena mereka tumbuh dalam lingkungan yang lebih dekat dengan perkembangan teknologi. Sebaliknya, individu yang lebih tua seringkali mengalami kesulitan dalam beradaptasi dengan teknologi digital yang berkembang dengan sangat cepat. Kesulitan ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk keterbatasan pengalaman dalam menggunakan teknologi, hambatan kognitif, serta persepsi bahwa teknologi digital terlalu kompleks untuk digunakan. Dalam konteks pertanian, silver divide menjadi isu yang sangat penting karena banyak petani yang saat ini aktif dalam produksi pertanian berasal dari kelompok usia yang lebih tua.

Lequieu (2017) menunjukkan bahwa adopsi teknologi digital dalam pertanian sangat dipengaruhi oleh faktor usia. Petani yang lebih muda cenderung lebih terbuka terhadap penggunaan teknologi digital dibandingkan dengan petani yang lebih tua. Kondisi ini menciptakan risiko bahwa transformasi digital dalam pertanian dapat meninggalkan sebagian petani lansia yang tidak memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan teknologi baru.

c. Hambatan Literasi Digital pada Petani Lansia

Salah satu faktor utama yang menyebabkan silver divide adalah keterbatasan literasi digital pada kelompok usia lanjut**.** Literasi digital mencakup kemampuan untuk menggunakan perangkat teknologi seperti *smartphone*, komputer, serta aplikasi digital yang digunakan dalam sistem pertanian modern. Banyak petani lansia tidak memiliki pengalaman sebelumnya dalam menggunakan teknologi digital karena sebagian besar kehidupan kerja mereka berlangsung sebelum era digital berkembang pesat. Selain itu, penggunaan teknologi digital seringkali memerlukan kemampuan untuk memahami antarmuka aplikasi, membaca informasi digital, serta menavigasi berbagai fitur teknologi yang kompleks. Bagi sebagian petani lansia, proses ini dapat menjadi tantangan yang cukup besar.

Van Deursen & Van Dijk (2014) menunjukkan bahwa literasi digital seringkali menurun seiring dengan bertambahnya usia, terutama pada individu yang tidak memiliki pengalaman sebelumnya dalam menggunakan teknologi digital. Kondisi ini dapat menyebabkan petani lansia mengalami kesulitan dalam memanfaatkan berbagai layanan digital seperti aplikasi penyuluhan pertanian atau platform pemasaran online.

d. Faktor Psikologis dalam Adopsi Teknologi oleh Petani Lansia

Selain faktor literasi digital, faktor psikologis juga memainkan peran penting dalam menjelaskan silver divide. Banyak petani lansia memiliki persepsi bahwa teknologi digital terlalu rumit atau tidak relevan dengan praktik pertanian yang mereka lakukan. Persepsi ini seringkali diperkuat oleh pengalaman bertahun-tahun dalam menggunakan metode pertanian tradisional yang telah terbukti berhasil dalam praktik mereka. Bagi sebagian petani lansia, penggunaan teknologi baru dapat dianggap sebagai risiko yang tidak perlu.

Rogers (2003) dalam teori *Diffusion of Innovation* menjelaskan bahwa individu yang memiliki pengalaman panjang dalam suatu praktik seringkali lebih lambat dalam mengadopsi inovasi baru karena mereka telah mengembangkan rutinitas kerja yang stabil. Dalam konteks pertanian, petani lansia seringkali lebih berhati-hati dalam mencoba teknologi baru karena mereka mempertimbangkan risiko kegagalan yang dapat berdampak pada keberlanjutan usaha tani mereka.

e. Dampak *Silver Divide* terhadap Transformasi Pertanian

Silver divide memiliki implikasi yang signifikan terhadap proses transformasi digital dalam sektor pertanian. Jika sebagian besar petani aktif berada pada kelompok usia yang memiliki keterbatasan dalam literasi digital, maka adopsi teknologi pertanian modern dapat berlangsung lebih lambat dari yang diharapkan. Selain itu, *silver divide* juga dapat menciptakan bentuk baru dari ketimpangan dalam sektor pertanian. Petani yang mampu mengakses dan menggunakan teknologi digital dapat memperoleh berbagai keuntungan, seperti akses terhadap informasi pasar, teknologi produksi terbaru, serta peluang pemasaran yang lebih luas. Sebaliknya, petani yang tidak memiliki kemampuan untuk menggunakan teknologi digital dapat semakin tertinggal dalam sistem agribisnis yang semakin terdigitalisasi. Bronson & Knezevic (2016) menunjukkan bahwa digitalisasi

pertanian berpotensi menciptakan kesenjangan baru antara petani yang memiliki kemampuan teknologi tinggi dan petani yang tidak memiliki kemampuan tersebut.

f. *Silver Divide* dan Krisis Regenerasi Petani
   Fenomena silver divide juga berkaitan erat dengan isu regenerasi petani. Di banyak negara, kurangnya minat generasi muda untuk bekerja di sektor pertanian menyebabkan sektor ini semakin didominasi oleh petani lansia. Ironisnya, transformasi digital pertanian justru seringkali memerlukan keterampilan teknologi yang lebih mudah dimiliki oleh generasi muda dibandingkan generasi yang lebih tua.
   Hal ini menciptakan paradoks dalam transformasi pertanian modern: teknologi digital berkembang pesat, tetapi kelompok yang paling aktif dalam sektor pertanian seringkali tidak memiliki kemampuan untuk memanfaatkan teknologi tersebut secara optimal. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat memperlambat proses modernisasi sektor pertanian serta memperkuat ketimpangan dalam akses terhadap teknologi.

g. Strategi Mengatasi *Silver Divide*
   Mengatasi *silver divide* memerlukan pendekatan kebijakan yang mempertimbangkan kebutuhan khusus petani lansia dalam proses digitalisasi pertanian. Beberapa strategi yang sering disarankan dalam literatur pembangunan meliputi:
   a) Pelatihan literasi digital bagi petani lansia
   b) Desain teknologi yang lebih sederhana dan ramah pengguna
   c) Pendekatan intergenerational learning antara petani muda dan petani lansia
   d) Penguatan peran penyuluh sebagai mediator teknologi digital

   Pendekatan intergenerational learning menjadi sangat menarik karena memungkinkan generasi muda yang memiliki keterampilan teknologi untuk membantu petani lansia dalam mengadopsi teknologi digital. Selain itu, desain teknologi juga perlu mempertimbangkan kebutuhan pengguna yang lebih tua dengan mengembangkan antarmuka aplikasi yang lebih sederhana dan mudah digunakan.

h. Perspektif Transformasi Sosial dalam Menghadapi *Silver Divide*
   Dalam perspektif sosiologi teknologi, silver divide menunjukkan bahwa transformasi digital tidak hanya berkaitan dengan inovasi teknologi, tetapi juga berkaitan dengan dinamika sosial dalam masyarakat. Teknologi digital tidak berkembang dalam ruang sosial yang kosong. Sebaliknya, teknologi selalu berinteraksi dengan struktur sosial, budaya, dan demografis yang ada dalam masyarakat.

   Oleh karena itu, transformasi digital dalam sektor pertanian harus mempertimbangkan kondisi demografis petani serta memastikan bahwa teknologi yang dikembangkan dapat diakses oleh seluruh kelompok usia. Jika tidak, digitalisasi pertanian berisiko menciptakan sistem produksi pangan yang semakin eksklusif dan tidak inklusif bagi kelompok petani yang paling rentan.

Teknologi sebagai Arena Kekuasaan

Digitalisasi pertanian sering dipromosikan sebagai inovasi yang bersifat netral, efisien, dan inklusif. Berbagai narasi pembangunan menekankan bahwa teknologi digital mampu meningkatkan produktivitas pertanian, memperluas akses informasi bagi petani kecil, serta menciptakan sistem pangan yang lebih efisien dan transparan. Namun dari perspektif sosiologi teknologi dan ekonomi politik**,** teknologi tidak pernah benar-benar netral. Sebaliknya, teknologi selalu berkembang dalam konteks relasi kekuasaan yang mencerminkan kepentingan ekonomi dan politik dari aktor-aktor yang terlibat dalam proses inovasi tersebut.

Dalam konteks digitalisasi pertanian, muncul pertanyaan kritis yang semakin sering diajukan dalam literatur akademik: siapa sebenarnya yang paling diuntungkan dari transformasi digital dalam sektor pertanian? Apakah teknologi digital benar-benar memperkuat posisi petani kecil dalam sistem pangan global, atau justru memperkuat dominasi aktor ekonomi yang sudah memiliki kekuatan pasar yang besar?. Pertanyaan ini menjadi semakin relevan seiring dengan meningkatnya peran perusahaan teknologi global, perusahaan agribisnis multinasional, serta platform digital dalam sistem pertanian modern. Digitalisasi tidak hanya menciptakan inovasi teknis, tetapi juga membentuk struktur baru dalam distribusi informasi, kontrol data, serta kekuasaan ekonomi dalam sistem agribisnis.

Bronson & Knezevic (2016) menunjukkan bahwa digitalisasi pertanian berpotensi menciptakan bentuk baru dari konsentrasi kekuasaan dalam sistem pangan global, terutama melalui kontrol atas data pertanian dan teknologi analitik yang digunakan untuk mengelola sistem produksi pangan.

a. Data sebagai Sumber Kekuasaan dalam Pertanian Digital

   Dalam sistem pertanian modern yang semakin terdigitalisasi, data menjadi sumber daya ekonomi yang sangat penting**.** Teknologi seperti sensor tanah, citra satelit, drone pertanian, serta perangkat IoT menghasilkan sejumlah besar data mengenai kondisi lahan, cuaca, pertumbuhan tanaman, serta penggunaan input pertanian.

   Data ini kemudian dianalisis menggunakan algoritma kecerdasan buatan untuk menghasilkan rekomendasi mengenai praktik budidaya yang lebih efisien. Dalam banyak kasus, data pertanian tersebut dikumpulkan dan dikelola oleh perusahaan teknologi atau platform digital yang menyediakan layanan bagi petani. Masalahnya, kontrol terhadap data pertanian seringkali berada di tangan perusahaan teknologi, bukan di tangan petani yang menghasilkan data tersebut. Kondisi ini menciptakan ketimpangan baru dalam sistem pertanian digital, di mana perusahaan yang memiliki akses terhadap data memiliki kemampuan yang lebih besar untuk mengontrol aliran informasi dalam sistem agribisnis.

   Wolfert dkk., (2017)nmenjelaskan bahwa data pertanian dapat menjadi sumber keunggulan kompetitif bagi perusahaan agribisnis dan perusahaan teknologi yang mampu mengolah data tersebut menjadi informasi strategis. Dalam konteks ini, data tidak hanya menjadi alat untuk meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga menjadi sumber kekuasaan ekonomi dalam sistem pangan global.

b. Platformisasi Pertanian dan Konsentrasi Kekuasaan

   Digitalisasi pertanian juga mendorong munculnya fenomena yang sering disebut sebagai platformisasi pertanian (*platformization of agriculture)**.** Platform* digital seperti marketplace pertanian, aplikasi advisory, serta sistem manajemen usaha tani semakin memainkan peran penting dalam menghubungkan petani dengan berbagai layanan agribisnis.

   Platform digital memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi sistem agribisnis dengan mempertemukan petani, pembeli, penyedia input pertanian, serta lembaga keuangan dalam satu ekosistem digital. Namun platform digital juga memiliki kecenderungan untuk menciptakan konsentrasi kekuasaan ekonomi karena perusahaan yang mengelola platform seringkali memiliki kontrol terhadap data transaksi, algoritma pencarian, serta aturan interaksi dalam platform tersebut.

   menjelaskan bahwa dalam ekonomi digital, perusahaan platform seringkali memperoleh keuntungan besar melalui penguasaan data dan jaringan pengguna. Semakin banyak pengguna yang bergabung dalam suatu platform, semakin besar kekuatan pasar yang dimiliki oleh perusahaan tersebut. Dalam konteks pertanian, kondisi ini dapat menciptakan ketergantungan petani terhadap platform digital yang mengelola akses mereka terhadap pasar dan informasi.

c. Risiko Monopoli Informasi dalam Sistem Pertanian Digital

   Salah satu risiko utama dari digitalisasi pertanian adalah munculnya monopoli informasi dalam sistem agribisnis. Informasi mengenai harga pasar, kondisi produksi, serta permintaan konsumen merupakan faktor penting dalam menentukan posisi tawar petani dalam pasar. Jika informasi tersebut dikendalikan oleh segelintir perusahaan teknologi atau platform digital, maka petani dapat kehilangan kontrol terhadap informasi yang sangat penting bagi keberlanjutan usaha tani mereka. Dalam kondisi seperti ini, petani berisiko menjadi pengguna pasif dalam sistem digital yang dikendalikan oleh aktor ekonomi yang lebih kuat.

   Rotz (2019) menunjukkan bahwa digitalisasi pertanian dapat menciptakan bentuk baru dari ketergantungan petani terhadap perusahaan teknologi, terutama ketika petani harus menggunakan perangkat lunak atau platform tertentu untuk mengakses layanan pertanian digital. Kondisi ini dapat memperkuat posisi dominan perusahaan teknologi dalam sistem agribisnis global.

d. Ketimpangan antara Petani Besar dan Petani Kecil
   Digitalisasi pertanian juga berpotensi memperkuat ketimpangan antara petani besar dan petani kecil. Teknologi digital seperti sistem pertanian presisi, sensor IoT, serta analitik data seringkali memerlukan investasi awal yang cukup besar. Petani besar yang memiliki sumber daya ekonomi lebih kuat cenderung lebih mampu mengadopsi teknologi tersebut dibandingkan petani kecil. Akibatnya, digitalisasi dapat meningkatkan produktivitas petani besar secara signifikan, sementara petani kecil mungkin tidak mampu mengikuti perkembangan teknologi tersebut.
   Bronson & Knezevic (2016) menunjukkan bahwa teknologi pertanian digital seringkali dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan pertanian skala besar, sehingga kurang sesuai dengan kondisi usaha tani kecil di banyak negara berkembang. Jika kondisi ini tidak diatasi melalui kebijakan yang inklusif, digitalisasi pertanian berisiko memperluas kesenjangan ekonomi dalam sektor pertanian.
e. Data Colonialism dalam Pertanian Digital
   Dalam beberapa tahun terakhir, muncul konsep data colonialism dalam literatur ekonomi politik digital. Konsep ini merujuk pada proses di mana perusahaan teknologi global mengumpulkan data dari berbagai wilayah di dunia untuk menghasilkan nilai ekonomi tanpa memberikan kontrol yang memadai kepada komunitas lokal yang menghasilkan data tersebut.
   Dalam konteks pertanian, data mengenai kondisi lahan, pola produksi, serta praktik pertanian seringkali dikumpulkan melalui platform digital yang digunakan oleh petani. Data ini kemudian dianalisis oleh perusahaan teknologi untuk mengembangkan produk atau layanan baru yang menghasilkan keuntungan ekonomi. Namun petani yang menghasilkan data tersebut seringkali tidak memiliki kontrol terhadap bagaimana data mereka digunakan atau dimonetisasi. Kondisi ini menimbulkan pertanyaan etis mengenai siapa yang sebenarnya memiliki hak atas data pertanian yang dihasilkan oleh aktivitas produksi petani.
f. Alternatif Model Digitalisasi yang Inklusif
   Menghadapi berbagai tantangan tersebut, semakin banyak peneliti yang menekankan pentingnya pengembangan model digitalisasi pertanian yang lebih inklusif. Beberapa pendekatan yang sering dibahas dalam literatur meliputi: data cooperatives**,** di mana petani secara kolektif memiliki dan mengelola data pertanian mereka *open-source agricultural platforms**,*** yang memungkinkan akses teknologi yang lebih terbuka *public digital infrastructure*, yaitu platform digital yang dikembangkan oleh pemerintah atau lembaga public Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa manfaat dari digitalisasi pertanian dapat dinikmati secara lebih merata oleh seluruh kelompok petani.
g. Implikasi bagi Transformasi Sistem Pangan
   Analisis ekonomi politik teknologi menunjukkan bahwa digitalisasi pertanian bukan hanya proses inovasi teknologi, tetapi juga proses restrukturisasi kekuasaan dalam sistem pangan global. Jika tidak disertai dengan kebijakan yang memastikan inklusivitas, digitalisasi berisiko menciptakan sistem pertanian yang semakin terkonsentrasi dan dikendalikan oleh segelintir aktor ekonomi yang memiliki akses terhadap teknologi dan data. Sebaliknya, jika dirancang secara inklusif, teknologi digital dapat menjadi alat yang sangat kuat untuk memperkuat posisi petani kecil dalam sistem agribisnis global.

Digitalisasi sebagai Janji Pembangunan yang Ambivalen

Transformasi digital dalam sektor pertanian sering dipresentasikan sebagai solusi universal bagi berbagai persoalan struktural yang dihadapi oleh sistem pangan global. Teknologi digital diyakini mampu meningkatkan produktivitas pertanian, memperluas akses petani terhadap informasi dan pasar, serta menciptakan sistem produksi pangan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Narasi optimistis ini semakin menguat dalam satu dekade terakhir, terutama dengan munculnya berbagai inovasi teknologi seperti platform pertanian digital, kecerdasan buatan untuk diagnosis penyakit tanaman, serta sistem pertanian presisi berbasis data.

Namun analisis yang lebih kritis menunjukkan bahwa digitalisasi tidak selalu menghasilkan manfaat yang merata bagi seluruh kelompok masyarakat. Sebagaimana telah dibahas pada bagian sebelumnya, transformasi digital dalam sektor pertanian seringkali

diiringi oleh berbagai bentuk kesenjangan sosial, termasuk kesenjangan akses terhadap teknologi, kesenjangan literasi digital, kesenjangan *gender*, serta kesenjangan generasi dalam kemampuan mengadopsi teknologi baru.

Kondisi ini menunjukkan bahwa digitalisasi bukan sekadar proses teknologis, tetapi juga proses sosial yang sangat dipengaruhi oleh struktur ekonomi dan politik dalam masyarakat. Tanpa adanya kebijakan yang secara eksplisit bertujuan untuk mengatasi ketimpangan sosial, teknologi digital justru dapat memperkuat ketimpangan yang sudah ada. Dalam konteks ini, digitalisasi pertanian dapat menghasilkan paradoks pembangunan: teknologi yang dirancang untuk meningkatkan inklusivitas justru berpotensi menciptakan bentuk baru dari eksklusi sosial.

a. Digital Divide sebagai Manifestasi Ketimpangan Struktural

   Salah satu pelajaran penting dari literatur mengenai digital divide adalah bahwa kesenjangan digital tidak dapat dipahami hanya sebagai masalah teknologi semata. Kesenjangan digital merupakan refleksi dari ketimpangan struktural yang lebih luas dalam masyarakat. Faktor-faktor seperti tingkat pendidikan, pendapatan, *gender*, usia, serta lokasi geografis memainkan peran penting dalam menentukan kemampuan individu untuk mengakses dan memanfaatkan teknologi digital.

   Van Dijk (2020) menunjukkan bahwa teknologi digital seringkali memperkuat ketimpangan sosial karena kelompok masyarakat yang sudah memiliki sumber daya ekonomi dan pendidikan yang lebih tinggi cenderung lebih mampu memanfaatkan teknologi digital dibandingkan kelompok yang kurang memiliki sumber daya tersebut. Dalam sektor pertanian, kondisi ini terlihat jelas dalam perbedaan kemampuan antara petani besar dan petani kecil dalam mengadopsi teknologi digital. Petani yang memiliki akses terhadap modal, pendidikan, serta jaringan sosial yang luas cenderung lebih mampu memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan produktivitas dan memperluas akses pasar. Sebaliknya, petani kecil yang memiliki keterbatasan sumber daya seringkali mengalami kesulitan dalam mengakses teknologi digital atau memanfaatkan teknologi tersebut secara optimal.

b. Paradoks Inklusivitas dalam Digitalisasi Pertanian

   Banyak program pembangunan pertanian berbasis teknologi digital menggunakan istilah inklusi digital (*digital inclusion*) sebagai salah satu tujuan utama mereka. Namun dalam praktiknya, konsep inklusi digital seringkali dipahami secara sempit sebagai sekadar penyediaan akses terhadap teknologi. Pendekatan ini mengabaikan fakta bahwa akses terhadap teknologi tidak secara otomatis menghasilkan manfaat yang merata bagi seluruh pengguna.

   Hilbert (2011) menunjukkan bahwa kesenjangan digital seringkali berkembang dari kesenjangan akses menuju kesenjangan penggunaan dan kesenjangan hasil. Dengan kata lain, bahkan ketika individu memiliki akses terhadap teknologi digital, mereka tidak selalu memperoleh manfaat yang sama dari penggunaan teknologi tersebut. Dalam konteks pertanian, petani yang memiliki tingkat pendidikan yang lebih tinggi atau memiliki akses terhadap jaringan informasi yang lebih luas cenderung lebih mampu memanfaatkan teknologi digital dibandingkan petani yang memiliki keterbatasan sumber daya. Kondisi ini menciptakan apa yang dapat disebut sebagai paradoks inklusivitas**,** di mana teknologi yang dirancang untuk meningkatkan akses informasi justru memperkuat ketimpangan dalam distribusi manfaat teknologi tersebut.

c. Kritik terhadap Narasi Teknologi sebagai Solusi Universal

   Salah satu kecenderungan dalam diskursus pembangunan modern adalah munculnya **"***technological solutionism",* yaitu keyakinan bahwa inovasi teknologi dapat menjadi solusi bagi hampir semua persoalan sosial dan ekonomi. Dalam konteks pertanian, narasi ini sering muncul dalam bentuk keyakinan bahwa teknologi digital seperti aplikasi *mobile* atau kecerdasan buatan dapat secara otomatis meningkatkan kesejahteraan petani kecil. Namun pendekatan ini seringkali mengabaikan faktor-faktor struktural yang mempengaruhi kesejahteraan petani, seperti akses terhadap lahan, modal, pasar, serta kebijakan agraria. Rotz (2019) menunjukkan bahwa digitalisasi pertanian seringkali dipromosikan sebagai solusi teknologis tanpa mempertimbangkan secara serius dinamika kekuasaan dalam

sistem agribisnis global. Jika teknologi digital dikembangkan tanpa memperhatikan konteks sosial dan ekonomi yang lebih luas, teknologi tersebut berisiko menjadi alat yang memperkuat struktur ketimpangan yang sudah ada.

d. Menuju Digitalisasi yang Inklusif dan Transformatif
   Menghadapi berbagai tantangan tersebut, transformasi digital dalam sektor pertanian perlu diarahkan menuju pendekatan yang lebih inklusif dan transformatif**.** Digitalisasi yang inklusif tidak hanya berfokus pada penyediaan teknologi, tetapi juga pada penciptaan kondisi sosial yang memungkinkan seluruh kelompok petani untuk memanfaatkan teknologi tersebut secara efektif. Beberapa prinsip utama dalam pengembangan digitalisasi pertanian yang inklusif meliputi:
   a) Pembangunan infrastruktur digital di wilayah pedesaan
   b) Program literasi digital bagi petani kecil
   c) Desain teknologi yang mempertimbangkan kebutuhan kelompok rentan
   d) Penguatan organisasi petani dalam ekosistem digital
   e) Regulasi yang melindungi hak petani atas data pertanian

   Pendekatan ini menekankan bahwa teknologi digital harus dikembangkan sebagai bagian dari strategi pembangunan yang lebih luas, bukan sebagai solusi teknologis yang berdiri sendiri.

e. Peran Negara dan Kelembagaan Publik
   Transformasi digital yang inklusif juga memerlukan peran aktif dari negara dan lembaga publik. Tanpa intervensi kebijakan yang tepat, pasar teknologi digital cenderung berkembang menuju konsentrasi kekuasaan di tangan segelintir perusahaan teknologi besar. Negara memiliki peran penting dalam memastikan bahwa infrastruktur digital tersedia secara merata di seluruh wilayah, termasuk di daerah pedesaan yang seringkali kurang menarik bagi investasi sektor swasta. Selain itu, pemerintah juga perlu mengembangkan kebijakan yang melindungi hak petani dalam ekosistem digital, termasuk hak atas data pertanian serta perlindungan terhadap praktik monopoli informasi oleh perusahaan teknologi.

f. Digitalisasi sebagai Proyek Sosial
   Dari perspektif sosiologi teknologi, digitalisasi tidak dapat dipahami hanya sebagai proses inovasi teknis. Sebaliknya, digitalisasi merupakan proyek sosial yang melibatkan berbagai aktor dengan kepentingan yang berbeda-beda. Teknologi digital dapat menjadi alat yang sangat kuat untuk meningkatkan kesejahteraan petani jika dikembangkan dalam kerangka pembangunan yang inklusif dan demokratis. Namun jika teknologi dikembangkan tanpa mempertimbangkan dimensi sosial dan politik, digitalisasi justru dapat memperkuat ketimpangan yang sudah ada dalam sistem pangan global.

g. Kesimpulan: Digitalisasi atau Eksklusi Baru?
   Transformasi digital dalam sektor pertanian membuka peluang besar untuk meningkatkan efisiensi produksi pangan serta memperluas akses petani terhadap informasi dan pasar. Namun peluang tersebut hanya dapat terwujud jika digitalisasi dikembangkan dalam kerangka pembangunan yang inklusif.
   Tanpa inklusivitas, digitalisasi berisiko menciptakan sistem pertanian yang semakin eksklusif, di mana hanya petani yang memiliki akses terhadap teknologi dan sumber daya ekonomi yang dapat memperoleh manfaat dari inovasi digital. Oleh karena itu, digitalisasi pertanian harus dipahami bukan hanya sebagai proyek teknologi, tetapi sebagai proyek sosial yang memerlukan komitmen politik untuk menciptakan sistem pangan yang lebih adil dan inklusif**.** Dengan demikian, digitalisasi tanpa inklusivitas pada akhirnya hanyalah retorika pembangunan yang kosong**,** yang menjanjikan transformasi tetapi berpotensi memperdalam ketimpangan dalam sistem pertanian global.

Signifikansi Evaluasi Global: Peran Penyuluhan Sebagai Jembatan Inovasi

a. Transformasi Kebijakan Pertanian dalam Era Data
   Perkembangan teknologi digital dalam sektor pertanian telah memicu gelombang baru dalam perumusan kebijakan pembangunan pertanian di berbagai negara. Pemerintah di seluruh dunia semakin terdorong untuk mengintegrasikan teknologi digital ke dalam sistem

penyuluhan, pemasaran pertanian, serta manajemen produksi pangan. Program-program seperti *digital advisory platforms, mobile extension services, smart farming systems,* dan *precision agriculture* kini menjadi bagian penting dari agenda modernisasi sektor pertanian.

Namun percepatan inovasi teknologi ini juga menciptakan tantangan baru dalam proses perumusan kebijakan publik. Teknologi digital berkembang jauh lebih cepat dibandingkan kemampuan sistem kelembagaan untuk mengevaluasi dampaknya secara empiris. Dalam banyak kasus, pemerintah meluncurkan berbagai program digitalisasi pertanian berdasarkan asumsi bahwa teknologi digital secara otomatis akan meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan petani.

Pendekatan seperti ini seringkali menghasilkan kebijakan yang bersifat *technology-driven,* yaitu kebijakan yang didorong oleh optimisme terhadap teknologi tanpa evaluasi yang memadai mengenai efektivitas intervensi tersebut dalam konteks sosial dan ekonomi yang nyata.

Dalam konteks ini, pendekatan *evidence-based policy* menjadi sangat penting. *Evidence-based policy* menekankan bahwa kebijakan publik harus didasarkan pada bukti empiris yang kuat mengenai efektivitas suatu program pembangunan. Pendekatan ini berkembang pesat dalam berbagai bidang kebijakan publik, termasuk kesehatan, pendidikan, dan pembangunan pedesaan.

Dalam sektor pertanian, evidence-based policy menjadi semakin penting karena program pembangunan pertanian seringkali melibatkan investasi publik yang sangat besar dan mempengaruhi kehidupan jutaan petani.

b. Kebijakan Berbasis Intuisi menuju Kebijakan Berbasis Bukti

Secara historis, banyak kebijakan pembangunan pertanian dirancang berdasarkan kombinasi antara pengalaman praktis, intuisi kebijakan, serta tekanan politik. Pendekatan ini seringkali menghasilkan program pembangunan yang inovatif, tetapi tidak selalu didasarkan pada evaluasi ilmiah yang sistematis. Dalam beberapa dekade terakhir, kebijakan pembangunan yang tidak didasarkan pada bukti empiris yang kuat seringkali menghasilkan hasil yang tidak optimal. Program pembangunan pertanian yang dirancang tanpa evaluasi yang memadai dapat gagal mencapai tujuan yang diharapkan atau bahkan menciptakan konsekuensi yang tidak diinginkan.

Sebagai contoh, berbagai program penyuluhan pertanian di banyak negara berkembang seringkali diluncurkan dengan harapan bahwa peningkatan jumlah penyuluh akan secara otomatis meningkatkan adopsi teknologi pertanian oleh petani. Namun efektivitas penyuluhan sangat bergantung pada berbagai faktor kontekstual seperti kualitas interaksi antara penyuluh dan petani, relevansi teknologi yang disampaikan, serta kapasitas kelembagaan sistem penyuluhan.

Birner dkk., (2009) menunjukkan bahwa reformasi sistem penyuluhan tidak dapat didasarkan pada pendekatan **"***best practice*" yang diasumsikan berlaku universal. Sebaliknya, kebijakan penyuluhan harus didasarkan pada pendekatan **"***best fit*"**,** yaitu model kelembagaan yang disesuaikan dengan kondisi sosial, ekonomi, dan kelembagaan di masing-masing negara. Pendekatan ini menegaskan pentingnya analisis empiris yang mendalam sebelum pemerintah mengadopsi model penyuluhan tertentu, terutama dalam konteks digitalisasi pertanian yang melibatkan perubahan kelembagaan yang signifikan.

c. Kompleksitas Sistem Inovasi Pertanian Modern

Salah satu alasan utama mengapa *evidence-based policy* menjadi sangat penting dalam sektor pertanian adalah karena sistem pertanian modern semakin kompleks. Inovasi pertanian tidak lagi terjadi dalam sistem linear yang sederhana di mana teknologi dikembangkan oleh peneliti dan kemudian disampaikan kepada petani melalui penyuluhan. Sebaliknya, inovasi pertanian kini terjadi dalam jaringan kompleks yang melibatkan berbagai aktor seperti:

a) Lembaga penelitian
b) Perusahaan agribisnis
c) Organisasi petani
d) Lembaga keuangan
e) Perusahaan teknologi digital

f) Pemerintah

Dalam kerangka *Agricultural Innovation Systems* (AIS)**,** inovasi dipahami sebagai hasil dari interaksi antara berbagai aktor dalam suatu sistem sosial dan kelembagaan yang saling terhubung. Kondisi ini membuat proses difusi inovasi menjadi jauh lebih kompleks dibandingkan dengan model transfer teknologi tradisional. Teknologi digital misalnya, tidak hanya memerlukan pengembangan perangkat lunak atau aplikasi *mobile*, tetapi juga memerlukan ekosistem kelembagaan yang mampu mendukung penggunaan teknologi tersebut oleh petani. Tanpa pemahaman yang mendalam mengenai dinamika sistem inovasi ini, kebijakan digitalisasi pertanian berisiko gagal mencapai tujuan yang diharapkan.

d. *Systematic Literature Review* sebagai Instrumen Kebijakan

Dalam menghadapi kompleksitas tersebut, *Systematic Literature Review (SLR)* menjadi salah satu metode penelitian yang semakin penting dalam studi kebijakan pembangunan. SLR memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian dari berbagai studi empiris yang telah dipublikasikan sebelumnya. Pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai bukti ilmiah yang tersedia mengenai suatu isu kebijakan.

Dalam konteks digitalisasi pertanian, SLR memungkinkan peneliti untuk memahami bagaimana berbagai model penyuluhan digital bekerja dalam berbagai konteks geografis dan kelembagaan yang berbeda. Pendekatan ini sangat penting karena efektivitas teknologi digital dalam sektor pertanian sangat dipengaruhi oleh faktor kontekstual seperti:

a) Infrastruktur digital
b) Literasi teknologi petani
c) Kapasitas kelembagaan penyuluhan
d) Struktur agraria

Dengan menganalisis berbagai studi empiris yang dilakukan di berbagai negara, SLR dapat membantu mengidentifikasi pola umum mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan program penyuluhan digital.

e. Standar PRISMA dalam Evaluasi Sistematis

Agar *systematic review* dapat memberikan hasil yang kredibel, proses analisis literatur harus dilakukan secara transparan dan sistematis. Untuk tujuan ini, komunitas ilmiah internasional telah mengembangkan pedoman metodologis yang dikenal sebagai PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*)**.** PRISMA memberikan standar mengenai bagaimana *systematic review* harus dilakukan dan dilaporkan, termasuk:

a) Prosedur pencarian literatur
b) Kriteria seleksi studi
c) Metode analisis data

Page dkk. (2021) menjelaskan bahwa penggunaan standar PRISMA membantu memastikan bahwa *systematic review* dilakukan secara transparan dan dapat direplikasi oleh peneliti lain. Dalam konteks penelitian kebijakan, penggunaan standar PRISMA sangat penting karena meningkatkan kredibilitas hasil penelitian yang digunakan sebagai dasar perumusan kebijakan publik.

f. Risiko Kebijakan Digital yang Tidak Berbasis Bukti

Tanpa evaluasi berbasis bukti, program digitalisasi pertanian berisiko menjadi proyek teknologi yang mahal tetapi tidak memberikan dampak signifikan bagi kesejahteraan petani. Banyak aplikasi pertanian digital yang dikembangkan oleh pemerintah atau perusahaan teknologi tidak digunakan secara luas oleh petani karena berbagai faktor seperti:

a) Desain aplikasi yang tidak sesuai dengan kebutuhan petani
b) Keterbatasan literasi digital
c) Kurangnya integrasi dengan sistem penyuluhan lokal

Fabregas dkk. (2019) menunjukkan bahwa banyak intervensi digital dalam pembangunan pertanian menghasilkan dampak yang sangat bervariasi tergantung pada konteks implementasinya. Temuan ini menunjukkan bahwa teknologi digital bukanlah solusi universal bagi semua masalah dalam sektor pertanian.

g. Pembelajaran Global sebagai Fondasi Kebijakan Nasional
   Salah satu keunggulan dari pendekatan *systematic review* adalah kemampuannya untuk menghasilkan pembelajaran lintas negara (*cross-country learning*)**.** Dengan menganalisis berbagai pengalaman internasional, pembuat kebijakan dapat memahami bagaimana inovasi kebijakan bekerja dalam berbagai konteks yang berbeda. Pembelajaran global ini sangat penting dalam era globalisasi pertanian, di mana banyak negara menghadapi tantangan yang serupa dalam meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan. Dengan memanfaatkan bukti empiris dari berbagai negara, pembuat kebijakan dapat menghindari kesalahan yang sama serta mengadopsi praktik kebijakan yang telah terbukti efektif.
h. Kesimpulan: *Evidence* sebagai Fondasi Transformasi Penyuluhan
   Transformasi digital dalam sektor pertanian membuka peluang besar untuk meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan petani. Namun peluang tersebut hanya dapat diwujudkan melalui kebijakan pembangunan yang didasarkan pada bukti ilmiah yang kuat. *Evidence-based policy* memberikan kerangka konseptual yang memungkinkan pemerintah merancang kebijakan digitalisasi pertanian yang lebih efektif dan berkelanjutan. Melalui pendekatan *Systematic Literature Review* yang mengikuti standar PRISMA, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* berupaya menyediakan fondasi empiris yang kuat bagi pengembangan model penyuluhan pertanian yang mampu menjembatani inovasi teknologi dengan praktik pertanian di tingkat lapangan. Dengan demikian, evaluasi global terhadap berbagai pengalaman penyuluhan digital menjadi langkah penting dalam merancang sistem penyuluhan yang mampu mendukung transformasi pertanian di era digital.

Tantangan Metodologis dalam Studi Kebijakan Pertanian

Kajian kebijakan pertanian menghadapi tantangan metodologis yang unik karena fenomena yang dikaji seringkali bersifat kompleks, kontekstual, dan melibatkan interaksi antara berbagai faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan. Tidak seperti eksperimen laboratorium yang dapat dikontrol secara ketat, kebijakan pertanian beroperasi dalam sistem sosial yang dinamis di mana berbagai variabel saling berinteraksi secara simultan.

Dalam konteks ini, peneliti kebijakan dihadapkan pada dilema metodologis: bagaimana menghasilkan temuan penelitian yang memiliki kedalaman analisis (*analytical depth*) sekaligus validitas eksternal (*external validity*) yang memadai. Selama beberapa dekade, banyak yang membahas tentang pembangunan pertanian mengandalkan studi kasus tunggal (*single case studies*) untuk memahami dinamika kebijakan di tingkat lokal. Pendekatan ini sangat berguna untuk menghasilkan pemahaman yang mendalam mengenai konteks sosial dan kelembagaan dalam suatu wilayah tertentu.

Namun dalam era globalisasi pertanian dan transformasi digital, pendekatan yang hanya mengandalkan studi kasus lokal seringkali tidak cukup untuk memberikan dasar yang kuat bagi perumusan kebijakan publik yang berskala nasional atau internasional.

Kebijakan digitalisasi pertanian, misalnya, seringkali dirancang untuk menjangkau jutaan petani di berbagai wilayah yang memiliki kondisi sosial dan agroekologi yang berbeda. Dalam kondisi seperti ini, pembuat kebijakan membutuhkan bukti empiris yang lebih luas yang dapat mencerminkan berbagai variasi konteks implementasi kebijakan.

a. Keterbatasan Studi Kasus Tunggal dalam Generalisasi Kebijakan
   Studi kasus tunggal memiliki kekuatan utama dalam menghasilkan pemahaman yang mendalam mengenai suatu fenomena dalam konteks tertentu. Penelitian semacam ini memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi interaksi sosial dan kelembagaan secara detail serta memahami bagaimana kebijakan beroperasi dalam praktik sehari-hari. Namun dalam konteks penelitian kebijakan global, pendekatan ini memiliki beberapa keterbatasan yang signifikan.
   a) Pertama, studi kasus tunggal seringkali memiliki keterbatasan dalam hal generalisasi temuan**.** Kondisi sosial, budaya, serta kelembagaan yang unik di suatu wilayah dapat membuat temuan penelitian sulit diterapkan secara langsung dalam konteks yang berbeda. Sebagai contoh, keberhasilan suatu program penyuluhan digital di India mungkin dipengaruhi oleh infrastruktur telekomunikasi yang relatif maju serta tingkat

penetrasi *smartphone* yang tinggi. Temuan tersebut tidak dapat dengan mudah diterapkan di wilayah pedesaan Afrika Sub-Sahara yang memiliki keterbatasan infrastruktur digital.

b) Kedua, studi kasus tunggal seringkali rentan terhadap bias kontekstual**.** Peneliti yang bekerja dalam suatu wilayah tertentu mungkin secara tidak sadar menafsirkan temuan penelitian dalam kerangka sosial dan budaya yang spesifik bagi wilayah tersebut.
c) Ketiga, studi kasus tunggal seringkali tidak mampu menangkap variasi global dalam sistem pertanian. Sistem pertanian di berbagai wilayah dunia memiliki karakteristik yang sangat berbeda, baik dari segi struktur agraria, sistem kelembagaan, maupun kondisi agroekologi.

Dalam konteks ini, diperlukan pendekatan penelitian yang mampu mengintegrasikan berbagai pengalaman empiris dari berbagai wilayah dunia untuk menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dinamika sistem penyuluhan pertanian.

b. *Systematic Literature Review* sebagai Pendekatan Sintesis Pengetahuan

Untuk mengatasi keterbatasan studi kasus tunggal, banyak peneliti kebijakan kini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)* sebagai metode untuk mensintesis pengetahuan ilmiah yang tersedia dalam suatu bidang penelitian. SLR merupakan metode penelitian yang dirancang untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian dari berbagai studi empiris secara sistematis dan transparan.

Berbeda dengan tinjauan literatur naratif tradisional yang seringkali bergantung pada seleksi literatur yang bersifat subjektif, SLR menggunakan prosedur metodologis yang ketat untuk memastikan bahwa seluruh studi yang relevan dapat diidentifikasi dan dianalisis secara objektif. Pendekatan ini biasanya melibatkan beberapa tahap utama, termasuk:

a) Perumusan pertanyaan penelitian
b) Pencarian literatur secara sistematis
c) Seleksi studi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi
d) Ekstraksi data dari studi yang dipilih
e) Sintesis temuan penelitian

Melalui proses ini, SLR memungkinkan peneliti untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai bukti empiris yang tersedia dalam literatur ilmiah.

c. Keunggulan Analisis terhadap 80 Artikel Primer

Analisis dilakukan terhadap 80 artikel primer yang membahas berbagai aspek transformasi digital dalam sistem penyuluhan pertanian. Jumlah studi yang relatif besar ini memberikan beberapa keuntungan metodologis yang penting.

a) Pertama, analisis terhadap puluhan studi memungkinkan peneliti untuk memperoleh variasi empiris yang lebih luas. Setiap studi yang dianalisis berasal dari konteks geografis dan kelembagaan yang berbeda, sehingga memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai dinamika penyuluhan digital di berbagai wilayah dunia.
b) Kedua, jumlah studi yang besar memungkinkan identifikasi terhadap pola konsistensi dalam literatur ilmiah**.** Jika berbagai studi yang dilakukan di berbagai negara menunjukkan pola temuan yang serupa, maka kepercayaan terhadap validitas temuan tersebut menjadi lebih kuat.
c) Ketiga, analisis terhadap banyak studi juga memungkinkan identifikasi terhadap perbedaan hasil penelitian yang mungkin muncul akibat variasi konteks lokal.

Dengan memahami variasi tersebut, peneliti dapat mengidentifikasi faktor-faktor kontekstual yang mempengaruhi keberhasilan atau kegagalan program penyuluhan digital.

d. PRISMA 2020 dan Standar Transparansi Penelitian

Untuk memastikan kualitas metodologis dalam *systematic review*, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mengikuti pedoman PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*)**.** PRISMA menyediakan kerangka kerja yang membantu peneliti melaporkan proses *systematic review* secara transparan dan sistematis. Pedoman ini mencakup berbagai aspek penting dalam proses penelitian, termasuk:

a) Strategi pencarian literatur
b) Kriteria seleksi studi
c) Metode analisis data

d) Pelaporan hasil penelitian

Page dkk. (2021) menjelaskan bahwa penggunaan standar PRISMA membantu meningkatkan transparansi dan reproduktibilitas penelitian *systematic review*. Dalam konteks penelitian kebijakan, transparansi metodologis sangat penting karena hasil penelitian seringkali digunakan sebagai dasar dalam perumusan kebijakan publik.

e. Validitas Eksternal dalam Penelitian Kebijakan

Salah satu keunggulan utama dari pendekatan *systematic review* adalah kemampuannya untuk meningkatkan validitas eksternal dari temuan penelitian. Validitas eksternal merujuk pada sejauh mana temuan penelitian dapat diterapkan dalam konteks yang lebih luas di luar lokasi penelitian tertentu. Dengan menganalisis berbagai studi yang dilakukan di berbagai negara, *systematic review* memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi pola umum yang mungkin berlaku dalam berbagai konteks sosial dan kelembagaan. Pendekatan ini sangat penting dalam penelitian kebijakan pertanian karena kebijakan seringkali dirancang untuk diterapkan dalam skala nasional atau bahkan internasional.

f. Pembelajaran Global dalam Sistem Penyuluhan

Melalui analisis global terhadap berbagai studi empiris, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* juga memungkinkan identifikasi terhadap berbagai model penyuluhan yang telah diterapkan di berbagai negara. Sebagai contoh, beberapa negara telah berhasil mengembangkan sistem penyuluhan digital yang mengintegrasikan teknologi *mobile* dengan interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani. Negara lain mungkin lebih menekankan pada penggunaan platform digital yang memungkinkan petani mengakses informasi pertanian secara mandiri. Dengan menganalisis berbagai pengalaman internasional tersebut, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat mengidentifikasi praktik-praktik yang paling efektif dalam mendukung transformasi sistem penyuluhan pertanian.

g. Metodologi sebagai Fondasi Argumen Buku

Pendekatan metodologis yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* tidak hanya bertujuan untuk mensintesis literatur ilmiah, tetapi juga untuk membangun fondasi empiris bagi argumen utama buku ini. Dengan menganalisis berbagai penelitian yang dilakukan di berbagai wilayah dunia, buku ini berupaya mengidentifikasi pola umum mengenai bagaimana penyuluhan dapat berfungsi sebagai jembatan inovasi antara sains pertanian dan praktik petani. Pendekatan ini memberikan dasar empiris yang kuat untuk mengembangkan kerangka konseptual mengenai masa depan sistem penyuluhan pertanian dalam era digital.

h. Kesimpulan: Dari Sintesis Pengetahuan menuju Inovasi Kebijakan

Analisis metodologis terhadap puluhan artikel primer menunjukkan bahwa pemahaman mengenai transformasi sistem penyuluhan pertanian tidak dapat diperoleh melalui studi kasus tunggal. Sebaliknya, diperlukan pendekatan penelitian yang mampu mengintegrasikan berbagai pengalaman empiris dari berbagai wilayah dunia. Melalui *Systematic Literature Review* yang mengikuti standar PRISMA, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* berupaya menyediakan fondasi ilmiah yang kuat bagi pengembangan kebijakan penyuluhan pertanian yang lebih efektif dan adaptif dalam menghadapi tantangan transformasi digital. Pendekatan ini memungkinkan pembuat kebijakan untuk merancang strategi pembangunan pertanian yang tidak hanya inovatif secara teknologi, tetapi juga berbasis pada bukti ilmiah yang kuat.

Evolusi Paradigma Penyuluhan Pertanian

Sistem penyuluhan pertanian selama beberapa dekade terakhir mengalami transformasi konseptual yang signifikan. Pada masa awal modernisasi pertanian, penyuluhan dipahami terutama sebagai mekanisme transfer teknologi (*transfer of technology* / ToT) dari lembaga penelitian kepada petani. Paradigma ini berangkat dari asumsi bahwa inovasi pertanian dihasilkan oleh ilmuwan di laboratorium, kemudian disampaikan kepada petani melalui penyuluh sebagai agen perubahan.

Model ini sangat berpengaruh dalam era Revolusi Hijau pada pertengahan abad ke-20, ketika berbagai teknologi pertanian seperti varietas unggul, pupuk kimia, dan pestisida diperkenalkan secara luas kepada petani melalui sistem penyuluhan nasional. Dalam banyak kasus, pendekatan ini berhasil meningkatkan produktivitas pertanian secara signifikan, terutama di Asia dan Amerika Latin. Namun seiring berjalannya waktu, para peneliti mulai menyadari bahwa model transfer teknologi memiliki berbagai keterbatasan. Teknologi yang dikembangkan di lembaga penelitian tidak selalu sesuai dengan kondisi agroekologi dan sosial yang dihadapi oleh petani di lapangan. Selain itu, pendekatan komunikasi satu arah seringkali mengabaikan pengetahuan lokal yang dimiliki oleh petani.

Sebagai respons terhadap keterbatasan tersebut, paradigma penyuluhan mulai bergeser menuju pendekatan yang lebih partisipatif dan berbasis pembelajaran sosial. Penyuluhan tidak lagi dipahami hanya sebagai proses penyampaian teknologi, tetapi sebagai proses interaksi pengetahuan antara berbagai aktor dalam sistem pertanian.

Dalam konteks ini, penyuluh tidak lagi hanya berfungsi sebagai penyampai teknologi, tetapi sebagai fasilitator pembelajaran dan mediator pengetahuan.

a. *Agricultural Innovation Systems* dan Transformasi Peran Penyuluhan

   Perkembangan teori *Agricultural Innovation Systems (AIS)* memberikan kerangka konseptual yang lebih komprehensif untuk memahami dinamika inovasi dalam sektor pertanian. Dalam perspektif AIS, inovasi tidak dipandang sebagai hasil dari penelitian ilmiah semata, tetapi sebagai hasil dari interaksi antara berbagai aktor dalam suatu sistem sosial yang kompleks. Aktor-aktor dalam sistem inovasi pertanian meliputi:

   a) Lembaga penelitian
   b) Universitas
   c) Organisasi petani
   d) Perusahaan agribisnis
   e) Lembaga keuangan
   f) Lembaga pemerintah
   g) Perusahaan teknologi digital

   Dalam sistem ini, inovasi muncul melalui proses interaksi, kolaborasi, dan pembelajaran kolektif antara berbagai aktor tersebut. Hall, (2006) menunjukkan bahwa keberhasilan inovasi pertanian sangat bergantung pada kemampuan sistem kelembagaan untuk memfasilitasi interaksi antara berbagai aktor dalam sistem inovasi.

   Dalam kerangka AIS, penyuluhan pertanian memiliki peran strategis sebagai institusi yang menghubungkan berbagai aktor dalam sistem inovasi. Penyuluh tidak hanya menyampaikan teknologi kepada petani, tetapi juga membantu membangun jaringan komunikasi antara petani, peneliti, perusahaan agribisnis, dan pembuat kebijakan.

b. Konsep Innovation Broker

   Dalam literatur sistem inovasi, peran aktor yang menghubungkan berbagai pihak dalam proses inovasi sering disebut sebagai *innovation broker.* Klerkx & Leeuwis, (2009) mendefinisikan innovation broker sebagai organisasi atau individu yang memfasilitasi hubungan antara berbagai aktor dalam sistem inovasi untuk mempercepat proses pengembangan dan adopsi inovasi. Innovation broker tidak selalu menghasilkan inovasi secara langsung, tetapi memainkan peran penting dalam menciptakan kondisi yang memungkinkan inovasi berkembang. Dalam konteks pertanian, innovation broker memiliki beberapa fungsi utama:

   a) Menghubungkan berbagai aktor dalam sistem inovasi
   b) Memfasilitasi pertukaran pengetahuan antara peneliti dan petani
   c) Mendukung proses pembelajaran kolektif dalam komunitas petani
   d) Mengidentifikasi kebutuhan inovasi di tingkat lokal
   e) Menerjemahkan pengetahuan ilmiah menjadi praktik yang dapat diterapkan

   Peran ini menjadi semakin penting dalam era digital, di mana jumlah informasi yang tersedia bagi petani meningkat secara drastis.

c. Ledakan Informasi dalam Era Pertanian Digital

   Perkembangan teknologi digital telah mengubah lanskap informasi dalam sektor pertanian secara fundamental. Petani kini memiliki akses terhadap berbagai sumber informasi melalui

internet, aplikasi *mobile*, media sosial, dan platform digital lainnya. Informasi yang tersedia mencakup berbagai aspek penting dalam produksi pertanian, seperti:

a) Teknik budidaya tanaman
b) Prakiraan cuaca
c) Harga pasar
d) Manajemen hama dan penyakit
e) Teknologi pertanian terbaru

Namun keberlimpahan informasi ini juga menciptakan tantangan baru bagi petani. Tidak semua informasi yang tersedia di internet memiliki kualitas yang sama. Sebagian informasi mungkin tidak relevan dengan kondisi agroekologi lokal atau bahkan mengandung kesalahan teknis. Dalam situasi seperti ini, petani membutuhkan aktor yang dapat membantu mereka menavigasi berbagai sumber informasi tersebut. Penyuluh sebagai innovation broker dapat memainkan peran penting dalam membantu petani mengevaluasi kredibilitas informasi serta menentukan teknologi yang paling sesuai dengan kondisi lokal.

d. Penyuluh sebagai *Knowledge Translator*

Selain berfungsi sebagai penghubung jaringan inovasi, penyuluh juga memainkan peran penting sebagai *knowledge translator.* Pengetahuan ilmiah yang dihasilkan oleh lembaga penelitian seringkali disajikan dalam bentuk laporan teknis, jurnal akademik, atau model ilmiah yang sulit dipahami oleh petani. Penyuluh membantu menerjemahkan pengetahuan ilmiah tersebut menjadi rekomendasi praktis yang dapat diterapkan oleh petani dalam praktik budidaya sehari-hari.

Birner dkk. (2009) penyuluh yang efektif tidak hanya menyampaikan teknologi kepada petani, tetapi juga membantu petani memahami bagaimana teknologi tersebut dapat diadaptasi dalam kondisi lokal yang spesifik. Dengan kata lain, penyuluh berfungsi sebagai jembatan antara sains global dan praktik lokal**.**

e. Fasilitasi Pembelajaran Sosial dalam Komunitas Petani

Salah satu fungsi penting dari penyuluhan adalah memfasilitasi pembelajaran sosial **(***social learning)* dalam komunitas petani. Penelitian mengenai difusi inovasi menunjukkan bahwa petani seringkali lebih percaya pada teknologi yang telah dicoba oleh petani lain dalam komunitas mereka dibandingkan dengan informasi yang berasal dari sumber eksternal.

Pendekatan seperti *Farmer Field Schools* (FFS) menunjukkan bahwa pembelajaran partisipatif dapat meningkatkan kemampuan petani untuk memahami teknologi pertanian serta meningkatkan tingkat adopsi inovasi. Dalam pendekatan ini, penyuluh berperan sebagai fasilitator yang membantu petani melakukan eksperimen bersama serta mendiskusikan hasil yang diperoleh. Pendekatan ini memungkinkan proses inovasi yang lebih adaptif dan kontekstual dibandingkan dengan pendekatan transfer teknologi yang bersifat *top-down.*

f. Tantangan Kapasitas Penyuluh dalam Era Digital

Reposisi peran penyuluh sebagai *innovation broker* juga menimbulkan tantangan baru dalam hal kapasitas sumber daya manusia dalam sistem penyuluhan. Penyuluh kini dituntut untuk memiliki berbagai keterampilan baru yang tidak selalu menjadi bagian dari pelatihan penyuluhan tradisional. Keterampilan tersebut meliputi:

a) Literasi digital
b) Analisis data pertanian
c) Fasilitasi jaringan inovasi
d) Komunikasi partisipatif
e) Manajemen pengetahuan

Tanpa peningkatan kapasitas yang memadai, penyuluh mungkin mengalami kesulitan dalam menjalankan peran baru mereka dalam sistem inovasi pertanian digital. Oleh karena itu, reformasi sistem penyuluhan harus mencakup investasi dalam pelatihan penyuluh digital yang memungkinkan mereka beradaptasi dengan perubahan dalam ekosistem inovasi pertanian.

g. Implikasi bagi Reformasi Sistem Penyuluhan Global
   Reposisi peran penyuluh sebagai innovation broker memiliki implikasi penting bagi reformasi sistem penyuluhan di berbagai negara.
   a) Pertama, sistem penyuluhan perlu dikembangkan sebagai platform kolaborasi antara berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian**,** bukan hanya sebagai lembaga penyampai teknologi.
   b) Kedua, penyuluh perlu dilatih untuk mengembangkan keterampilan yang memungkinkan mereka memfasilitasi interaksi antara petani, peneliti, perusahaan teknologi, dan pembuat kebijakan.
   c) Ketiga, kebijakan pembangunan pertanian perlu mengakui bahwa inovasi tidak hanya berasal dari lembaga penelitian, tetapi juga dapat muncul dari pengalaman petani di lapangan.

      Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan menjadi lebih adaptif terhadap perubahan dalam sistem pertanian global.
h. Kesimpulan: Penyuluh sebagai Jembatan Inovasi
   Transformasi digital dalam sektor pertanian menciptakan peluang besar untuk meningkatkan produktivitas dan ketahanan pangan global. Namun teknologi digital tidak dapat menggantikan peran sosial yang dimainkan oleh sistem penyuluhan. Sebaliknya, teknologi digital justru meningkatkan pentingnya peran penyuluh sebagai *innovation broker* yang menghubungkan berbagai sumber pengetahuan dalam sistem inovasi pertanian.

   Sebagai *innovation broker*, penyuluh memainkan peran strategis dalam memastikan bahwa inovasi teknologi yang berkembang dalam sistem pertanian global dapat diterjemahkan menjadi praktik yang relevan bagi petani di tingkat lokal. Dalam era pertanian digital, penyuluh tidak lagi hanya menjadi penyampai teknologi, tetapi menjadi arsitek jaringan inovasi yang memungkinkan kolaborasi antara sains, teknologi, dan pengalaman petani dalam membangun sistem pangan yang lebih berkelanjutan.

➢ Signifikansi Evaluasi Global: Penyuluhan sebagai Jembatan Inovasi

Perubahan Iklim dan Krisis Sistem Pangan Global

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim. Peningkatan suhu global, perubahan pola curah hujan, meningkatnya frekuensi kekeringan, serta intensitas kejadian cuaca ekstrem telah menciptakan tekanan yang semakin besar terhadap sistem produksi pangan di berbagai wilayah dunia. Dalam beberapa dekade terakhir, perubahan iklim tidak hanya mempengaruhi produktivitas tanaman, tetapi juga stabilitas produksi pangan, ketersediaan air, serta dinamika hama dan penyakit tanaman.

Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian memiliki implikasi yang sangat luas bagi ketahanan pangan global. Populasi dunia diperkirakan akan mencapai hampir 10 miliar jiwa pada tahun 2050, sementara kapasitas produksi pangan menghadapi tekanan akibat degradasi lahan, kelangkaan air, serta perubahan kondisi agroklimat.

Dalam konteks ini, sektor pertanian tidak hanya dituntut untuk meningkatkan produktivitas, tetapi juga untuk meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim (*climate resilience*)**.** Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan sistem pertanian yang mampu beradaptasi secara dinamis terhadap perubahan kondisi lingkungan. Perkembangan teknologi digital dan sistem observasi bumi dalam beberapa dekade terakhir membuka peluang baru untuk mendukung proses adaptasi pertanian terhadap perubahan iklim. Data satelit, model prediksi iklim, serta sistem analitik data lingkungan kini memungkinkan pengumpulan informasi yang sangat detail mengenai kondisi agroekologi di berbagai wilayah dunia.

Namun ketersediaan data ilmiah yang sangat besar ini tidak secara otomatis menghasilkan perubahan perilaku di tingkat petani. Informasi iklim yang kompleks seringkali sulit dipahami oleh petani tanpa adanya mekanisme komunikasi yang mampu menerjemahkan informasi tersebut menjadi tindakan praktis di lapangan. Di sinilah peran sistem penyuluhan pertanian menjadi sangat penting sebagai jembatan inovasi iklim**,** yaitu mekanisme

kelembagaan yang menghubungkan sains iklim global dengan praktik adaptasi yang dilakukan oleh petani di tingkat lokal.

a. Revolusi Data Satelit dalam Pertanian Modern

Perkembangan teknologi penginderaan jauh telah menghasilkan revolusi dalam kemampuan manusia untuk memantau kondisi lingkungan bumi. Satelit observasi bumi kini mampu mengumpulkan berbagai jenis data yang sangat relevan bagi sektor pertanian. Beberapa parameter lingkungan yang dapat dipantau melalui teknologi satelit antara lain:

a) Indeks vegetasi (NDVI) yang menunjukkan kesehatan tanaman
b) Kelembapan tanah
c) Suhu permukaan lahan
d) Pola curah hujan
e) Dinamika tutupan lahan
f) Risiko kekeringan

Data tersebut kemudian dapat dianalisis menggunakan model komputasi untuk menghasilkan berbagai indikator penting bagi pengelolaan pertanian. Teknologi ini memungkinkan pengembangan sistem yang dikenal sebagai *precision agriculture* atau *data-driven agriculture,* yaitu sistem pertanian yang memanfaatkan data lingkungan untuk meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi risiko kegagalan panen.

Wolfert dkk, (2017) integrasi data satelit, sensor lapangan, dan analitik data besar dapat membantu petani dalam mengoptimalkan penggunaan input pertanian seperti air, pupuk, dan pestisida. Namun teknologi ini juga menciptakan tantangan baru dalam hal komunikasi informasi kepada petani. Data satelit yang kompleks perlu diterjemahkan menjadi informasi yang mudah dipahami dan relevan bagi pengambilan keputusan di tingkat usaha tani.

b. *Climate Intelligence* dan Pengambilan Keputusan Pertanian

Perkembangan teknologi digital juga melahirkan konsep *climate intelligence,* yaitu sistem yang mengintegrasikan berbagai sumber data iklim untuk mendukung pengambilan keputusan dalam sektor pertanian. Climate intelligence menggabungkan berbagai sumber data seperti:

a) Data satelit
b) Model prediksi cuaca
c) Data sensor lingkungan
d) Data historis produksi pertanian

Melalui analisis data tersebut, sistem climate intelligence dapat menghasilkan berbagai jenis informasi penting bagi petani, seperti:

a) Prediksi musim tanam
b) Peringatan dini terhadap kekeringan
c) Risiko banjir
d) Potensi serangan hama yang dipengaruhi oleh kondisi iklim

Informasi ini sangat penting bagi petani dalam merencanakan kegiatan produksi, seperti menentukan waktu tanam, memilih varietas tanaman yang sesuai, serta mengelola sumber daya air secara lebih efisien. Namun informasi iklim seringkali tidak dimanfaatkan secara optimal oleh petani karena informasi tersebut tidak disampaikan dalam bentuk yang mudah dipahami.

Hansen dkk. (2019) banyak petani di negara berkembang tidak menggunakan informasi iklim dalam pengambilan keputusan pertanian karena keterbatasan akses serta kesulitan dalam memahami informasi tersebut.

c. Kesenjangan antara Sains Iklim dan Praktik Pertanian

Salah satu tantangan utama dalam adaptasi perubahan iklim adalah adanya kesenjangan komunikasi antara sains iklim dan praktik pertanian lokal. Informasi ilmiah mengenai perubahan iklim seringkali disajikan dalam bentuk laporan teknis, model statistik, atau grafik kompleks yang sulit dipahami oleh petani. Selain itu, banyak informasi iklim disajikan dalam skala geografis yang luas, seperti tingkat nasional atau regional, sehingga tidak selalu relevan dengan kondisi mikroklimat yang dihadapi oleh petani di tingkat lokal. Sebagai contoh, prakiraan curah hujan regional mungkin tidak cukup akurat untuk membantu petani

menentukan waktu tanam di suatu desa tertentu yang memiliki kondisi topografi dan mikroklimat yang unik.

Kondisi ini menunjukkan bahwa keberhasilan sistem adaptasi iklim tidak hanya bergantung pada ketersediaan teknologi observasi dan analisis data, tetapi juga pada kemampuan sistem komunikasi pertanian untuk menerjemahkan informasi tersebut menjadi rekomendasi yang relevan bagi petani.

d. Penyuluhan sebagai Mediator Adaptasi Iklim

Dalam menghadapi kesenjangan antara sains iklim dan praktik pertanian, penyuluhan pertanian memainkan peran penting sebagai mediator pengetahuan. Penyuluh dapat membantu petani memahami bagaimana informasi iklim dapat digunakan dalam pengambilan keputusan produksi, seperti:

a) Menentukan waktu tanam yang optimal
b) Memilih varietas tanaman yang lebih tahan terhadap kekeringan
c) Mengembangkan strategi pengelolaan air yang lebih efisien
d) Mengantisipasi risiko serangan hama yang dipengaruhi oleh perubahan iklim

Selain itu, penyuluh juga dapat membantu petani mengintegrasikan pengetahuan ilmiah dengan pengetahuan lokal (*local ecological knowledge)* yang telah mereka kembangkan melalui pengalaman bertahun-tahun dalam mengelola lahan pertanian. Pendekatan ini memungkinkan pengembangan strategi adaptasi yang lebih kontekstual dan relevan dengan kondisi lokal.

e. *Climate-Smart Agriculture* dan Peran Penyuluhan

Konsep *Climate-Smart Agriculture* (CSA) telah menjadi salah satu kerangka utama dalam upaya meningkatkan ketahanan sektor pertanian terhadap perubahan iklim. CSA memiliki tiga tujuan utama:

a) Meningkatkan produktivitas pertanian
b) Meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim
c) Mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor pertanian

Penerapan praktik CSA seringkali memerlukan perubahan dalam praktik budidaya yang dilakukan oleh petani, seperti:

a) Penggunaan varietas tahan kekeringan
b) Konservasi tanah dan air
c) Diversifikasi sistem pertanian
d) Agroforestry
e) Pengelolaan nutrisi tanaman yang lebih efisien

Namun perubahan praktik pertanian tidak dapat terjadi secara otomatis hanya karena teknologi CSA tersedia. Proses adopsi inovasi pertanian seringkali memerlukan dukungan penyuluhan yang mampu memfasilitasi pembelajaran dan eksperimen di tingkat petani.

f. Integrasi Teknologi Digital dan Penyuluhan Iklim

Perkembangan teknologi digital membuka peluang besar untuk meningkatkan efektivitas penyuluhan dalam mendukung adaptasi perubahan iklim. Sistem penyuluhan digital dapat digunakan untuk menyampaikan informasi iklim kepada petani secara lebih cepat dan dalam jangkauan yang lebih luas. Sebagai contoh, aplikasi *mobile* pertanian dapat memberikan informasi mengenai:

a) Prakiraan cuaca jangka pendek
b) Risiko kekeringan
c) Peringatan dini terhadap serangan hama

Namun teknologi digital tidak dapat sepenuhnya menggantikan peran penyuluh dalam proses komunikasi pertanian. Informasi digital seringkali memerlukan interpretasi dan kontekstualisasi agar dapat digunakan secara efektif oleh petani. Oleh karena itu, pendekatan yang paling efektif dalam penyuluhan iklim adalah model hibrid, yaitu integrasi antara teknologi digital dan interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani.

g. Penyuluhan sebagai Infrastruktur Sosial Adaptasi Iklim

Dalam perspektif kebijakan pembangunan, sistem penyuluhan dapat dipahami sebagai bagian dari infrastruktur sosial untuk adaptasi perubahan iklim. Sama seperti infrastruktur fisik seperti irigasi atau jalan pertanian, penyuluhan menyediakan kapasitas kelembagaan

yang memungkinkan petani mengakses informasi dan pengetahuan yang diperlukan untuk beradaptasi dengan perubahan lingkungan. Tanpa sistem penyuluhan yang kuat, banyak inovasi teknologi dalam bidang adaptasi iklim berisiko tidak pernah diterapkan secara luas oleh petani.

Dengan demikian, investasi dalam sistem penyuluhan tidak hanya penting untuk meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga merupakan bagian penting dari strategi global untuk meningkatkan ketahanan sistem pangan terhadap perubahan iklim.

h. Kesimpulan: Dari Data Satelit ke Tindakan Petani

Perkembangan teknologi observasi bumi dan analitik data telah membuka peluang besar untuk meningkatkan kapasitas sektor pertanian dalam menghadapi perubahan iklim. Namun teknologi tersebut hanya dapat memberikan dampak nyata jika informasi ilmiah yang dihasilkan dapat diterjemahkan menjadi tindakan praktis yang dilakukan oleh petani. Dalam proses ini, penyuluhan pertanian memainkan peran yang tidak tergantikan sebagai jembatan antara sains iklim dan praktik pertanian lokal.

Dengan menghubungkan pengetahuan ilmiah global dengan pengalaman lokal petani, penyuluhan memungkinkan transformasi informasi iklim menjadi strategi adaptasi yang nyata di tingkat lapangan. Dalam era perubahan iklim yang semakin intensif, peran penyuluhan sebagai jembatan inovasi iklim menjadi semakin penting bagi masa depan ketahanan pangan global.

Pendahuluan: Mencari Model Penyuluhan Abad ke-21

Transformasi digital dalam sektor pertanian telah menciptakan momentum baru dalam upaya modernisasi sistem pangan global. Teknologi seperti platform advisory digital, kecerdasan buatan untuk diagnosis penyakit tanaman, sistem analitik berbasis data satelit, serta aplikasi *mobile* pertanian kini semakin banyak digunakan untuk mendukung kegiatan produksi dan pemasaran pertanian.

Banyak pemerintah dan lembaga pembangunan internasional memandang teknologi digital sebagai solusi potensial untuk mengatasi berbagai keterbatasan dalam sistem penyuluhan pertanian konvensional. Dengan memanfaatkan teknologi digital, informasi pertanian dapat disampaikan kepada jutaan petani secara cepat dan dengan biaya yang relatif rendah.

Namun sebagaimana telah dibahas dalam berbagai bagian sebelumnya dalam bab ini, digitalisasi pertanian juga menghadapi berbagai tantangan struktural. Kesenjangan digital, literasi teknologi yang rendah, serta keterbatasan kemampuan teknologi digital dalam menggantikan interaksi sosial menjadi hambatan penting dalam upaya mengembangkan sistem penyuluhan digital yang efektif.

Di sisi lain, sistem penyuluhan konvensional yang berbasis interaksi tatap muka juga menghadapi berbagai keterbatasan, termasuk keterbatasan jumlah tenaga penyuluh, keterbatasan anggaran pemerintah, serta kesulitan menjangkau wilayah pedesaan yang luas.

Kondisi ini menciptakan dilema strategis dalam pembangunan sistem penyuluhan modern: apakah masa depan penyuluhan pertanian terletak pada digitalisasi penuh sistem penyuluhan, atau pada penguatan kembali metode penyuluhan konvensional?

Buku ini berangkat dari hipotesis bahwa pertanyaan tersebut sebenarnya didasarkan pada dikotomi yang keliru. Masa depan sistem penyuluhan pertanian tidak terletak pada pilihan antara pendekatan digital atau konvensional, tetapi pada integrasi keduanya dalam suatu model penyuluhan hibrid (*hybrid extension model*).

a. Paradoks Penyuluhan Global: Jangkauan versus Kedalaman

Salah satu tantangan mendasar dalam sistem penyuluhan pertanian adalah keseimbangan antara jangkauan layanan (*scale)* dan kedalaman dampak *(depth of impact).* Penyuluhan konvensional memiliki keunggulan dalam menciptakan interaksi sosial yang mendalam antara penyuluh dan petani. Melalui pertemuan kelompok tani, demonstrasi lapangan, dan sekolah lapang, petani dapat memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai teknologi pertanian serta memiliki kesempatan untuk berdiskusi dan bereksperimen secara langsung.

Namun pendekatan ini memiliki keterbatasan besar dalam hal jangkauan layanan. Di banyak negara berkembang, rasio antara penyuluh dan petani sangat tidak seimbang. Seorang penyuluh seringkali harus melayani ratusan bahkan ribuan petani di wilayah kerja yang luas. Sebaliknya, teknologi digital memungkinkan penyampaian informasi pertanian kepada jutaan petani secara simultan melalui platform *mobile* atau internet.

Namun komunikasi digital seringkali bersifat satu arah dan tidak selalu mampu menggantikan proses pembelajaran sosial yang terjadi melalui interaksi langsung antara petani dan penyuluh. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan global menghadapi paradoks yang menarik: metode penyuluhan yang memiliki dampak pembelajaran paling mendalam seringkali memiliki jangkauan yang terbatas, sementara teknologi yang memiliki jangkauan paling luas seringkali memiliki kedalaman pembelajaran yang lebih rendah. Paradoks inilah yang menjadi dasar argumentasi mengenai pentingnya model penyuluhan hibrid.

b. Konsep Model Penyuluhan Hibrid

Model penyuluhan hibrid dapat didefinisikan sebagai sistem penyuluhan yang mengintegrasikan interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani dengan pemanfaatan teknologi digital untuk memperluas jangkauan informasi pertanian**.** Dalam model ini, teknologi digital tidak diposisikan sebagai pengganti penyuluhan konvensional, tetapi sebagai alat yang memperkuat fungsi sistem penyuluhan secara keseluruhan. Beberapa fungsi utama teknologi digital dalam model penyuluhan hibrid antara lain:

a) Penyebaran informasi pertanian secara massal
b) Penyediaan data cuaca dan pasar secara real-time
c) Pengembangan platform pembelajaran digital bagi petani
d) Penguatan jaringan komunikasi antara petani dan penyuluh

Sementara itu, interaksi tatap muka tetap dipertahankan untuk kegiatan yang memerlukan pembelajaran praktis, seperti demonstrasi teknologi, pelatihan teknis, serta diskusi kelompok tani. Dengan demikian, model penyuluhan hibrid memungkinkan sistem penyuluhan untuk memanfaatkan skalabilitas teknologi digital tanpa mengorbankan kedalaman pembelajaran sosial yang sangat penting dalam proses adopsi inovasi pertanian.

c. Model Hibrid dalam Kerangka *Agricultural Innovation Systems*

Dalam kerangka *Agricultural Innovation Systems (AIS***)**, model penyuluhan hibrid dapat dipahami sebagai mekanisme yang memperkuat hubungan antara berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Sebagaimana telah dibahas sebelumnya, inovasi pertanian tidak lagi dapat dipahami sebagai proses linear yang sederhana. Sebaliknya, inovasi muncul melalui interaksi antara berbagai aktor seperti peneliti, petani, perusahaan agribisnis, lembaga keuangan, dan pemerintah.

Penyuluh dalam model hibrid berfungsi sebagai *innovation broker,* yaitu aktor yang membantu menghubungkan berbagai sumber pengetahuan dalam sistem inovasi. Melalui integrasi teknologi digital, penyuluh dapat memperoleh akses terhadap berbagai sumber informasi global, seperti data satelit, model prediksi cuaca, serta hasil penelitian terbaru dalam bidang agronomi. Pada saat yang sama, penyuluh juga dapat membantu peneliti dan pembuat kebijakan memahami kebutuhan serta tantangan yang dihadapi oleh petani di tingkat lokal. Dengan demikian, model penyuluhan hibrid memperkuat aliran informasi dua arah antara sains pertanian dan praktik lapangan.

d. Penyuluhan Hibrid dan Ketahanan Pangan Global

Dalam konteks ketahanan pangan global, model penyuluhan hibrid memiliki implikasi strategis yang sangat penting. Dunia saat ini menghadapi tantangan besar dalam memenuhi kebutuhan pangan populasi yang terus meningkat, sementara sektor pertanian harus menghadapi berbagai tekanan lingkungan seperti perubahan iklim, degradasi lahan, dan kelangkaan air. Menghadapi tantangan tersebut, sektor pertanian memerlukan inovasi teknologi yang mampu meningkatkan produktivitas sekaligus meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim. Namun inovasi teknologi hanya dapat memberikan dampak nyata jika dapat diadopsi secara luas oleh petani. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan hibrid dapat berfungsi sebagai infrastruktur sosial bagi difusi inovasi pertanian**,** yang memungkinkan teknologi baru dapat diadopsi secara lebih cepat dan lebih luas.

e. Inklusivitas Digital sebagai Prasyarat Model Hibrid
   Agar model penyuluhan hibrid dapat berfungsi secara efektif, digitalisasi pertanian harus dikembangkan dalam kerangka inklusi digital**.** Tanpa upaya untuk mengatasi kesenjangan digital, teknologi digital berisiko memperkuat ketimpangan antara petani yang memiliki akses terhadap teknologi dan petani yang tidak memiliki akses tersebut. Oleh karena itu, pengembangan sistem penyuluhan hibrid harus disertai dengan kebijakan yang bertujuan untuk:
   a) Memperluas infrastruktur digital di wilayah pedesaan
   b) Meningkatkan literasi digital petani
   c) Memastikan bahwa teknologi digital dirancang sesuai dengan kebutuhan petani kecil

   Pendekatan ini memungkinkan digitalisasi pertanian menjadi alat yang memperkuat inklusivitas dalam sistem pangan global.
f. Kontribusi Konseptual Buku
   Berdasarkan analisis terhadap berbagai penelitian global mengenai penyuluhan digital dan sistem inovasi pertanian, buku ini mengajukan hipotesis utama bahwa:
   Model penyuluhan hibrid merupakan kerangka kelembagaan yang paling menjanjikan untuk menghubungkan inovasi digital dengan praktik pertanian lokal dalam upaya memperkuat ketahanan pangan global. Hipotesis ini didasarkan pada pemahaman bahwa keberhasilan transformasi digital dalam sektor pertanian tidak hanya bergantung pada teknologi yang digunakan, tetapi juga pada kelembagaan yang mampu memfasilitasi proses pembelajaran dan adaptasi teknologi di tingkat petani.
g. Agenda Penelitian dan Kebijakan
   Hipotesis mengenai model penyuluhan hibrid juga membuka berbagai agenda penelitian dan kebijakan yang penting untuk masa depan pembangunan pertanian. Beberapa pertanyaan penelitian yang muncul antara lain:
   a) Bagaimana desain kelembagaan penyuluhan hibrid yang paling efektif?
   b) Bagaimana teknologi digital dapat diintegrasikan dalam sistem penyuluhan tanpa menggantikan interaksi sosial?
   c) Bagaimana kebijakan publik dapat mendukung pengembangan sistem penyuluhan yang inklusif?

   Menjawab pertanyaan-pertanyaan ini memerlukan penelitian empiris yang komprehensif mengenai berbagai pengalaman implementasi penyuluhan digital di berbagai negara.
h. Penutup: Menuju Arsitektur Penyuluhan Masa Depan
   Transformasi digital dalam sektor pertanian tidak dapat dipahami hanya sebagai perubahan teknologi semata. Sebaliknya, digitalisasi pertanian merupakan bagian dari transformasi yang lebih luas dalam sistem inovasi pertanian global. Dalam proses ini, sistem penyuluhan pertanian memiliki peran strategis sebagai institusi yang menjembatani hubungan antara sains, teknologi, dan praktik pertanian. Model penyuluhan hibrid menawarkan visi baru bagi masa depan penyuluhan pertanian-sebuah sistem yang memadukan kekuatan teknologi digital dengan kekuatan pembelajaran sosial dalam komunitas petani. Dalam visi ini, penyuluhan bukan hanya menjadi sarana penyampaian teknologi, tetapi menjadi fondasi kelembagaan bagi kedaulatan pangan di era digital**.**

BAB 2
Sejarah dan Metamorfosis Penyuluhan: dari Instruksi Linier Ke Ekosistem Pluralistik

➢ Menelusuri Genealogi Penyuluhan Pertanian

Untuk memahami transformasi sistem penyuluhan pertanian modern, penting untuk menelusuri akar historis dan genealoginya. Penyuluhan pertanian bukanlah institusi yang muncul secara tiba-tiba dalam konteks pembangunan modern, melainkan hasil dari proses evolusi panjang yang dipengaruhi oleh perubahan dalam struktur ekonomi, politik, dan ilmu pengetahuan. Sebagai institusi sosial, penyuluhan pertanian berkembang melalui interaksi antara kebutuhan produksi pangan, perkembangan ilmu agronomi, serta kebijakan negara dalam mengelola sektor pertanian. Dalam banyak negara, sistem penyuluhan modern memiliki akar historis yang dapat ditelusuri hingga abad ke-19, ketika pemerintah kolonial dan negara industri mulai mengembangkan mekanisme untuk menyebarkan inovasi pertanian kepada petani.

Pada tahap awal perkembangannya, penyuluhan pertanian terbentuk dalam konteks modernisasi pertanian yang sangat dipengaruhi oleh paradigma ilmiah positivistik. Pengetahuan ilmiah diposisikan sebagai sumber utama inovasi, sementara petani dipandang sebagai penerima teknologi yang perlu diarahkan untuk mengadopsi praktik pertanian yang lebih efisien. Paradigma ini kemudian melahirkan model komunikasi penyuluhan yang dikenal sebagai *Transfer of Technology* (ToT), yaitu pendekatan yang memandang inovasi sebagai proses linear dari laboratorium menuju lahan pertanian. Model ini menjadi fondasi utama sistem penyuluhan pertanian modern selama sebagian besar abad ke-20 (Rivera dkk., 2001)

a. Akar Kolonial Penyuluhan Pertanian

   Asal-usul sistem penyuluhan pertanian modern tidak dapat dipisahkan dari sejarah ekspansi kolonial dan modernisasi pertanian di berbagai wilayah dunia. Pada abad ke-19, negara-negara Eropa mulai mengembangkan lembaga penelitian pertanian untuk meningkatkan produktivitas sektor pertanian domestik mereka. Perkembangan ilmu agronomi dan kimia tanah pada masa tersebut menghasilkan berbagai inovasi teknologi yang dianggap mampu meningkatkan produksi pangan. Pemerintah kemudian menyadari bahwa penyebaran inovasi pertanian kepada petani merupakan faktor penting dalam meningkatkan produktivitas nasional.

   Dalam konteks kolonial, penyebaran teknologi pertanian juga memiliki dimensi politik dan ekonomi yang kuat. Pemerintah kolonial berupaya meningkatkan produksi komoditas pertanian yang memiliki nilai ekonomi tinggi guna mendukung perdagangan global. Untuk mencapai tujuan tersebut, berbagai program penyuluhan pertanian dikembangkan dengan tujuan memperkenalkan teknik budidaya baru kepada petani lokal.

   Namun pendekatan yang digunakan dalam program penyuluhan kolonial seringkali bersifat *top-down* dan didasarkan pada asumsi bahwa pengetahuan ilmiah dari negara kolonial lebih unggul dibandingkan dengan pengetahuan lokal petani. Akibatnya, penyuluhan pada masa ini sering berfungsi sebagai instrumen untuk mengintegrasikan sistem pertanian lokal ke dalam sistem ekonomi kolonial.

b. Kelahiran Sistem Penyuluhan Modern

   Perkembangan sistem penyuluhan modern semakin dipercepat dengan munculnya sistem penyuluhan berbasis universitas di Amerika Serikat pada akhir abad ke-19. Pada tahun

1862, pemerintah Amerika Serikat mengesahkan Morrill Act yang mendirikan jaringan universitas *land-grant* dengan tujuan mengembangkan pendidikan dan penelitian di bidang pertanian dan teknik.

Universitas *land-grant* kemudian memainkan peran penting dalam pengembangan sistem penyuluhan pertanian melalui program *Cooperative Extension Service* yang diperkenalkan melalui *Smith-Lever Act* tahun 1914. Sistem ini menciptakan hubungan kelembagaan antara universitas, pemerintah, dan komunitas petani untuk memfasilitasi penyebaran pengetahuan pertanian. Model *cooperative extension* ini kemudian menjadi salah satu model penyuluhan yang paling berpengaruh di dunia dan diadopsi oleh banyak negara dalam berbagai bentuk yang berbeda (Swanson, 2008)

c. Pembentukan Paradigma *Transfer of Technology*

Dalam perkembangan awal sistem penyuluhan modern, inovasi pertanian dipahami melalui paradigma yang sangat dipengaruhi oleh pendekatan ilmiah positivistik. Pengetahuan ilmiah dipandang sebagai sumber utama inovasi pertanian, sementara petani ditempatkan sebagai pengguna teknologi yang perlu diarahkan untuk mengadopsi praktik pertanian yang lebih efisien.

Paradigma ini kemudian melahirkan model komunikasi inovasi yang dikenal sebagai *Transfer of Technology* (ToT). Model ini didasarkan pada asumsi bahwa inovasi pertanian mengikuti proses linear yang terdiri dari tiga tahap utama, yaitu:

a) Penelitian ilmiah menghasilkan teknologi baru,
b) Penyuluh menyampaikan teknologi tersebut kepada petani, dan
c) Petani mengadopsi teknologi tersebut dalam praktik produksi.

Dalam model ini, komunikasi inovasi bersifat satu arah dari peneliti menuju petani. Rivera dkk. (2001) menjelaskan bahwa model ToT mencerminkan pandangan modernisasi yang dominan dalam kebijakan pembangunan pada pertengahan abad ke-20, di mana pembangunan pertanian dipahami sebagai proses difusi teknologi dari negara maju ke negara berkembang.

d. Difusi Inovasi dan Legitimasi Model ToT

Model ToT juga diperkuat oleh teori *Diffusion of Innovations* yang dikembangkan oleh Everett Rogers pada tahun 1960-an. Teori ini menjelaskan bagaimana inovasi teknologi menyebar dalam suatu sistem sosial melalui proses komunikasi antar individu. Rogers menunjukkan bahwa adopsi inovasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti karakteristik teknologi, struktur sosial komunitas, serta peran agen perubahan. Dalam konteks penyuluhan pertanian, penyuluh diposisikan sebagai change agents yang bertugas mempercepat proses difusi inovasi di kalangan petani. Teori ini memberikan legitimasi ilmiah bagi pendekatan ToT dan menjadi landasan bagi banyak program penyuluhan pertanian di berbagai negara (Rivera dkk., 2001)

e. Institusionalisasi Penyuluhan dalam Sistem Pembangunan

Pada pertengahan abad ke-20, model penyuluhan berbasis transfer teknologi menjadi bagian penting dari strategi pembangunan pertanian di banyak negara berkembang. Berbagai lembaga internasional seperti FAO, Bank Dunia, dan lembaga donor bilateral mulai mendukung pengembangan sistem penyuluhan nasional sebagai bagian dari program pembangunan pertanian. Dalam konteks ini, penyuluhan dipandang sebagai instrumen penting untuk meningkatkan produktivitas pertanian melalui penyebaran teknologi modern kepada petani. Model ini juga berkaitan dengan agenda modernisasi pertanian yang lebih luas, termasuk program intensifikasi produksi pangan seperti yang terjadi dalam Green Revolution (Pingali, 2012)

Namun pendekatan ini juga menciptakan struktur penyuluhan yang sangat terpusat dan birokratis. Dalam banyak kasus, sistem penyuluhan nasional dirancang sebagai lembaga pemerintah yang bertanggung jawab untuk menyampaikan teknologi kepada petani melalui jaringan penyuluh lapangan (Rivera dkk., 2001)

f. Kritik terhadap Model *Transfer of Technology*

Meskipun model ToT berhasil meningkatkan produktivitas pertanian dalam beberapa konteks, pendekatan ini juga mendapat kritik yang semakin kuat dari para peneliti pembangunan. Salah satu kritik utama adalah bahwa model ToT cenderung mengabaikan

pengetahuan lokal yang dimiliki oleh petani. Petani tidak hanya berperan sebagai pengguna teknologi, tetapi juga sebagai produsen pengetahuan yang memiliki pengalaman praktis dalam mengelola sistem pertanian. Pendekatan ToT yang bersifat top-down seringkali gagal memahami kompleksitas sistem pertanian lokal serta kebutuhan spesifik petani. Akibatnya, banyak teknologi yang diperkenalkan melalui program penyuluhan tidak diadopsi secara luas oleh petani (Rivera dkk., 2001)

g. Menuju Transformasi Paradigma Penyuluhan
   Kritik terhadap model ToT membuka jalan bagi munculnya paradigma baru dalam sistem penyuluhan pertanian. Peneliti mulai menyadari bahwa inovasi pertanian tidak dapat dipahami hanya sebagai proses transfer teknologi dari laboratorium ke lahan, tetapi sebagai proses pembelajaran sosial yang melibatkan berbagai aktor dalam sistem pertanian.

   Paradigma baru ini kemudian melahirkan berbagai pendekatan partisipatif dalam penyuluhan pertanian yang menekankan pentingnya keterlibatan petani dalam proses inovasi. Pendekatan ini juga mendorong munculnya sistem penyuluhan yang lebih pluralistik, yang melibatkan berbagai aktor seperti organisasi petani, lembaga penelitian, sektor swasta, dan organisasi masyarakat sipil (Swanson, 2008)

h. Kesimpulan: Fondasi Historis Penyuluhan Modern
   Analisis genealogis terhadap sejarah penyuluhan pertanian menunjukkan bahwa institusi ini berkembang melalui interaksi antara perkembangan ilmu pengetahuan, kebutuhan ekonomi, dan kebijakan pembangunan. Model Transfer of Technology yang lahir dalam konteks modernisasi pertanian memberikan fondasi awal bagi sistem penyuluhan modern, tetapi juga menciptakan berbagai keterbatasan yang kemudian mendorong munculnya paradigma baru dalam penyuluhan. Memahami sejarah ini menjadi penting untuk menjelaskan bagaimana sistem penyuluhan pertanian terus mengalami transformasi dalam merespons perubahan dalam sistem pertanian global.

Revolusi Hijau sebagai Titik Balik Modernisasi Pertanian

Periode yang dikenal sebagai Revolusi Hijau merupakan salah satu fase paling menentukan dalam sejarah modernisasi pertanian global. Dimulai pada pertengahan abad ke-20, Revolusi Hijau memperkenalkan serangkaian inovasi teknologi yang dirancang untuk meningkatkan produktivitas pertanian melalui penggunaan varietas unggul berdaya hasil tinggi (*high-yielding varieties*), pupuk kimia, pestisida sintetis, serta sistem irigasi yang lebih intensif. Revolusi ini muncul dalam konteks kekhawatiran global terhadap potensi krisis pangan yang diakibatkan oleh pertumbuhan populasi dunia yang sangat cepat setelah Perang Dunia II. Banyak ekonom pembangunan pada masa itu memprediksi bahwa produksi pangan global tidak akan mampu mengikuti laju pertumbuhan populasi, sehingga ancaman kelaparan massal dianggap sebagai tantangan terbesar bagi stabilitas ekonomi dan politik dunia.

Dalam situasi tersebut, inovasi teknologi pertanian dipandang sebagai solusi utama untuk meningkatkan produksi pangan secara cepat. Lembaga-lembaga penelitian internasional seperti *International Rice Research Institute* (IRRI) dan CIMMYT memainkan peran penting dalam mengembangkan varietas padi dan gandum yang memiliki potensi hasil yang jauh lebih tinggi dibandingkan varietas tradisional. Pingali, (2012) menunjukkan bahwa Revolusi Hijau berhasil meningkatkan produksi pangan global secara signifikan, terutama di Asia Selatan dan Asia Tenggara. Negara-negara seperti India, Pakistan, dan Indonesia mengalami peningkatan produksi padi dan gandum yang dramatis dalam beberapa dekade setelah adopsi teknologi Revolusi Hijau.

Namun keberhasilan tersebut juga diiringi oleh berbagai kritik yang menyoroti dampak sosial, ekonomi, dan ekologis dari pendekatan pembangunan pertanian yang sangat berorientasi pada teknologi.

a. Paradigma Teknologi-Sentris dalam Revolusi Hijau
   Salah satu karakteristik utama Revolusi Hijau adalah dominasi paradigma pembangunan yang bersifat teknologi-sentris. Dalam paradigma ini, peningkatan produktivitas pertanian dipandang terutama sebagai masalah teknis yang dapat diselesaikan melalui inovasi teknologi. Pendekatan ini berakar pada keyakinan modernisasi bahwa kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi merupakan kunci utama bagi pembangunan ekonomi. Dalam

konteks pertanian, para ilmuwan agronomi berupaya mengembangkan varietas tanaman yang memiliki potensi hasil tinggi ketika dikombinasikan dengan penggunaan pupuk kimia dan irigasi yang memadai.

Model ini kemudian dikenal sebagai paket teknologi Revolusi Hijau, yang terdiri dari beberapa komponen utama: varietas unggul berdaya hasil tinggi, pupuk kimia, pestisida sintetis,irigasi intensif, mekanisasi pertanian. Keberhasilan teknologi ini dalam meningkatkan produksi pangan memperkuat keyakinan bahwa modernisasi pertanian harus didorong melalui difusi teknologi dari lembaga penelitian kepada petani. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan pertanian memainkan peran penting sebagai mekanisme untuk mempercepat penyebaran teknologi Revolusi Hijau kepada petani.

b. Penyuluhan sebagai Instrumen Difusi Teknologi Revolusi Hijau
Dalam banyak negara berkembang, program Revolusi Hijau diimplementasikan melalui sistem penyuluhan pertanian yang dirancang untuk menyebarkan paket teknologi baru kepada petani. Penyuluh lapangan bertugas memperkenalkan varietas unggul, memberikan pelatihan mengenai penggunaan pupuk dan pestisida, serta memantau proses adopsi teknologi di tingkat petani. Model penyuluhan yang digunakan dalam periode ini sangat dipengaruhi oleh paradigma *Transfer of Technology* (ToT) yang telah dibahas sebelumnya. Dalam model ini, inovasi pertanian dianggap berasal dari lembaga penelitian dan kemudian disampaikan kepada petani melalui penyuluh sebagai agen perubahan.

Sistem penyuluhan yang mendukung Revolusi Hijau seringkali bersifat sangat terpusat dan birokratis. Pemerintah memainkan peran dominan dalam merancang dan mengimplementasikan program penyuluhan, sementara petani diposisikan sebagai penerima teknologi yang perlu diarahkan untuk mengadopsi praktik pertanian modern. Pendekatan ini terbukti efektif dalam mempercepat penyebaran teknologi Revolusi Hijau di berbagai negara.

c. Keberhasilan Revolusi Hijau dalam Meningkatkan Produksi Pangan
Dari perspektif produksi pangan, Revolusi Hijau sering dianggap sebagai salah satu keberhasilan terbesar dalam sejarah pembangunan pertanian. Pingali, (2012) menunjukkan bahwa produksi gandum di India meningkat lebih dari dua kali lipat dalam beberapa dekade setelah adopsi varietas unggul. Demikian pula produksi padi di berbagai negara Asia mengalami peningkatan signifikan. Keberhasilan ini memiliki dampak besar terhadap ketahanan pangan global. Banyak negara yang sebelumnya bergantung pada impor pangan berhasil mencapai tingkat swasembada atau bahkan menjadi eksportir pangan. Selain itu, peningkatan produktivitas pertanian juga berkontribusi terhadap penurunan harga pangan global, yang membantu meningkatkan akses masyarakat terhadap pangan. Namun keberhasilan tersebut tidak terdistribusi secara merata di seluruh wilayah dan kelompok sosial.

d. Ketimpangan Sosial dalam Adopsi Teknologi Revolusi Hijau
Salah satu kritik utama terhadap Revolusi Hijau adalah bahwa manfaat teknologi baru seringkali lebih banyak dinikmati oleh petani yang memiliki akses terhadap sumber daya ekonomi yang lebih besar. Teknologi Revolusi Hijau memerlukan investasi yang cukup besar dalam bentuk pupuk, pestisida, dan irigasi. Petani yang memiliki lahan luas dan akses terhadap kredit pertanian lebih mampu mengadopsi teknologi tersebut dibandingkan petani kecil yang memiliki keterbatasan sumber daya. Akibatnya, Revolusi Hijau seringkali memperkuat ketimpangan ekonomi di sektor pertanian. Di beberapa wilayah, petani kecil yang tidak mampu mengadopsi teknologi baru mengalami penurunan daya saing dan bahkan kehilangan akses terhadap lahan pertanian. Kondisi ini menunjukkan bahwa inovasi teknologi tidak selalu menghasilkan manfaat yang merata bagi seluruh kelompok petani.

e. Marginalisasi Pengetahuan Lokal Petani
Selain menciptakan ketimpangan sosial, Revolusi Hijau juga mendapat kritik karena marginalisasi pengetahuan lokal petani. Pendekatan teknologi-sentris yang dominan dalam Revolusi Hijau seringkali mengabaikan praktik pertanian tradisional yang telah dikembangkan oleh petani selama berabad-abad. Pengetahuan lokal mengenai pengelolaan tanah, pemilihan varietas tanaman, serta adaptasi terhadap kondisi

lingkungan seringkali tidak dianggap sebagai sumber inovasi yang penting. Sebaliknya, pengetahuan ilmiah dari lembaga penelitian diposisikan sebagai sumber utama teknologi pertanian. Pendekatan ini menciptakan hierarki pengetahuan yang menempatkan ilmuwan sebagai produsen pengetahuan dan petani sebagai pengguna teknologi. Banyak peneliti kemudian menunjukkan bahwa pengetahuan lokal petani memiliki nilai yang sangat penting dalam pengelolaan sistem pertanian yang kompleks dan beragam.

f. Dampak Ekologis Revolusi Hijau
   Selain dampak sosial, Revolusi Hijau juga menimbulkan berbagai konsekuensi ekologis yang signifikan. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida secara intensif seringkali menyebabkan degradasi tanah dan pencemaran lingkungan. Selain itu, sistem pertanian monokultur yang dikembangkan dalam Revolusi Hijau seringkali mengurangi keanekaragaman hayati dalam sistem pertanian. Beberapa wilayah juga mengalami masalah serius terkait dengan penggunaan air irigasi yang berlebihan, yang menyebabkan penurunan kualitas tanah dan salinisasi. Masalah-masalah ini memicu perdebatan mengenai keberlanjutan model pertanian yang sangat bergantung pada input kimia dan teknologi intensif.
g. Kritik Akademik terhadap Paradigma Teknologi-Sentris
   Seiring dengan meningkatnya kesadaran terhadap berbagai dampak sosial dan ekologis Revolusi Hijau, semakin banyak peneliti yang mengkritik paradigma pembangunan pertanian yang terlalu berfokus pada teknologi. Para peneliti dalam bidang sosiologi pertanian dan komunikasi pembangunan mulai menekankan bahwa inovasi pertanian tidak dapat dipahami hanya sebagai masalah teknis, tetapi juga sebagai proses sosial yang melibatkan interaksi antara berbagai aktor dalam sistem pertanian. Pendekatan ini kemudian membuka jalan bagi munculnya paradigma baru dalam penyuluhan pertanian yang menekankan pentingnya partisipasi petani dalam proses inovasi.
h. Warisan Revolusi Hijau bagi Sistem Penyuluhan Modern
   Meskipun Revolusi Hijau mendapat berbagai kritik, periode ini tetap memberikan warisan penting bagi perkembangan sistem penyuluhan pertanian modern. Revolusi Hijau menunjukkan bahwa sistem penyuluhan dapat memainkan peran penting dalam mempercepat difusi inovasi teknologi dalam sektor pertanian. Namun pengalaman ini juga menunjukkan bahwa pendekatan penyuluhan yang terlalu berorientasi pada transfer teknologi memiliki keterbatasan dalam menghadapi kompleksitas sistem pertanian. Pengalaman tersebut menjadi salah satu faktor yang mendorong munculnya pendekatan penyuluhan yang lebih partisipatif pada dekade berikutnya.
i. Kesimpulan: Dari Teknologi ke Partisipasi
   Era Revolusi Hijau merupakan fase penting dalam sejarah modernisasi pertanian global. Keberhasilan teknologi Revolusi Hijau dalam meningkatkan produksi pangan menunjukkan potensi besar inovasi ilmiah dalam mendukung ketahanan pangan global. Namun pengalaman ini juga mengungkap berbagai keterbatasan pendekatan pembangunan yang terlalu berorientasi pada teknologi. Kritik terhadap paradigma teknologi-sentris membuka jalan bagi munculnya pendekatan baru dalam sistem penyuluhan yang lebih menekankan partisipasi petani dan integrasi pengetahuan lokal. Transformasi ini menjadi dasar bagi munculnya paradigma penyuluhan partisipatif yang akan dibahas pada bagian berikutnya.

Krisis Paradigma *Transfer of Technology*

Kritik yang semakin menguat terhadap pendekatan teknologi-sentris dalam Revolusi Hijau membuka ruang bagi munculnya refleksi akademik yang lebih mendalam mengenai bagaimana inovasi pertanian sebenarnya terjadi dalam praktik. Pada akhir 1970-an hingga 1980-an, para peneliti pembangunan mulai menyadari bahwa model *Transfer of Technology* (ToT) yang bersifat linear tidak mampu menjelaskan kompleksitas interaksi antara petani, penyuluh, peneliti, dan institusi lainnya dalam sistem pertanian.

Model ToT mengasumsikan bahwa inovasi selalu berasal dari lembaga penelitian dan kemudian disalurkan kepada petani melalui penyuluh sebagai agen perubahan. Namun berbagai studi empiris menunjukkan bahwa realitas inovasi pertanian jauh lebih kompleks. Petani seringkali melakukan eksperimen sendiri, memodifikasi teknologi yang diperkenalkan

oleh peneliti, serta mengembangkan praktik-praktik pertanian yang sangat kontekstual terhadap kondisi lingkungan dan sosial setempat. Kesadaran akan keterbatasan paradigma ToT memicu munculnya berbagai pendekatan baru dalam komunikasi pembangunan pertanian yang menempatkan petani sebagai aktor aktif dalam proses inovasi. Dalam konteks ini, dua konsep yang sangat berpengaruh dalam evolusi penyuluhan pertanian adalah paradigma "*Farmer First*" dan kerangka Agricultural Knowledge and Information Systems (AKIS). Kedua pendekatan ini memainkan peran penting dalam menggeser paradigma penyuluhan dari model komunikasi satu arah menuju sistem inovasi yang lebih partisipatif, kolaboratif, dan berbasis jaringan.

a. Lahirnya Paradigma *Farmer First*

   Konsep Farmer First muncul sebagai kritik terhadap dominasi pendekatan ilmiah yang terlalu menempatkan peneliti sebagai pusat produksi pengetahuan dalam sistem pertanian. Robert Chambers dan para koleganya menjadi tokoh penting dalam pengembangan pendekatan ini pada akhir 1980-an. Dalam karya klasik *Farmer First: Farmer Innovation and Agricultural Research* (Chambers dkk., 1989), para penulis berargumen bahwa pembangunan pertanian selama ini terlalu berfokus pada transfer teknologi dari lembaga penelitian kepada petani, sementara pengalaman dan pengetahuan lokal petani seringkali diabaikan.

   Pendekatan *Farmer First* menekankan bahwa petani bukan sekadar penerima teknologi, melainkan aktor inovasi yang memiliki kapasitas untuk mengembangkan solusi terhadap masalah pertanian yang mereka hadapi. Petani seringkali memiliki pengetahuan yang sangat mendalam mengenai kondisi agroekologi lokal, termasuk variasi tanah, pola curah hujan, serta dinamika hama dan penyakit tanaman. Pengetahuan ini seringkali tidak terdokumentasi dalam literatur ilmiah, tetapi sangat penting dalam praktik pertanian sehari-hari. Paradigma *Farmer First* berupaya mengubah hubungan antara peneliti dan petani dari hubungan hierarkis menjadi hubungan kolaboratif. Dalam pendekatan ini, peneliti tidak lagi diposisikan sebagai sumber utama pengetahuan, tetapi sebagai mitra dalam proses pembelajaran bersama dengan petani.

b. Metodologi Partisipatif dalam Penelitian Pertanian

   Pendekatan *Farmer First* juga memicu perkembangan berbagai metodologi penelitian partisipatif dalam bidang pertanian. Salah satu pendekatan yang berkembang dalam konteks ini adalah *Participatory Rural Appraisal* (PRA), yang dirancang untuk melibatkan masyarakat lokal secara aktif dalam proses analisis dan perencanaan pembangunan. Metodologi partisipatif ini memungkinkan petani untuk berperan aktif dalam mengidentifikasi masalah yang mereka hadapi, merancang solusi yang sesuai dengan kondisi lokal, serta mengevaluasi hasil dari inovasi yang mereka kembangkan. Pendekatan ini berbeda secara fundamental dengan metode penelitian konvensional yang seringkali memposisikan petani sebagai objek penelitian. Dengan melibatkan petani sebagai mitra dalam penelitian, pendekatan partisipatif memungkinkan pengembangan teknologi yang lebih sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lokal. Selain itu, pendekatan ini juga memperkuat kapasitas petani untuk berinovasi secara mandiri.

c. Agricultural Knowledge and Information Systems (AKIS)

   Sementara paradigma *Farmer First* berkembang dalam konteks kritik terhadap hubungan antara peneliti dan petani, konsep *Agricultural Knowledge and Information Systems* (AKIS) muncul sebagai upaya untuk memahami sistem inovasi pertanian secara lebih luas. Konsep AKIS diperkenalkan oleh Röling, (1988) untuk menggambarkan jaringan institusi dan aktor yang terlibat dalam produksi, penyebaran, dan penggunaan pengetahuan dalam sektor pertanian. Dalam kerangka AKIS, inovasi pertanian dipahami sebagai hasil dari interaksi antara berbagai aktor, termasuk: petani, penyuluh, peneliti, universitas, lembaga pemerintah, sektor swasta. Pendekatan ini menekankan bahwa inovasi tidak terjadi dalam sistem linear, tetapi dalam jaringan interaksi yang kompleks. Dengan demikian, peran penyuluhan tidak lagi dipahami hanya sebagai penyampai teknologi, tetapi sebagai bagian dari sistem komunikasi yang lebih luas yang menghubungkan berbagai sumber pengetahuan.

d. Transformasi Peran Penyuluh dalam Sistem AKIS
   Dalam kerangka AKIS, peran penyuluh mengalami transformasi yang signifikan. Jika dalam model ToT penyuluh berfungsi terutama sebagai penyampai teknologi dari peneliti kepada petani, dalam sistem AKIS penyuluh memiliki peran yang jauh lebih kompleks. Penyuluh menjadi fasilitator komunikasi antara berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Mereka membantu menghubungkan petani dengan peneliti, organisasi petani, serta berbagai sumber informasi lainnya. Selain itu, penyuluh juga memainkan peran penting dalam memfasilitasi proses pembelajaran kolektif dalam komunitas petani. Peran ini menjadikan penyuluh sebagai mediator pengetahuan yang membantu menerjemahkan pengetahuan ilmiah menjadi praktik yang relevan bagi petani, sekaligus menyampaikan pengalaman petani kepada peneliti.
e. Penguatan Pendekatan Partisipatif dalam Penyuluhan
   Perkembangan paradigma partisipatif juga melahirkan berbagai inovasi dalam metode penyuluhan pertanian. Salah satu contoh yang paling terkenal adalah *pendekatan Farmer Field School* (FFS) yang dikembangkan oleh FAO pada akhir 1980-an. Dalam pendekatan ini, petani belajar melalui proses eksperimen langsung di lapangan. Penyuluh berperan sebagai fasilitator yang membantu petani menganalisis kondisi tanaman, mengidentifikasi masalah, serta mengevaluasi hasil dari berbagai praktik budidaya. Pendekatan ini menekankan pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) serta diskusi kelompok sebagai mekanisme utama dalam proses pembelajaran. Pendekatan seperti *Farmer Field School* dapat meningkatkan kemampuan petani dalam memahami sistem pertanian serta meningkatkan kapasitas mereka untuk membuat keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan usaha tani.
f. Kritik terhadap Pendekatan Partisipatif
   Meskipun paradigma partisipatif memberikan kontribusi penting dalam mengubah cara pandang terhadap inovasi pertanian, pendekatan ini juga menghadapi berbagai kritik. Salah satu kritik utama adalah bahwa pendekatan partisipatif seringkali membutuhkan waktu dan sumber daya yang cukup besar untuk diimplementasikan secara efektif. Program penyuluhan berbasis partisipasi intensif seperti *Farmer Field School* memerlukan interaksi tatap muka yang berkelanjutan antara penyuluh dan kelompok petani. Dalam konteks sistem penyuluhan nasional yang memiliki keterbatasan jumlah tenaga penyuluh, pendekatan ini seringkali sulit diterapkan dalam skala besar. Selain itu, beberapa peneliti juga menunjukkan bahwa partisipasi masyarakat dalam program pembangunan seringkali bersifat simbolis dan tidak selalu menghasilkan perubahan dalam struktur kekuasaan dalam komunitas pedesaan.
g. Dari AKIS menuju *Agricultural Innovation Systems*
   Meskipun konsep AKIS memberikan kontribusi penting dalam memahami dinamika pengetahuan dalam sektor pertanian, kerangka ini kemudian berkembang lebih lanjut menjadi konsep *Agricultural Innovation Systems* (AIS). AIS memperluas fokus analisis dari sekadar aliran informasi menuju analisis mengenai interaksi kelembagaan yang mempengaruhi proses inovasi. Pendekatan ini menekankan bahwa inovasi tidak hanya bergantung pada ketersediaan pengetahuan, tetapi juga pada struktur kelembagaan yang memungkinkan berbagai aktor dalam sistem pertanian untuk berkolaborasi. Transformasi ini menjadi salah satu fondasi bagi pendekatan penyuluhan modern yang lebih menekankan jaringan inovasi dibandingkan model transfer teknologi linear.
h. Signifikansi Historis Paradigma Partisipatif
   Munculnya paradigma *Farmer First* dan AKIS menandai titik penting dalam evolusi sistem penyuluhan pertanian global. Pendekatan ini menggeser cara pandang terhadap petani dari sekadar penerima teknologi menjadi mitra dalam proses inovasi. Selain itu, paradigma ini juga memperluas pemahaman mengenai peran penyuluhan dalam sistem pertanian. Penyuluhan tidak lagi dipahami hanya sebagai mekanisme transfer teknologi, tetapi sebagai bagian dari sistem komunikasi yang memungkinkan interaksi antara berbagai sumber pengetahuan.

i. Kesimpulan: Menuju Ekosistem Inovasi Pertanian
Perkembangan paradigma partisipatif dalam penyuluhan pertanian menunjukkan bahwa inovasi tidak dapat dipahami hanya sebagai proses teknis, tetapi juga sebagai proses sosial yang melibatkan berbagai aktor dalam sistem pertanian. Pendekatan *Farmer First* dan AKIS membuka jalan bagi pemahaman yang lebih komprehensif mengenai bagaimana pengetahuan pertanian diproduksi, disebarkan, dan digunakan dalam praktik. Transformasi ini menjadi langkah penting menuju model penyuluhan yang lebih pluralistik dan berbasis jaringan. Pada tahap berikutnya, perkembangan teknologi digital dan sistem informasi pertanian akan kembali mengubah lanskap sistem penyuluhan global, memunculkan tantangan dan peluang baru bagi peran penyuluhan dalam ekosistem inovasi pertanian.

Digitalisasi sebagai Titik Transformasi Baru

Memasuki abad ke-21, sistem pertanian global mengalami transformasi struktural yang semakin dipercepat oleh perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Kemajuan dalam bidang internet, telekomunikasi seluler, komputasi awan, kecerdasan buatan, serta analitik data besar telah membuka kemungkinan baru dalam pengelolaan sistem produksi pangan. Teknologi digital kini tidak hanya memengaruhi cara petani mengakses informasi, tetapi juga membentuk kembali cara pengetahuan pertanian diproduksi, disebarkan, dan digunakan.

Transformasi ini sering disebut sebagai digitalisasi pertanian atau *Agriculture* 4.0, sebuah paradigma yang menekankan integrasi antara teknologi digital, sistem data, dan proses produksi pertanian. Dalam paradigma ini, informasi menjadi salah satu sumber daya strategis yang dapat meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi risiko usaha tani, serta memperkuat hubungan antara petani dan pasar.

Namun digitalisasi pertanian tidak hanya membawa perubahan teknologi; ia juga memicu transformasi mendasar dalam sistem penyuluhan pertanian. Jika pada era sebelumnya penyuluh berfungsi sebagai instruktur yang menyampaikan teknologi kepada petani, dalam era digital penyuluh dihadapkan pada lingkungan pengetahuan yang jauh lebih kompleks dan terdistribusi.

Dalam konteks ini, peran penyuluh mengalami reposisi yang signifikan: dari penyampai teknologi menjadi broker inovasi yang menghubungkan berbagai sumber pengetahuan dalam ekosistem pertanian digital.

a. Revolusi Teknologi Informasi dalam Sektor Pertanian
Perkembangan teknologi informasi telah mengubah lanskap komunikasi dalam sektor pertanian secara fundamental. Sebelum era digital, akses petani terhadap informasi pertanian sangat bergantung pada interaksi langsung dengan penyuluh atau lembaga pemerintah. Informasi mengenai teknik budidaya, harga pasar, atau prakiraan cuaca seringkali disampaikan melalui pertemuan kelompok tani, media cetak, atau siaran radio. Namun dengan munculnya internet dan telepon seluler, petani kini memiliki akses terhadap berbagai sumber informasi yang sebelumnya sulit dijangkau. Platform digital memungkinkan petani untuk memperoleh informasi secara cepat dan dalam jumlah yang sangat besar.

Beberapa bentuk teknologi digital yang berkembang dalam sektor pertanian meliputi: aplikasi *mobile* pertanian, sistem prakiraan cuaca berbasis satelit, platform pemasaran digital sistem manajemen pertanian berbasis data, kecerdasan buatan untuk diagnosis penyakit tanaman Teknologi ini menciptakan peluang baru bagi peningkatan produktivitas pertanian serta penguatan posisi petani dalam rantai nilai pangan. Namun keberlimpahan informasi digital juga menciptakan tantangan baru terkait dengan validitas, relevansi, dan interpretasi informasi tersebut.

b. ICT4Ag dan Transformasi Sistem Penyuluhan
Integrasi teknologi informasi dalam sektor pertanian sering disebut *sebagai Information and Communication Technologies for Agriculture* (ICT4Ag). Konsep ini merujuk pada penggunaan teknologi digital untuk mendukung berbagai aspek dalam sistem pertanian, termasuk produksi, pemasaran, serta penyebaran informasi pertanian. ICT4Ag telah membuka peluang untuk memperluas jangkauan sistem penyuluhan secara signifikan.

Melalui platform digital, informasi pertanian dapat disampaikan kepada jutaan petani dalam waktu yang sangat singkat.

Sebagai contoh, sistem penyuluhan berbasis SMS telah digunakan di berbagai negara untuk memberikan informasi mengenai harga pasar, prakiraan cuaca, serta rekomendasi budidaya tanaman. Selain itu, aplikasi *mobile* pertanian juga memungkinkan petani untuk mengakses informasi teknis secara mandiri tanpa harus menunggu kunjungan penyuluh. Teknologi digital tidak selalu menggantikan peran penyuluhan konvensional. Sebaliknya, teknologi ini seringkali berfungsi sebagai pelengkap yang memperkuat sistem penyuluhan yang sudah ada.

c. Kompleksitas Ekosistem Pengetahuan Digital
Perkembangan teknologi digital juga mengubah struktur sistem pengetahuan dalam sektor pertanian. Jika sebelumnya sistem penyuluhan didominasi oleh lembaga pemerintah dan lembaga penelitian, dalam era digital berbagai aktor baru mulai memainkan peran penting dalam produksi dan penyebaran informasi pertanian. Aktor-aktor tersebut meliputi: perusahaan teknologi pertanian (*AgTech*), perusahaan telekomunikasi, organisasi non-pemerintah, platform media social, komunitas petani digital. Keberagaman aktor ini menciptakan ekosistem pengetahuan pertanian yang semakin pluralistik. Dalam ekosistem ini, informasi pertanian tidak lagi mengalir secara linear dari peneliti ke petani, tetapi beredar melalui jaringan interaksi yang kompleks antara berbagai aktor. Kondisi ini menuntut adanya mekanisme yang mampu menghubungkan berbagai sumber pengetahuan tersebut secara efektif.

d. Konsep Innovation Broker dalam Sistem Inovasi Pertanian
Dalam konteks sistem inovasi yang semakin kompleks, muncul kebutuhan akan aktor yang mampu memfasilitasi interaksi antara berbagai pihak dalam ekosistem inovasi. Konsep innovation broker diperkenalkan untuk menggambarkan peran aktor yang membantu menghubungkan berbagai sumber pengetahuan dalam proses inovasi. Klerkx, Hall, dan Leeuwis (2012) menjelaskan bahwa innovation broker berfungsi sebagai mediator yang membantu membangun jaringan kolaborasi antara berbagai aktor dalam sistem inovasi. Peran ini meliputi beberapa fungsi utama: menghubungkan aktor yang memiliki pengetahuan atau sumber daya yang berbeda, memfasilitasi pertukaran informasi dalam jaringan inovasi, membantu menerjemahkan pengetahuan ilmiah menjadi praktik yang dapat diterapkan, mengidentifikasi peluang kolaborasi dalam pengembangan inovasi. Dalam konteks pertanian digital, penyuluh memiliki posisi strategis untuk menjalankan fungsi ini.

e. Penyuluh sebagai Broker Pengetahuan
Reposisi penyuluh sebagai innovation broker mencerminkan perubahan mendasar dalam cara kita memahami peran penyuluhan pertanian. Dalam model tradisional, penyuluh dipandang sebagai instruktur yang menyampaikan teknologi kepada petani. Namun dalam sistem inovasi yang berbasis jaringan, penyuluh lebih berperan sebagai fasilitator komunikasi antara berbagai sumber pengetahuan. Sebagai broker inovasi, penyuluh membantu petani mengakses informasi dari berbagai sumber, termasuk lembaga penelitian, perusahaan teknologi, serta jaringan petani lainnya. Selain itu, penyuluh juga membantu memastikan bahwa informasi yang diperoleh petani relevan dengan kondisi lokal serta dapat diterapkan dalam praktik usaha tani. Peran ini menjadikan penyuluh sebagai mediator penting dalam proses transformasi pengetahuan dari sains global menjadi praktik lokal.

f. Tantangan Kapasitas Penyuluhan di Era Digital
Reposisi peran penyuluh sebagai broker inovasi juga menimbulkan tantangan baru dalam pengembangan kapasitas sumber daya manusia dalam sistem penyuluhan. Penyuluh kini dituntut untuk memiliki keterampilan yang jauh lebih luas dibandingkan dengan era sebelumnya. Beberapa kompetensi baru yang diperlukan meliputi: literasi digital, kemampuan analisis data pertanian, keterampilan komunikasi jaringan, fasilitasi pembelajaran kolaboratif, pemahaman mengenai ekosistem inovasi pertanian. Tanpa peningkatan kapasitas yang memadai, penyuluh mungkin mengalami kesulitan dalam menjalankan peran baru mereka dalam sistem pertanian digital.

g. Digitalisasi dan Risiko Ketimpangan Informasi
   Meskipun digitalisasi pertanian menawarkan berbagai peluang, perkembangan ini juga menciptakan risiko baru terkait dengan ketimpangan akses terhadap informasi. Tidak semua petani memiliki akses yang sama terhadap teknologi digital. Kesenjangan dalam akses internet, literasi digital, serta kemampuan ekonomi dapat menciptakan digital divide yang memperlebar ketimpangan dalam sistem pertanian. Petani yang memiliki akses terhadap teknologi digital dan jaringan informasi yang luas cenderung lebih mampu memanfaatkan peluang yang muncul dalam ekonomi pertanian modern. Sebaliknya, petani kecil yang tidak memiliki akses terhadap teknologi tersebut berisiko semakin tertinggal. Dalam situasi ini, penyuluhan pertanian memiliki peran penting dalam memastikan bahwa digitalisasi pertanian tidak memperburuk ketimpangan sosial di pedesaan.
h. Menuju Sistem Penyuluhan Berbasis Jaringan
   Transformasi digital dalam sektor pertanian menunjukkan bahwa masa depan sistem penyuluhan tidak lagi dapat dipahami sebagai sistem birokratis yang terpusat. Sebaliknya, penyuluhan perlu dikembangkan sebagai bagian dari ekosistem inovasi berbasis jaringan yang menghubungkan berbagai aktor dalam sistem pertanian. Dalam sistem ini, penyuluh berperan sebagai penghubung antara berbagai sumber pengetahuan, termasuk lembaga penelitian, perusahaan teknologi, organisasi petani, serta lembaga pemerintah. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan menjadi lebih adaptif terhadap perubahan teknologi dan dinamika pasar.
i. Kesimpulan: Penyuluhan dalam Era Ekosistem Inovasi
   Transisi menuju era digital menandai fase baru dalam evolusi sistem penyuluhan pertanian. Perkembangan teknologi informasi telah menciptakan lingkungan pengetahuan yang lebih kompleks dan terdistribusi. Dalam konteks ini, peran penyuluh tidak lagi terbatas pada penyampaian teknologi, tetapi berkembang menjadi fasilitator jaringan inovasi yang menghubungkan berbagai sumber pengetahuan dalam ekosistem pertanian. Reposisi ini menegaskan bahwa masa depan penyuluhan pertanian tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada kemampuan sistem kelembagaan untuk mengelola interaksi antara berbagai aktor dalam sistem inovasi. Transformasi ini menjadi landasan penting bagi pengembangan model penyuluhan yang lebih adaptif dan inklusif dalam menghadapi tantangan pertanian abad ke-21.

Penyuluhan sebagai Institusi yang Terus Berevolusi

Sejarah perkembangan penyuluhan pertanian menunjukkan bahwa institusi ini tidak pernah bersifat statis. Sebaliknya, sistem penyuluhan terus mengalami transformasi seiring dengan perubahan dalam ilmu pengetahuan, teknologi, struktur ekonomi, serta dinamika sosial di pedesaan. Dari perspektif historis, evolusi penyuluhan dapat dipahami sebagai respons terhadap tantangan yang dihadapi oleh sistem pertanian dalam setiap periode pembangunan.

Pada tahap awal perkembangannya, penyuluhan pertanian muncul sebagai mekanisme untuk menyebarkan inovasi teknologi yang dihasilkan oleh lembaga penelitian kepada petani. Model ini berkembang dalam konteks modernisasi pertanian yang menekankan pentingnya kemajuan ilmu pengetahuan dalam meningkatkan produktivitas pertanian.

Namun seiring berjalannya waktu, berbagai kritik terhadap pendekatan linear dalam penyuluhan memicu munculnya paradigma baru yang lebih menekankan interaksi antara berbagai aktor dalam sistem pertanian. Perubahan ini kemudian diperkuat oleh perkembangan teknologi digital yang semakin mengubah cara pengetahuan pertanian diproduksi dan disebarkan. Dengan demikian, sejarah penyuluhan pertanian dapat dipahami sebagai proses metamorfosis yang bergerak dari model komunikasi yang bersifat instruktif menuju sistem inovasi yang lebih pluralistik dan berbasis jaringan.

a. Empat Fase Evolusi Paradigma Penyuluhan Global
   Berdasarkan analisis historis yang telah dibahas dalam bagian sebelumnya, perkembangan sistem penyuluhan pertanian global dapat dipahami melalui empat fase utama yang mencerminkan perubahan dalam paradigma pembangunan pertanian. Fase pertama adalah fase instruktif kolonial, yang berkembang pada akhir abad ke-19 hingga awal abad ke-20. Pada periode ini, penyuluhan pertanian berfungsi terutama sebagai

instrumen untuk menyebarkan teknik budidaya modern kepada petani dalam rangka meningkatkan produksi komoditas pertanian. Model komunikasi yang digunakan bersifat *top-down* dan sangat dipengaruhi oleh paradigma modernisasi yang menempatkan ilmuwan sebagai sumber utama pengetahuan.

Fase kedua adalah fase teknologi-sentris Revolusi Hijau yang berkembang pada pertengahan abad ke-20. Dalam fase ini, penyuluhan berfungsi sebagai mekanisme difusi teknologi untuk mempercepat adopsi varietas unggul, pupuk kimia, serta berbagai inovasi agronomi lainnya. Sistem penyuluhan menjadi semakin terinstitusionalisasi dalam struktur birokrasi pemerintah dan memainkan peran penting dalam program pembangunan pertanian nasional. Fase ketiga adalah fase partisipatif, yang muncul sebagai respons terhadap kritik terhadap pendekatan teknologi-sentris.

Paradigma ini menekankan pentingnya keterlibatan petani dalam proses inovasi serta pengakuan terhadap nilai pengetahuan lokal. Konsep *Farmer First* dan *Agricultural Knowledge and Information Systems* (AKIS) menjadi fondasi penting dalam transformasi ini. Fase keempat adalah fase ekosistem inovasi digital, yang berkembang dalam dua dekade terakhir seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi. Dalam fase ini, sistem penyuluhan tidak lagi dipahami sebagai lembaga tunggal yang menyampaikan teknologi kepada petani, tetapi sebagai bagian dari jaringan inovasi yang melibatkan berbagai aktor dalam sistem pertanian.

b. Tabel Kronologi Evolusi Paradigma Penyuluhan Global

Untuk memahami evolusi tersebut secara lebih sistematis, berikut disajikan kronologi perkembangan paradigma penyuluhan pertanian global.

Tabel 1. Kronologi Evolusi Paradigma Penyuluhan Global

Periode	Paradigma Dominan	Karakteristik Utama	Peran Penyuluh
Akhir abad ke-19 - awal abad ke-20	Model instruktif kolonial	Penyebaran teknik budidaya modern melalui pendekatan top-down	Instruktur teknis
1950–1980	Revolusi Hijau	Difusi teknologi pertanian modern melalui sistem penyuluhan nasional	Agen perubahan
1980–2000	Pendekatan partisipatif	Pengakuan terhadap pengetahuan lokal dan partisipasi petani	Fasilitator pembelajaran
2000–sekarang	Ekosistem inovasi digital	Integrasi teknologi informasi dan jaringan inovasi pertanian	Broker inovasi

Tabel ini menunjukkan bahwa evolusi penyuluhan tidak hanya mencerminkan perubahan teknologi, tetapi juga perubahan dalam cara pandang terhadap pengetahuan dan proses inovasi dalam sektor pertanian.

c. Transformasi Epistemologi Pengetahuan Pertanian

Salah satu aspek paling penting dalam evolusi penyuluhan adalah perubahan dalam epistemologi pengetahuan pertanian, yaitu cara kita memahami sumber dan proses produksi pengetahuan dalam sistem pertanian. Dalam paradigma awal penyuluhan, pengetahuan ilmiah dipandang sebagai sumber utama inovasi. Pengetahuan tersebut dihasilkan oleh lembaga penelitian dan kemudian disampaikan kepada petani melalui penyuluh.

Namun perkembangan paradigma partisipatif menunjukkan bahwa pengetahuan pertanian sebenarnya bersifat pluralistik. Selain pengetahuan ilmiah, sistem pertanian juga dipengaruhi oleh pengetahuan lokal yang berkembang melalui pengalaman praktis petani. Dalam konteks ini, inovasi pertanian tidak lagi dipahami sebagai proses transfer teknologi, tetapi sebagai proses ko-produksi pengetahuan yang melibatkan berbagai aktor dalam sistem pertanian. Perkembangan teknologi digital semakin memperluas sumber pengetahuan yang tersedia bagi petani. Informasi pertanian kini dapat diperoleh melalui berbagai platform digital, jaringan sosial, serta komunitas online. Kondisi ini menciptakan ekosistem pengetahuan yang jauh lebih kompleks dibandingkan dengan sistem penyuluhan tradisional.

d. Penyuluhan dalam Ekosistem Inovasi Pertanian
   Dalam ekosistem inovasi pertanian modern, penyuluhan tidak lagi berfungsi sebagai satu-satunya saluran komunikasi antara peneliti dan petani. Sebaliknya, penyuluhan menjadi salah satu aktor dalam jaringan inovasi yang melibatkan berbagai institusi dan organisasi. Pendekatan *Agricultural Innovation Systems* (AIS) menekankan bahwa inovasi pertanian muncul melalui interaksi antara berbagai aktor dalam sistem pertanian.

   Aktor-aktor tersebut meliputi: petani, lembaga penelitian universitas, perusahaan agribisnis organisasi petani, lembaga keuangan, perusahaan teknologi digital. Dalam sistem ini, penyuluhan memainkan peran penting dalam memfasilitasi interaksi antara berbagai aktor tersebut. Peran ini menjadikan penyuluhan sebagai jembatan inovasi yang menghubungkan berbagai sumber pengetahuan dalam sistem pertanian.
e. Tantangan Penyuluhan di Era Digital
   Meskipun digitalisasi pertanian membuka peluang baru bagi sistem penyuluhan, perkembangan ini juga menciptakan berbagai tantangan yang perlu diatasi. Salah satu tantangan utama adalah kesenjangan digital yang masih terjadi di banyak wilayah pedesaan. Tidak semua petani memiliki akses yang sama terhadap teknologi digital dan internet. Selain itu, keberlimpahan informasi digital juga menciptakan risiko terkait dengan kualitas dan kredibilitas informasi yang tersedia. Petani seringkali menghadapi kesulitan dalam menilai apakah informasi yang mereka peroleh melalui internet dapat dipercaya dan relevan dengan kondisi lokal. Dalam situasi ini, penyuluhan memiliki peran penting dalam membantu petani menavigasi ekosistem informasi digital yang semakin kompleks.
f. Kebutuhan akan Model Penyuluhan Hibrid
   Sejarah evolusi penyuluhan menunjukkan bahwa setiap paradigma memiliki kelebihan dan keterbatasannya masing-masing. Pendekatan transfer teknologi berhasil mempercepat difusi inovasi dalam beberapa konteks, tetapi seringkali mengabaikan pengetahuan lokal petani. Pendekatan partisipatif berhasil meningkatkan keterlibatan petani dalam proses inovasi, tetapi seringkali sulit diterapkan dalam skala besar karena keterbatasan sumber daya. Sementara itu, teknologi digital memungkinkan penyebaran informasi dalam skala luas, tetapi tidak selalu mampu menggantikan interaksi sosial yang penting dalam proses pembelajaran.

   Dalam konteks ini, semakin banyak peneliti yang berpendapat bahwa masa depan penyuluhan pertanian terletak pada model penyuluhan hibrid yang mengintegrasikan berbagai pendekatan tersebut. Model hibrid menggabungkan kekuatan teknologi digital dalam memperluas jangkauan informasi dengan kekuatan interaksi sosial dalam membangun pembelajaran kolektif di kalangan petani.
g. Penyuluhan sebagai Arsitek Jaringan Inovasi
   Dalam model penyuluhan hibrid, peran penyuluh tidak lagi terbatas pada penyampaian teknologi kepada petani. Sebaliknya, penyuluh menjadi arsitek jaringan inovasi yang membantu menghubungkan berbagai aktor dalam sistem pertanian. Peran ini mencakup berbagai fungsi penting, seperti: memfasilitasi pertukaran pengetahuan antara petani dan peneliti, membantu petani mengakses teknologi digital, membangun jaringan kolaborasi antara berbagai aktor dalam sistem pertanian Dengan menjalankan fungsi ini, penyuluhan dapat memainkan peran strategis dalam memperkuat kapasitas inovasi dalam sektor pertanian.
h. Implikasi bagi Kebijakan Penyuluhan Masa Depan
   Transformasi sistem penyuluhan menuju model hibrid memiliki implikasi penting bagi kebijakan pembangunan pertanian. Pertama, pemerintah perlu mengembangkan sistem penyuluhan yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap perubahan teknologi. Kedua, investasi dalam pengembangan kapasitas penyuluh menjadi sangat penting agar mereka mampu menjalankan peran baru sebagai broker inovasi dalam ekosistem pertanian digital. Ketiga, kebijakan penyuluhan perlu dirancang untuk mendorong kolaborasi antara berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Pendekatan ini memungkinkan penyuluhan menjadi bagian integral dari strategi pembangunan pertanian yang lebih luas.

i. Kesimpulan: Metamorfosis Penyuluhan Menuju Masa Depan
Sejarah penyuluhan pertanian menunjukkan bahwa institusi ini telah mengalami transformasi yang panjang dan kompleks. Dari model instruktif yang bersifat linear, penyuluhan berkembang menjadi sistem yang semakin pluralistik dan berbasis jaringan. Transformasi ini mencerminkan perubahan dalam cara kita memahami inovasi pertanian serta hubungan antara sains, teknologi, dan praktik pertanian. Dalam era digital, tantangan utama bagi sistem penyuluhan adalah bagaimana mengintegrasikan berbagai sumber pengetahuan dalam ekosistem inovasi yang semakin kompleks. Model penyuluhan hibrid menawarkan kerangka konseptual yang memungkinkan integrasi antara teknologi digital, pembelajaran partisipatif, serta jaringan inovasi dalam sektor pertanian. Dengan demikian, masa depan penyuluhan pertanian tidak hanya bergantung pada teknologi yang digunakan, tetapi juga pada kemampuan sistem kelembagaan untuk memfasilitasi kolaborasi antara berbagai aktor dalam sistem pangan global.

Mengapa Teori Rogers Tetap Relevan

Teori Diffusion of Innovations yang dikembangkan oleh Everett M. Rogers merupakan salah satu teori paling berpengaruh dalam studi komunikasi pembangunan, sosiologi teknologi, dan ilmu perilaku. Sejak pertama kali dipublikasikan pada tahun 1962 dan disempurnakan dalam edisi terakhir tahun 2003 melalui buku Diffusion of Innovations, teori ini telah digunakan secara luas untuk menjelaskan bagaimana inovasi menyebar dalam sistem sosial. Dalam kerangka Rogers, difusi inovasi didefinisikan sebagai proses di mana suatu inovasi dikomunikasikan melalui saluran tertentu dari waktu ke waktu di antara anggota suatu sistem sosial. Teori ini menekankan bahwa adopsi inovasi bukan hanya persoalan teknologi semata, tetapi juga merupakan proses psikologis dan sosial yang dipengaruhi oleh persepsi individu terhadap karakteristik inovasi tersebut.

Rogers mengidentifikasi lima karakteristik utama inovasi yang memengaruhi tingkat adopsi suatu teknologi, yaitu: *Relative Advantage, Compatibility, Complexity, Trialability, Observability.* Kelima karakteristik ini membentuk kerangka analitis yang sangat berguna untuk memahami mengapa suatu inovasi diterima atau ditolak oleh masyarakat.

Dalam konteks pertanian digital saat ini, teori Rogers menjadi semakin relevan karena inovasi yang diperkenalkan kepada petani tidak lagi terbatas pada teknologi fisik seperti varietas tanaman atau alat pertanian, tetapi juga mencakup teknologi digital seperti aplikasi *mobile* pertanian, sistem informasi cuaca, serta platform pemasaran digital.
Memahami bagaimana petani memandang karakteristik inovasi digital menjadi kunci penting dalam merancang sistem penyuluhan dan kebijakan pertanian yang efektif.

a. *Relaive Advantage*: Persepsi Manfaat sebagai Motor Adopsi
Karakteristik pertama yang memengaruhi adopsi inovasi adalah relative advantage, yaitu sejauh mana suatu inovasi dianggap lebih baik dibandingkan dengan praktik yang sudah ada sebelumnya. Relative advantage tidak selalu merujuk pada keunggulan teknis semata, tetapi juga mencakup berbagai dimensi manfaat yang dirasakan oleh pengguna, seperti: peningkatan produktivitas, penghematan biaya, pengurangan risiko usaha, peningkatan akses pasar.

Dalam konteks pertanian digital, relative advantage seringkali berkaitan dengan kemampuan teknologi untuk memberikan informasi yang sebelumnya sulit diakses oleh petani. Sebagai contoh, aplikasi *mobile* pertanian yang menyediakan informasi harga pasar secara *real-time* dapat membantu petani menentukan waktu penjualan hasil panen secara lebih strategis.

Demikian pula, sistem prakiraan cuaca berbasis satelit dapat membantu petani merencanakan waktu tanam dengan lebih akurat. Namun persepsi relative advantage sangat dipengaruhi oleh konteks sosial dan ekonomi petani. Teknologi yang memberikan manfaat besar bagi petani komersial mungkin tidak selalu memberikan manfaat yang sama bagi petani kecil yang memiliki keterbatasan akses terhadap pasar atau modal. Oleh karena itu, keberhasilan difusi inovasi pertanian digital sangat bergantung pada sejauh mana teknologi tersebut mampu memberikan manfaat yang nyata bagi kehidupan petani.

b. *Compatibility:* Keselarasan dengan Nilai dan Praktik Lokal
Karakteristik kedua adalah compatibility, yaitu sejauh mana suatu inovasi dianggap sesuai dengan nilai, pengalaman, dan kebutuhan pengguna. Inovasi yang kompatibel dengan praktik dan budaya lokal cenderung lebih mudah diterima oleh masyarakat dibandingkan dengan inovasi yang memerlukan perubahan besar dalam pola perilaku. Dalam konteks pertanian, compatibility seringkali berkaitan dengan kesesuaian teknologi dengan sistem pertanian lokal. Sebagai contoh, aplikasi pertanian digital yang dirancang tanpa mempertimbangkan bahasa lokal atau tingkat literasi petani seringkali mengalami kesulitan dalam proses adopsi. Demikian pula teknologi yang mengharuskan petani untuk mengubah praktik pertanian secara drastis mungkin menghadapi resistensi dari komunitas petani. Kajian tentang adopsi teknologi pertanian menunjukkan bahwa inovasi yang berhasil biasanya adalah inovasi yang mampu beradaptasi dengan sistem pengetahuan lokal yang telah berkembang dalam komunitas petani.

c. *Complexity:* Hambatan Kognitif dalam Adopsi Teknologi
Karakteristik ketiga adalah complexity, yaitu sejauh mana suatu inovasi dianggap sulit untuk dipahami atau digunakan. Semakin kompleks suatu teknologi, semakin rendah kemungkinan teknologi tersebut diadopsi oleh pengguna. Dalam konteks pertanian digital, *complexity* seringkali berkaitan dengan tingkat literasi digital petani. Banyak aplikasi pertanian digital dirancang dengan antarmuka yang kompleks atau menggunakan terminologi teknis yang sulit dipahami oleh petani.
Akibatnya, teknologi tersebut tidak digunakan secara luas meskipun memiliki potensi manfaat yang besar. Oleh karena itu, desain teknologi yang sederhana dan mudah digunakan menjadi faktor penting dalam meningkatkan tingkat adopsi inovasi digital di sektor pertanian.

d. *Trialability:* Pentingnya Kesempatan untuk Bereksperimen
Karakteristik keempat adalah trialability, yaitu sejauh mana suatu inovasi dapat diuji coba dalam skala kecil sebelum diadopsi secara penuh. Kemampuan untuk mencoba teknologi sebelum melakukan investasi besar dapat mengurangi risiko yang dirasakan oleh pengguna. Dalam sektor pertanian, trialability seringkali difasilitasi melalui berbagai program penyuluhan seperti demonstration plots atau sekolah lapang petani. Melalui pendekatan ini, petani dapat melihat bagaimana suatu teknologi bekerja dalam kondisi nyata sebelum memutuskan untuk mengadopsinya.

Dalam konteks pertanian digital, trialability dapat diwujudkan melalui versi percobaan aplikasi atau program pelatihan digital bagi petani. Pendekatan ini memungkinkan petani untuk memahami manfaat teknologi sebelum mengintegrasikannya dalam praktik usaha tani mereka.

e. *Observability:* Peran Bukti Sosial dalam Difusi Inovasi
Karakteristik kelima adalah observability, yaitu sejauh mana hasil dari suatu inovasi dapat dilihat oleh orang lain. Inovasi yang memiliki hasil yang mudah diamati cenderung lebih cepat menyebar dalam masyarakat karena keberhasilan pengguna awal dapat menjadi contoh bagi orang lain. Dalam komunitas petani, observability seringkali terjadi melalui mekanisme pembelajaran sosial. Petani seringkali memutuskan untuk mengadopsi teknologi baru setelah melihat keberhasilan petani lain yang telah menggunakan teknologi tersebut. Fenomena ini menunjukkan bahwa proses difusi inovasi tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik teknologi, tetapi juga oleh dinamika sosial dalam komunitas petani.

f. Interaksi Lima Karakteristik dalam Adopsi Inovasi Digital
Kelima karakteristik inovasi yang diidentifikasi oleh Rogers tidak bekerja secara terpisah, tetapi saling berinteraksi dalam mempengaruhi proses adopsi teknologi. Sebagai contoh, teknologi digital yang memiliki *relative advantage* tinggi tetapi sangat kompleks mungkin tetap sulit diadopsi oleh petani. Sebaliknya, teknologi yang sederhana dan kompatibel dengan praktik lokal tetapi tidak memberikan manfaat yang signifikan mungkin juga tidak menarik bagi pengguna. Dalam konteks ini, keberhasilan inovasi digital dalam sektor pertanian sangat bergantung pada kemampuan pengembang teknologi dan sistem penyuluhan untuk merancang inovasi yang memenuhi kelima karakteristik tersebut secara seimbang.

g. Reinterpretasi Rogers dalam Era Algoritma
   Perkembangan teknologi digital juga membuka kemungkinan untuk menafsirkan kembali teori Rogers dalam konteks sistem komunikasi yang semakin dimediasi oleh algoritma. Platform digital seperti media sosial dan aplikasi *mobile* kini memainkan peran penting dalam proses difusi informasi. Algoritma yang digunakan oleh platform digital dapat mempengaruhi jenis informasi yang diterima oleh pengguna, sehingga mempengaruhi proses difusi inovasi dalam masyarakat. Dalam konteks ini, teori Rogers perlu diperluas untuk mempertimbangkan peran teknologi digital dalam membentuk pola komunikasi dan interaksi sosial.
h. Implikasi bagi Penyuluhan Pertanian Digital
   Analisis terhadap lima karakteristik inovasi Rogers memberikan wawasan penting bagi pengembangan sistem penyuluhan pertanian digital. Penyuluh dapat menggunakan kerangka ini untuk mengevaluasi bagaimana petani memandang teknologi yang diperkenalkan kepada mereka. Selain itu, kerangka Rogers juga dapat membantu perancang teknologi dalam mengembangkan aplikasi pertanian digital yang lebih sesuai dengan kebutuhan petani. Pendekatan ini memungkinkan integrasi antara teori komunikasi inovasi dan praktik pembangunan pertanian modern.
i. Kesimpulan
   Teori difusi inovasi Rogers tetap menjadi kerangka konseptual yang sangat relevan untuk memahami proses adopsi teknologi dalam sektor pertanian. Kelima karakteristik inovasi yang diidentifikasi oleh Rogers memberikan alat analitis yang kuat untuk memahami bagaimana petani memandang teknologi digital. Dalam era algoritma dan komunikasi digital, teori ini tidak kehilangan relevansinya, tetapi justru memperoleh dimensi baru yang memungkinkan analisis yang lebih mendalam mengenai dinamika difusi inovasi dalam masyarakat modern.

➢ Teori Difusi Inovasi: Relevansi *Everett Rogers* di Era Algoritma

a. Kategori Adopter sebagai Fondasi Analisis Difusi
   Salah satu kontribusi paling berpengaruh dari teori difusi inovasi yang dikembangkan oleh Everett M. Rogers adalah klasifikasi masyarakat berdasarkan kecepatan mereka dalam mengadopsi inovasi. Dalam buku Diffusion of Innovations, Rogers mengemukakan bahwa proses difusi teknologi dalam suatu sistem sosial tidak terjadi secara seragam. Sebaliknya, individu atau kelompok dalam masyarakat memiliki tingkat kesiapan yang berbeda-beda dalam menerima teknologi baru. Untuk menjelaskan variasi tersebut, Rogers mengembangkan tipologi kategori adopter, yang membagi masyarakat ke dalam lima kelompok utama berdasarkan waktu adopsi inovasi:*Innovators, Early Adopters, Early Majority, Late Majority, Laggards*

   Klasifikasi ini sering digambarkan melalui kurva distribusi normal yang menunjukkan bahwa inovator dan early adopters merupakan kelompok kecil yang mengadopsi teknologi pada tahap awal, sementara mayoritas masyarakat berada pada kelompok early majority dan late majority. Selama beberapa dekade, tipologi ini telah menjadi alat analitis yang sangat berpengaruh dalam studi komunikasi inovasi, pemasaran teknologi, serta pembangunan pertanian. Banyak program penyuluhan dan strategi difusi teknologi dirancang berdasarkan asumsi bahwa inovasi harus terlebih dahulu diperkenalkan kepada kelompok inovator dan early adopters sebelum akhirnya menyebar ke masyarakat luas.

   Namun perkembangan ilmu dalam bidang sosiologi teknologi dan ekonomi perilaku menunjukkan bahwa kategori adopter tidak selalu mencerminkan perbedaan psikologis semata. Dalam banyak kasus, perbedaan dalam kecepatan adopsi teknologi juga dipengaruhi oleh faktor struktural seperti akses terhadap sumber daya, risiko ekonomi, serta kondisi sosial yang dihadapi oleh individu. Dalam konteks pedesaan, terutama di negara berkembang, kategori adopter perlu dipahami secara lebih kritis. Kelompok yang dikategorikan sebagai *laggards* seringkali tidak menolak inovasi karena sikap konservatif,

tetapi karena keputusan rasional untuk menghindari risiko yang dapat mengancam keberlangsungan hidup mereka.

b. Innovators: Eksperimen Teknologi dan Risiko Tinggi

Kelompok pertama dalam klasifikasi Rogers adalah innovators, yaitu individu yang pertama kali mencoba inovasi baru. Inovator biasanya memiliki karakteristik sebagai berikut:

a) Memiliki tingkat pendidikan yang relatif tinggi
b) Memiliki akses terhadap sumber daya finansial
c) Memiliki jaringan sosial yang luas
d) Memiliki toleransi tinggi terhadap risiko

Dalam konteks pertanian, inovator seringkali adalah petani yang memiliki sumber daya ekonomi yang cukup untuk bereksperimen dengan teknologi baru tanpa khawatir terhadap potensi kerugian. Sebagai contoh, petani yang memiliki lahan luas dan akses terhadap kredit pertanian mungkin lebih bersedia mencoba varietas tanaman baru atau teknologi digital pertanian yang belum terbukti secara luas. Dalam banyak kasus, inovator juga memiliki hubungan yang lebih dekat dengan lembaga penelitian atau penyuluhan, sehingga mereka memiliki akses awal terhadap teknologi baru. Namun peran inovator dalam proses difusi tidak selalu dominan dalam komunitas pedesaan. Karena posisi sosial mereka seringkali berbeda dari mayoritas petani kecil, inovator tidak selalu menjadi panutan bagi anggota komunitas lainnya.

c. Early Adopters: Pemimpin Opini dalam Komunitas

Kelompok kedua Adalah *early adopters*, yang sering dianggap sebagai aktor kunci dalam proses difusi inovasi. Berbeda dengan inovator*, early adopters* biasanya memiliki posisi sosial yang lebih terintegrasi dalam komunitas lokal. Mereka seringkali berperan sebagai *opinion leaders* yang mempengaruhi keputusan anggota masyarakat lainnya. Dalam konteks pedesaan, early adopters seringkali adalah petani yang dihormati dalam komunitas karena pengalaman, pengetahuan, atau keberhasilan mereka dalam usaha tani.

Ketika kelompok ini mengadopsi teknologi baru dan menunjukkan hasil yang positif, anggota komunitas lainnya cenderung lebih percaya untuk mengikuti. Karena itu, banyak program penyuluhan pertanian menargetkan kelompok *early adopters* sebagai mitra utama dalam proses difusi inovasi. Melalui pendekatan seperti *demonstration plots atau farmer field schools*, penyuluh seringkali bekerja sama dengan early adopters untuk menunjukkan manfaat teknologi baru kepada komunitas petani.

d. *Early Majority*: Adopsi yang Berhati-hati

Kelompok ketiga adalah *early majority,* yang biasanya mencakup sekitar sepertiga dari populasi dalam suatu sistem sosial. Berbeda dengan inovator dan early adopters, kelompok ini cenderung lebih berhati-hati dalam mengadopsi teknologi baru. Mereka biasanya menunggu hingga inovasi tersebut terbukti efektif sebelum memutuskan untuk menggunakannya. Early majority jarang menjadi pemimpin dalam proses inovasi, tetapi mereka memainkan peran penting dalam mempercepat penyebaran teknologi setelah tahap awal difusi. Dalam konteks pertanian, kelompok ini seringkali terdiri dari petani yang memiliki sumber daya yang cukup untuk mengadopsi teknologi, tetapi tidak memiliki kecenderungan untuk mengambil risiko yang tinggi.

Keputusan mereka untuk mengadopsi inovasi biasanya didasarkan pada bukti empiris dari pengalaman petani lain dalam komunitas mereka.

e. *Late Majority*: Adopsi karena Tekanan Sosial

Kelompok keempat adalah late majority, yang biasanya mengadopsi inovasi setelah sebagian besar anggota masyarakat telah menggunakannya. Kelompok ini cenderung lebih skeptis terhadap teknologi baru dan seringkali mengadopsi inovasi karena tekanan sosial atau perubahan dalam struktur pasar. Sebagai contoh, petani mungkin mulai menggunakan teknologi tertentu karena teknologi tersebut telah menjadi standar dalam sistem produksi pertanian atau karena pasar menuntut penggunaan teknologi tersebut. Dalam konteks ini, keputusan adopsi seringkali tidak didorong oleh motivasi inovatif, tetapi oleh kebutuhan untuk mempertahankan daya saing dalam sistem ekonomi.

f. *Laggards*: Rasionalitas dalam Konservatisme
Kelompok terakhir dalam klasifikasi Rogers adalah laggards, yang sering digambarkan sebagai individu yang paling lambat dalam mengadopsi inovasi. Dalam interpretasi tradisional teori difusi, laggards sering dianggap sebagai kelompok yang konservatif dan enggan menerima perubahan. Namun dalam bidang ekonomi perilaku dan studi pembangunan menunjukkan bahwa interpretasi ini seringkali terlalu sederhana. Dalam banyak komunitas pedesaan, keputusan untuk menunda adopsi teknologi dapat menjadi strategi rasional untuk menghindari risiko ekonomi. Pertanian merupakan sektor yang sangat rentan terhadap ketidakpastian, termasuk perubahan iklim, fluktuasi harga pasar, serta serangan hama dan penyakit tanaman. Petani kecil yang memiliki sumber daya terbatas seringkali tidak memiliki kemampuan untuk menanggung kerugian jika teknologi baru gagal memberikan hasil yang diharapkan. Dalam situasi seperti ini, menunggu hingga teknologi terbukti berhasil sebelum mengadopsinya dapat menjadi strategi manajemen risiko yang rasional.
g. Perspektif *Technology Acceptance Model* (TAM)
Kajian dalam bidang sistem informasi memberikan perspektif tambahan mengenai proses adopsi teknologi melalui model yang dikenal sebagai *Technology Acceptance Model* (TAM) yang dikembangkan oleh Fred D. Davis. TAM menekankan bahwa keputusan individu untuk menggunakan teknologi dipengaruhi oleh dua faktor utama: *Perceived usefulness, Perceived ease of use* Model ini menunjukkan bahwa pengguna akan lebih cenderung mengadopsi teknologi jika mereka percaya bahwa teknologi tersebut akan meningkatkan kinerja mereka dan mudah digunakan. Dalam konteks pertanian digital, persepsi mengenai manfaat teknologi dan kemudahan penggunaan menjadi faktor penting dalam menentukan apakah petani akan menggunakan aplikasi pertanian atau sistem informasi digital.
h. *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (UTAUT)
Model TAM kemudian dikembangkan lebih lanjut dalam kerangka *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* (UTAUT) yang diperkenalkan oleh Viswanath Venkatesh dan rekan-rekannya. UTAUT mengintegrasikan berbagai teori adopsi teknologi dan mengidentifikasi empat faktor utama yang mempengaruhi penggunaan teknologi: performance, expectancy, effort expectancy, social influence, facilitating conditions. Model ini memberikan kerangka analitis yang lebih komprehensif untuk memahami adopsi teknologi dalam konteks sosial yang kompleks. Dalam sektor pertanian digital, faktor-faktor ini dapat menjelaskan mengapa petani tertentu lebih cepat mengadopsi teknologi dibandingkan dengan yang lain.
i. Reinterpretasi Kategori Adopter dalam Konteks Pedesaan
Analisis kritis terhadap teori difusi menunjukkan bahwa kategori adopter tidak selalu mencerminkan perbedaan psikologis semata, tetapi juga mencerminkan kondisi struktural yang dihadapi oleh individu dalam masyarakat. Petani yang dikategorikan sebagai laggards mungkin sebenarnya menghadapi keterbatasan dalam akses terhadap teknologi, modal, atau informasi. Dengan demikian, pendekatan yang menyalahkan kelompok laggards sebagai penghambat inovasi seringkali mengabaikan faktor struktural yang mempengaruhi keputusan mereka. Pendekatan yang lebih konstruktif adalah memahami bagaimana kondisi sosial dan ekonomi mempengaruhi proses adopsi teknologi dalam komunitas pedesaan.
j. Kesimpulan: Difusi sebagai Proses Sosial yang Kompleks
Tipologi kategori adopter yang dikembangkan oleh Rogers memberikan kerangka penting untuk memahami variasi dalam kecepatan adopsi teknologi. Namun dalam konteks pembangunan pertanian modern, kategori ini perlu ditafsirkan secara lebih kritis dengan mempertimbangkan faktor struktural yang mempengaruhi keputusan individu. Keputusan petani untuk menunda adopsi teknologi tidak selalu mencerminkan resistensi terhadap inovasi, tetapi seringkali merupakan strategi rasional dalam menghadapi ketidakpastian ekonomi. Memahami dinamika ini menjadi penting dalam merancang sistem penyuluhan dan kebijakan pertanian yang lebih inklusif dan sensitif terhadap kondisi sosial ekonomi petani.

Dari Difusi Linear ke Ekologi Komunikasi Digital

Teori difusi inovasi yang dikembangkan oleh Everett M. Rogers menggambarkan proses penyebaran inovasi sebagai fenomena sosial yang berlangsung secara bertahap melalui komunikasi interpersonal dalam suatu sistem sosial. Dalam model klasik yang dipaparkan dalam buku Diffusion of Innovations, informasi mengenai inovasi menyebar melalui jaringan sosial secara bertahap, dimulai dari kelompok inovator dan early adopters sebelum akhirnya mencapai mayoritas masyarakat. Model ini mencerminkan kondisi komunikasi pada era sebelum revolusi digital, ketika informasi menyebar melalui interaksi tatap muka, jaringan komunitas lokal, serta media massa konvensional seperti radio dan televisi.

Namun perkembangan teknologi informasi dan komunikasi dalam dua dekade terakhir telah mengubah lanskap komunikasi sosial secara fundamental. Media sosial, aplikasi pesan instan, serta platform digital kini memungkinkan informasi menyebar secara jauh lebih cepat dan dalam jangkauan yang jauh lebih luas dibandingkan dengan sistem komunikasi tradisional.

Dalam konteks ini, proses difusi inovasi tidak lagi mengikuti pola linear yang relatif lambat sebagaimana digambarkan dalam teori Rogers, tetapi semakin menyerupai proses difusi viral yang bersifat eksponensial. Perubahan ini memiliki implikasi besar bagi cara kita memahami dinamika adopsi inovasi dalam masyarakat, termasuk dalam sektor pertanian.

a. Revolusi Media Sosial dalam Ekosistem Informasi Pedesaan

   Perkembangan media sosial telah menciptakan transformasi besar dalam cara masyarakat pedesaan mengakses dan berbagi informasi. Dalam banyak negara berkembang, penetrasi telepon seluler dan internet telah meningkat secara signifikan dalam dua dekade terakhir. Aplikasi pesan instan seperti WhatsApp serta platform media sosial seperti Facebook kini menjadi bagian penting dari kehidupan sehari-hari masyarakat pedesaan. Melalui platform ini, petani dapat berbagi informasi mengenai teknik budidaya, harga pasar, kondisi cuaca, serta pengalaman mereka dalam menggunakan teknologi pertanian baru.

   Kelompok diskusi digital yang terbentuk melalui media sosial seringkali berfungsi sebagai komunitas pembelajaran informal yang memungkinkan petani saling bertukar pengalaman dan pengetahuan. Fenomena ini menciptakan jaringan komunikasi yang jauh lebih luas dan dinamis dibandingkan dengan sistem penyuluhan konvensional yang bergantung pada interaksi antara penyuluh dan kelompok tani.

b. Karakteristik Difusi dalam Jaringan Digital

   Difusi inovasi dalam jaringan digital memiliki beberapa karakteristik yang mem-bedakannya dari model difusi klasik. Pertama, kecepatan penyebaran informasi dalam jaringan digital jauh lebih tinggi dibandingkan dengan komunikasi tradisional. Informasi yang dibagikan melalui media sosial dapat menyebar ke ribuan pengguna dalam waktu yang sangat singkat. Kedua, jaringan digital bersifat desentralistik, yang berarti bahwa informasi tidak selalu berasal dari sumber otoritatif seperti lembaga penelitian atau penyuluh. Petani dapat memperoleh informasi dari berbagai sumber, termasuk petani lain, influencer pertanian, atau komunitas online.

   Ketiga, difusi dalam jaringan digital seringkali bersifat viral, di mana suatu informasi dapat menyebar secara eksponensial melalui mekanisme berbagi ulang (*sharing*). Karakteristik ini membuat proses difusi inovasi menjadi jauh lebih dinamis dibandingkan dengan model komunikasi linear yang diasumsikan dalam teori Rogers.

c. Peran Algoritma dalam Penyebaran Informasi

   Salah satu faktor penting yang membedakan komunikasi digital dari komunikasi tradisional adalah peran algoritma dalam mengatur aliran informasi. Platform media sosial menggunakan algoritma untuk menentukan konten apa yang akan ditampilkan kepada pengguna berdasarkan berbagai faktor seperti preferensi pengguna, interaksi sebelumnya, serta popularitas konten. Algoritma ini dapat mempercepat penyebaran informasi tertentu dengan menampilkan konten yang populer kepada lebih banyak pengguna. Dalam konteks difusi inovasi, algoritma dapat berperan sebagai katalis yang mempercepat proses penyebaran informasi mengenai teknologi baru. Namun algoritma juga dapat menciptakan fenomena yang dikenal sebagai filter bubble, di mana pengguna hanya terpapar pada

informasi yang sesuai dengan preferensi mereka. Kondisi ini dapat mempengaruhi bagaimana inovasi diterima dan dipahami oleh masyarakat.

d. Komunitas Digital sebagai Agen Difusi
   Media sosial juga memungkinkan munculnya berbagai komunitas digital yang berfungsi sebagai ruang pertukaran pengetahuan. Dalam konteks pertanian, kelompok diskusi online seringkali berfungsi sebagai forum di mana petani dapat berbagi pengalaman mengenai teknologi baru. Petani yang berhasil menggunakan teknologi tertentu seringkali membagikan pengalaman mereka melalui foto, video, atau cerita yang dapat dilihat oleh anggota komunitas lainnya. Fenomena ini meningkatkan observability dari inovasi, yang menurut Rogers merupakan salah satu faktor penting dalam mempercepat adopsi teknologi. Ketika petani melihat keberhasilan rekan mereka dalam menggunakan teknologi tertentu, mereka cenderung lebih percaya untuk mencoba teknologi tersebut.
e. Difusi Eksponensial dalam Jaringan Sosial
   Dalam teori jaringan sosial, penyebaran informasi dalam jaringan digital seringkali mengikuti pola eksponensial. Jika dalam model linear informasi menyebar secara bertahap dari satu individu ke individu lain, dalam jaringan digital satu pengguna dapat membagikan informasi kepada ratusan atau ribuan pengguna sekaligus. Proses ini menciptakan efek jaringan (*network effects*) yang mempercepat penyebaran informasi. Fenomena ini sering digambarkan sebagai difusi viral, di mana informasi menyebar secara cepat melalui mekanisme berbagi ulang dalam jaringan sosial. Dalam konteks inovasi pertanian, difusi viral dapat mempercepat penyebaran praktik pertanian baru di antara komunitas petani.
f. Tantangan Validitas Informasi dalam Jaringan Digital
   Meskipun jaringan digital menawarkan peluang besar bagi difusi inovasi, perkembangan ini juga menimbulkan tantangan baru terkait dengan validitas informasi. Tidak semua informasi yang beredar di media sosial memiliki dasar ilmiah yang kuat. Dalam beberapa kasus, informasi yang tidak akurat atau menyesatkan dapat menyebar dengan cepat dalam jaringan digital. Fenomena ini dikenal sebagai misinformation atau disinformation. Dalam sektor pertanian, informasi yang salah mengenai penggunaan pestisida atau teknik budidaya dapat memiliki konsekuensi serius bagi petani. Oleh karena itu, peran penyuluhan pertanian tetap penting dalam memastikan bahwa informasi yang beredar dalam jaringan digital memiliki dasar ilmiah yang valid.
g. Penyuluhan dalam Ekosistem Difusi Digital
   Perkembangan jaringan digital tidak berarti bahwa peran penyuluhan pertanian menjadi tidak relevan. Sebaliknya, penyuluhan perlu beradaptasi dengan ekosistem komunikasi yang baru. Penyuluh dapat memanfaatkan media sosial untuk memperluas jangkauan komunikasi dengan petani. Selain itu, penyuluh juga dapat berperan sebagai kurator informasi yang membantu petani mengidentifikasi sumber informasi yang dapat dipercaya. Pendekatan ini memungkinkan integrasi antara komunikasi digital dan sistem penyuluhan konvensional.
h. Reinterpretasi Teori Rogers dalam Era Media Sosial
   Transformasi komunikasi digital menunjukkan bahwa teori difusi inovasi perlu diperluas untuk mempertimbangkan peran jaringan digital dan algoritma dalam proses penyebaran informasi. Jika dalam model Rogers komunikasi interpersonal memainkan peran utama dalam difusi inovasi, dalam era digital komunikasi melalui platform online menjadi semakin penting. Namun prinsip dasar teori Rogers mengenai peran persepsi pengguna terhadap inovasi tetap relevan dalam konteks ini. Karakteristik inovasi seperti relative advantage, compatibility, dan observability masih menjadi faktor penting dalam menentukan apakah suatu teknologi akan diadopsi oleh masyarakat.
i. Kesimpulan: Difusi dalam Era Jaringan
   Perkembangan media sosial dan teknologi digital telah mengubah dinamika difusi inovasi secara fundamental. Jika dalam model klasik difusi inovasi mengikuti pola komunikasi yang relatif linear, dalam era digital proses difusi menjadi jauh lebih cepat dan bersifat eksponensial. Namun perubahan ini tidak berarti bahwa teori difusi inovasi menjadi usang. Sebaliknya, teori Rogers tetap memberikan kerangka konseptual yang penting untuk memahami bagaimana inovasi menyebar dalam masyarakat. Yang berubah adalah konteks

komunikasi di mana proses difusi tersebut berlangsung. Memahami interaksi antara teori difusi klasik dan dinamika jaringan digital menjadi kunci untuk menjelaskan bagaimana inovasi pertanian menyebar dalam masyarakat modern.

Mengapa Teori Rogers Perlu Dikritisi

Teori difusi inovasi yang dikembangkan oleh Everett M. Rogers telah menjadi salah satu kerangka konseptual paling berpengaruh dalam memahami bagaimana teknologi menyebar dalam masyarakat. Sejak publikasi buku Diffusion of Innovations, teori ini digunakan secara luas dalam berbagai disiplin ilmu, mulai dari komunikasi pembangunan, pemasaran teknologi, hingga sistem informasi. Dalam konteks pembangunan pertanian, teori difusi inovasi sering digunakan untuk menjelaskan bagaimana teknologi pertanian baru diadopsi oleh petani melalui proses komunikasi sosial yang berlangsung dalam komunitas pedesaan.

Namun perkembangan teknologi digital dalam dua dekade terakhir memunculkan tantangan baru yang tidak sepenuhnya diantisipasi dalam kerangka teoritis Rogers. Inovasi digital tidak hanya bergantung pada persepsi individu terhadap karakteristik teknologi, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh faktor struktural seperti infrastruktur digital, literasi teknologi, serta distribusi kekuasaan dalam sistem ekonomi digital. Kondisi ini menimbulkan pertanyaan penting mengenai sejauh mana teori difusi inovasi masih mampu menjelaskan dinamika adopsi teknologi dalam era digital, terutama di negara berkembang yang menghadapi kesenjangan akses terhadap teknologi informasi.

a. Asumsi Universalitas dalam Teori Difusi

   Salah satu kritik utama terhadap teori difusi inovasi adalah asumsi bahwa proses adopsi teknologi memiliki pola yang relatif universal dalam berbagai konteks sosial. Model Rogers menggambarkan difusi inovasi sebagai proses yang mengikuti kurva berbentuk S (*S-shaped curve*), di mana adopsi teknologi dimulai oleh kelompok kecil inovator dan kemudian menyebar secara bertahap hingga mencapai mayoritas masyarakat. Pola difusi teknologi dapat sangat berbeda tergantung pada kondisi sosial, ekonomi, dan kelembagaan dalam suatu masyarakat. Dalam konteks negara berkembang, adopsi teknologi seringkali tidak mengikuti pola yang digambarkan dalam teori Rogers karena adanya keterbatasan akses terhadap sumber daya yang diperlukan untuk menggunakan teknologi tersebut.

   Sebagai contoh, teknologi pertanian digital mungkin memiliki relative advantage yang tinggi, tetapi tetap sulit diadopsi oleh petani kecil yang tidak memiliki akses terhadap *smartphone* atau jaringan internet. Dalam situasi seperti ini, hambatan terhadap adopsi teknologi tidak berasal dari persepsi individu terhadap inovasi, tetapi dari faktor struktural yang berada di luar kendali individu.

b. Kesenjangan Digital sebagai Hambatan Struktural

   Salah satu fenomena paling penting yang mempengaruhi difusi teknologi dalam era digital adalah kesenjangan digital. Kesenjangan digital merujuk pada perbedaan dalam akses terhadap teknologi informasi dan komunikasi antara kelompok sosial yang berbeda. Kesenjangan ini dapat muncul dalam berbagai bentuk, termasuk: perbedaan akses terhadap internet, perbedaan dalam kepemilikan perangkat digital, perbedaan dalam tingkat literasi digital perbedaan dalam kemampuan memanfaatkan teknologi untuk tujuan produktif. Dalam banyak negara berkembang, kesenjangan digital antara wilayah perkotaan dan pedesaan masih sangat besar. Petani yang tinggal di daerah terpencil seringkali menghadapi keterbatasan akses terhadap infrastruktur telekomunikasi serta keterbatasan dalam kemampuan menggunakan teknologi digital. Kondisi ini menciptakan situasi di mana teknologi digital yang dirancang untuk meningkatkan produktivitas pertanian justru berisiko memperlebar kesenjangan sosial antara petani yang memiliki akses terhadap teknologi dan mereka yang tidak.

c. Bias Teknologi dalam Inovasi Digital

   Kritik lain terhadap teori difusi inovasi berkaitan dengan kecenderungan untuk memandang teknologi sebagai solusi netral yang dapat memberikan manfaat bagi semua pengguna. Dalam praktiknya, teknologi seringkali dirancang dengan asumsi mengenai pengguna yang memiliki tingkat pendidikan, sumber daya, dan infrastruktur tertentu. Dalam konteks

pertanian digital, banyak aplikasi pertanian dirancang untuk petani komersial yang memiliki akses terhadap *smartphone*, internet, serta kemampuan literasi digital yang memadai. Namun mayoritas petani kecil di negara berkembang mungkin tidak memiliki kondisi tersebut. Akibatnya, teknologi yang dirancang tanpa mempertimbangkan kondisi sosial pengguna berisiko gagal diadopsi oleh kelompok yang paling membutuhkan inovasi tersebut.

d. Ketimpangan Kekuasaan dalam Ekosistem Digital
   Selain masalah akses terhadap teknologi, perkembangan ekonomi digital juga menciptakan dinamika kekuasaan baru dalam sistem pertanian. Platform digital yang menyediakan layanan informasi pertanian seringkali dikendalikan oleh perusahaan teknologi besar yang memiliki kapasitas untuk mengumpulkan dan menganalisis data dalam skala besar. Data yang dihasilkan oleh aktivitas petani dalam platform digital dapat menjadi sumber nilai ekonomi yang sangat besar. Namun dalam banyak kasus, petani tidak memiliki kontrol terhadap bagaimana data mereka digunakan atau dimonetisasi oleh perusahaan teknologi. Kondisi ini menimbulkan kekhawatiran mengenai munculnya ketimpangan kekuasaan digital dalam sektor pertanian.
e. Kritik dari Perspektif Ekonomi Politik Teknologi
   Dalam beberapa dekade terakhir, para peneliti dalam bidang ekonomi politik teknologi mulai menyoroti bagaimana inovasi teknologi dapat memperkuat struktur kekuasaan yang sudah ada dalam masyarakat. Dalam konteks ini, difusi teknologi tidak selalu menghasilkan distribusi manfaat yang merata. Sebaliknya, inovasi seringkali memperkuat posisi kelompok yang sudah memiliki akses terhadap sumber daya ekonomi dan teknologi. Dalam sektor pertanian, petani yang memiliki akses terhadap teknologi digital dapat memperoleh keuntungan dari peningkatan efisiensi produksi serta akses pasar yang lebih luas. Sebaliknya, petani yang tidak memiliki akses terhadap teknologi tersebut berisiko semakin tertinggal dalam sistem ekonomi pertanian yang semakin terdigitalisasi.
f. Keterbatasan Fokus Individual dalam Teori Rogers
   Teori difusi inovasi Rogers menempatkan fokus utama pada proses pengambilan keputusan individu dalam mengadopsi teknologi. Model ini mengasumsikan bahwa individu mengevaluasi karakteristik inovasi sebelum memutuskan apakah akan mengadopsinya atau tidak. Namun pendekatan ini seringkali mengabaikan faktor struktural yang mempengaruhi pilihan individu. Dalam konteks pedesaan, keputusan petani untuk mengadopsi teknologi tidak hanya dipengaruhi oleh persepsi terhadap teknologi tersebut, tetapi juga oleh keterbatasan akses terhadap modal, infrastruktur, serta dukungan kelembagaan. Dengan demikian, pendekatan yang hanya berfokus pada perilaku individu seringkali tidak cukup untuk menjelaskan dinamika adopsi teknologi dalam masyarakat.
g. Kompleksitas Difusi dalam Sistem Inovasi Pertanian
   Perkembangan konsep Agricultural Innovation Systems (AIS) memberikan perspektif yang lebih luas dalam memahami difusi inovasi dalam sektor pertanian. Pendekatan ini menekankan bahwa inovasi muncul melalui interaksi antara berbagai aktor dalam sistem pertanian, termasuk petani, peneliti, perusahaan teknologi, serta lembaga pemerintah. Dalam kerangka ini, difusi inovasi tidak lagi dipahami sebagai proses komunikasi antara individu, tetapi sebagai proses yang dipengaruhi oleh dinamika kelembagaan dalam sistem inovasi. Pendekatan ini membantu menjelaskan mengapa teknologi tertentu dapat menyebar dengan cepat dalam satu konteks, tetapi gagal diadopsi dalam konteks lain.
h. Menuju Pendekatan Difusi yang Lebih Kontekstual
   Kritik terhadap teori Rogers tidak berarti bahwa teori tersebut kehilangan relevansinya dalam studi difusi inovasi. Sebaliknya, kritik ini menunjukkan perlunya memperluas kerangka analisis difusi inovasi agar lebih sensitif terhadap konteks sosial dan ekonomi di mana inovasi tersebut diperkenalkan. Pendekatan difusi yang lebih kontekstual perlu mempertimbangkan berbagai faktor yang mempengaruhi adopsi teknologi, termasuk: struktur sosial dalam komunitas pedesaan distribusi sumber daya ekonomi kapasitas kelembagaan sistem penyuluhan infrastruktur teknologi Dengan mempertimbangkan faktor-faktor ini, analisis difusi inovasi dapat memberikan pemahaman yang lebih realistis mengenai bagaimana teknologi menyebar dalam masyarakat.

i. Kesimpulan: Mengembangkan Teori Difusi untuk Era Digital
Teori difusi inovasi Rogers tetap menjadi fondasi penting dalam studi komunikasi teknologi. Namun perkembangan teknologi digital menunjukkan bahwa proses difusi inovasi dalam masyarakat modern semakin dipengaruhi oleh faktor struktural yang tidak sepenuhnya dijelaskan dalam kerangka teoritis Rogers. Fenomena seperti kesenjangan digital, bias teknologi, serta ketimpangan kekuasaan dalam ekonomi digital menunjukkan bahwa difusi inovasi tidak hanya merupakan proses komunikasi sosial, tetapi juga proses yang dipengaruhi oleh dinamika politik dan ekonomi yang lebih luas. Oleh karena itu, pengembangan teori difusi inovasi untuk abad ke-21 perlu mengintegrasikan perspektif komunikasi, ekonomi politik teknologi, serta sistem inovasi pertanian.

Pendekatan ini akan memungkinkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai bagaimana teknologi digital dapat berkontribusi terhadap pembangunan pertanian yang lebih inklusif dan berkelanjutan.

Pendahuluan: Kebutuhan Paradigma Baru Difusi Inovasi

Selama lebih dari setengah abad, teori difusi inovasi yang dikembangkan oleh Everett M. Rogers telah menjadi kerangka konseptual utama dalam memahami bagaimana inovasi teknologi menyebar dalam masyarakat. Dalam karya klasiknya Diffusion of Innovations, Rogers menjelaskan bahwa adopsi inovasi merupakan proses sosial yang berlangsung melalui komunikasi antar individu dalam suatu sistem sosial. Namun perkembangan teknologi digital dan transformasi sistem komunikasi global telah mengubah secara mendasar lingkungan sosial tempat difusi inovasi terjadi. Informasi kini tidak lagi mengalir secara linear melalui jaringan interpersonal yang terbatas, tetapi bergerak melalui jaringan digital yang sangat luas dan dipengaruhi oleh algoritma platform teknologi. Dalam konteks ini, berbagai kritik terhadap teori difusi inovasi menunjukkan bahwa kerangka Rogers perlu diperluas agar mampu menjelaskan dinamika difusi teknologi dalam masyarakat modern. Perubahan ini tidak hanya berkaitan dengan teknologi komunikasi, tetapi juga dengan perubahan dalam struktur kekuasaan ekonomi digital, akses terhadap infrastruktur teknologi, serta dinamika sosial dalam komunitas pengguna.

Oleh karena itu, bagian penutup teoretis ini berupaya merumuskan suatu kerangka konseptual baru yang disebut “Difusi Hibrid”, yaitu pendekatan yang mengintegrasikan prinsip dasar teori Rogers dengan dinamika jaringan digital dan sistem inovasi modern.

a. Dialektika Difusi: Antara Model Linear dan Jaringan Digital
Untuk memahami kebutuhan akan model difusi hibrid, penting untuk melihat proses difusi inovasi melalui pendekatan dialektis. Dalam pendekatan ini, perkembangan teori dipahami sebagai hasil dari interaksi antara tesis, antitesis, dan sintesis. Dalam konteks difusi inovasi, teori Rogers dapat dipandang sebagai tesis yang menjelaskan difusi inovasi melalui model komunikasi interpersonal dalam sistem sosial. Model ini menekankan peran karakteristik inovasi, kategori adopter, serta jaringan sosial lokal dalam menentukan kecepatan adopsi teknologi.

Namun munculnya teknologi digital dan media sosial menciptakan antitesis terhadap model tersebut. Dalam jaringan digital, informasi tidak lagi menyebar secara bertahap melalui komunikasi interpersonal, tetapi dapat menyebar secara viral melalui platform online. Algoritma platform digital dapat mempercepat atau memperlambat penyebaran informasi tergantung pada berbagai faktor seperti popularitas konten, interaksi pengguna, serta strategi bisnis platform tersebut. Proses dialektika antara model linear Rogers dan dinamika jaringan digital ini kemudian membuka ruang bagi sintesis teoretis, yaitu model difusi hibrid yang mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut.

b. Konsep Dasar Difusi Hibrid
Difusi hibrid dapat didefinisikan sebagai proses penyebaran inovasi yang terjadi melalui kombinasi antara komunikasi interpersonal tradisional dan jaringan digital berbasis algoritma. Dalam model ini, difusi inovasi tidak hanya dipengaruhi oleh karakteristik inovasi dan hubungan sosial dalam komunitas, tetapi juga oleh dinamika platform digital yang memediasi aliran informasi. Difusi hibrid memiliki beberapa karakteristik utama: integrasi komunikasi offline. Proses difusi inovasi berlansung melalui kombinasi interaksi tatap muka

dan komunikasi digital. Peran algoritma dalam penyebaran informasi Platform digital mempengaruhi visibilitas informasi melalui sistem rekomendasi berbasis algoritma. Jaringan inovasi multi-aktor Difusi inovasi melibatkan berbagai aktor dalam ekosistem inovasi, termasuk petani, penyuluh, perusahaan teknologi, dan komunitas digital. Pembelajaran sosial yang diperluas Proses pembelajaran tidak hanya terjadi dalam komunitas lokal tetapi juga melalui jaringan digital yang lebih luas. Pendekatan ini memungkinkan analisis yang lebih komprehensif terhadap bagaimana inovasi teknologi menyebar dalam masyarakat modern.

c. Dimensi Psikologis dalam Difusi Hibrid
   Meskipun teknologi digital telah mengubah lanskap komunikasi, dimensi psikologis dalam adopsi inovasi tetap memainkan peran penting. Karakteristik inovasi yang diidentifikasi oleh Rogers-relative advantage, compatibility, complexity, trialability, dan observability-masih relevan dalam menjelaskan bagaimana individu mengevaluasi teknologi baru. Namun dalam lingkungan digital, persepsi terhadap karakteristik inovasi seringkali dipengaruhi oleh informasi yang diperoleh melalui media sosial dan platform online. Sebagai contoh, video yang menunjukkan keberhasilan penggunaan teknologi pertanian dapat meningkatkan observability dari inovasi tersebut. Demikian pula diskusi dalam komunitas online dapat mempengaruhi persepsi petani mengenai relative advantage suatu teknologi. Dengan demikian, dimensi psikologis dalam teori Rogers tetap relevan, tetapi perlu dipahami dalam konteks lingkungan komunikasi digital.
d. Peran Penyuluhan dalam Model Difusi Hibrid
   Dalam sistem difusi hibrid, peran penyuluhan pertanian mengalami transformasi yang signifikan. Jika dalam model difusi klasik penyuluh berfungsi sebagai agen perubahan yang menyampaikan teknologi kepada petani, dalam model difusi hibrid penyuluh berperan sebagai mediator pengetahuan dalam ekosistem informasi yang kompleks. Penyuluh membantu petani menavigasi berbagai sumber informasi digital serta memastikan bahwa informasi yang digunakan dalam praktik pertanian memiliki dasar ilmiah yang valid. Selain itu, penyuluh juga dapat memanfaatkan media sosial untuk memperluas jangkauan komunikasi dengan petani. Pendekatan ini memungkinkan integrasi antara sistem penyuluhan konvensional dan teknologi digital dalam proses difusi inovasi.
e. Visualisasi Radar *Chart* Efektivitas Adopsi
   Untuk menggambarkan efektivitas adopsi inovasi dalam model difusi hibrid, lima karakteristik inovasi Rogers dapat divisualisasikan dalam bentuk radar *Chart*. Visualisasi ini menunjukkan bagaimana berbagai faktor mempengaruhi tingkat adopsi teknologi dalam suatu sistem sosial. Secara konseptual, radar *Chart* tersebut terdiri dari lima dimensi utama: *Relative Advantage Compatibility Complexity Trialability Observability* Teknologi yang memiliki nilai tinggi pada sebagian besar dimensi tersebut cenderung memiliki tingkat adopsi yang lebih tinggi dalam masyarakat. Dalam konteks pertanian digital, radar *Chart* dapat digunakan sebagai alat analisis untuk mengevaluasi potensi keberhasilan suatu teknologi sebelum diperkenalkan kepada petani.
f. Implikasi bagi Penelitian Difusi Inovasi
   Konsep difusi hibrid membuka berbagai peluang baru bagi penelitian mengenai adopsi teknologi dalam sektor pertanian. Penelitian masa depan perlu mempertimbangkan interaksi antara faktor psikologis, sosial, dan teknologi dalam proses difusi inovasi. Beberapa agenda penelitian yang penting antara lain: analisis jaringan sosial digital dalam komunitas petani pengaruh algoritma platform digital terhadap penyebaran inovasi integrasi penyuluhan konvensional dan sistem informasi digital Pendekatan multidisipliner yang menggabungkan teori komunikasi, sosiologi teknologi, serta ekonomi politik digital akan menjadi penting dalam memahami dinamika difusi inovasi dalam masyarakat modern.
g. Implikasi Kebijakan bagi Penyuluhan Digital
   Pengembangan model difusi hibrid juga memiliki implikasi penting bagi kebijakan pembangunan pertanian. Pemerintah perlu mengembangkan strategi penyuluhan yang mampu memanfaatkan teknologi digital tanpa mengabaikan pentingnya interaksi sosial dalam komunitas petani. Kebijakan penyuluhan digital perlu dirancang untuk memastikan bahwa teknologi informasi dapat diakses oleh petani kecil serta digunakan untuk

memperkuat kapasitas inovasi dalam komunitas pedesaan. Pendekatan ini memungkinkan digitalisasi pertanian menjadi alat yang mendukung pembangunan yang inklusif dan berkelanjutan.

h. Sintesis Teoretis: Evolusi Rogers untuk Era Algoritma
   Analisis dalam bab ini menunjukkan bahwa teori difusi inovasi Rogers tetap memiliki relevansi yang kuat dalam menjelaskan proses adopsi teknologi. Namun perkembangan teknologi digital menuntut perluasan kerangka teoritis tersebut agar mampu menjelaskan dinamika komunikasi dalam jaringan digital. Model difusi hibrid yang diusulkan dalam bab ini dapat dipahami sebagai evolusi konseptual dari teori Rogers yang mengintegrasikan prinsip dasar difusi inovasi dengan realitas komunikasi digital modern. Pendekatan ini memungkinkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai bagaimana inovasi teknologi menyebar dalam masyarakat yang semakin terhubung melalui jaringan digital.
i. Kesimpulan: Difusi Inovasi dalam Lanskap Teknologi Abad ke-21
   Transformasi digital telah mengubah secara fundamental cara inovasi menyebar dalam masyarakat. Dalam lanskap komunikasi yang dimediasi oleh algoritma, proses difusi inovasi tidak lagi dapat dipahami hanya melalui model komunikasi interpersonal tradisional. Namun prinsip dasar teori Rogers mengenai pentingnya persepsi pengguna terhadap inovasi tetap relevan dalam era digital. Dengan mengintegrasikan dinamika jaringan digital, struktur kekuasaan teknologi, serta sistem inovasi pertanian, konsep difusi hibrid menawarkan kerangka teoretis yang lebih adaptif untuk memahami difusi inovasi dalam abad ke-21. Pendekatan ini tidak hanya memperluas teori Rogers, tetapi juga memberikan fondasi konseptual bagi pengembangan sistem penyuluhan pertanian yang mampu menjembatani inovasi teknologi dengan kebutuhan nyata petani dalam era digital.

Evolusi Pemikiran Ekonomi tentang Sumber Daya Produktif

Dalam sejarah pemikiran ekonomi klasik, sumber daya produksi umumnya dikategorikan ke dalam tiga komponen utama: tanah, tenaga kerja, dan modal. Kerangka ini berasal dari tradisi ekonomi klasik yang dikembangkan oleh pemikir seperti Adam Smith dan David Ricardo, yang melihat produksi sebagai hasil interaksi antara faktor-faktor material dalam sistem ekonomi.

Namun pada pertengahan abad ke-20, paradigma ini mulai mengalami perubahan signifikan melalui kontribusi para ekonom yang menekankan pentingnya pengetahuan dan kemampuan manusia sebagai sumber utama pertumbuhan ekonomi. Dua tokoh yang memainkan peran penting dalam transformasi pemikiran ini adalah Theodore W. Schultz dan Gary S. Becker.

Melalui karya-karya mereka pada tahun 1960-an, Schultz dan Becker mengembangkan konsep *Human Capital Theory*, yang menyatakan bahwa investasi dalam pendidikan, pelatihan, dan peningkatan kapasitas manusia merupakan faktor kunci dalam meningkatkan produktivitas ekonomi. Dalam konteks pertanian, teori ini memberikan perspektif baru mengenai bagaimana pembangunan pertanian seharusnya dipahami. Alih-alih hanya berfokus pada peningkatan akses terhadap teknologi atau sumber daya fisik, pembangunan pertanian juga harus memperhatikan peningkatan kapasitas kognitif petani dalam mengelola sumber daya yang mereka miliki.

a. Theodore Schultz dan Revolusi Konseptual dalam Ekonomi Pertanian
   Kontribusi utama Theodore Schultz terhadap teori modal manusia berasal dari analisisnya mengenai produktivitas pertanian di negara berkembang. Dalam berbagai karyanya, Schultz menolak asumsi lama yang menyatakan bahwa petani kecil bersifat irasional atau tidak efisien dalam mengelola usaha tani mereka. Sebaliknya, Schultz berargumen bahwa petani kecil sebenarnya bertindak secara rasional dalam menghadapi keterbatasan sumber daya yang mereka miliki. Menurut Schultz, rendahnya produktivitas pertanian di banyak negara berkembang bukan disebabkan oleh ketidakmampuan petani dalam mengambil keputusan ekonomi, tetapi oleh keterbatasan akses terhadap pengetahuan dan teknologi yang relevan. Dalam perspektif ini, investasi dalam pendidikan dan penyuluhan pertanian menjadi sangat penting karena dapat meningkatkan kemampuan petani dalam memahami dan mengadopsi inovasi teknologi. Schultz (1964) menyatakan bahwa pengetahuan merupakan bentuk modal yang dapat meningkatkan produktivitas tenaga kerja

sebagaimana halnya investasi dalam mesin atau infrastruktur. Pandangan ini kemudian menjadi dasar bagi berbagai program pembangunan pertanian yang menekankan pentingnya pendidikan petani dan sistem penyuluhan pertanian.

b. Gary Becker dan Formalisasi Teori Modal Manusia
   Jika Schultz (1964) memberikan fondasi konseptual bagi teori modal manusia dalam konteks pembangunan pertanian, Gary Becker memberikan kontribusi penting dalam memformalisasi teori tersebut dalam kerangka ekonomi mikro. Becker mengembangkan model analitis yang menjelaskan bagaimana individu membuat keputusan mengenai investasi dalam pendidikan dan pelatihan berdasarkan pertimbangan biaya dan manfaat ekonomi. Dalam model Becker, pendidikan dipandang sebagai investasi yang menghasilkan return dalam bentuk peningkatan produktivitas dan pendapatan di masa depan. Pendekatan ini memungkinkan analisis yang lebih sistematis mengenai bagaimana investasi dalam modal manusia dapat meningkatkan efisiensi ekonomi dalam berbagai sektor, termasuk pertanian. Dalam konteks pertanian, teori Becker menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas pengetahuan petani dapat meningkatkan kemampuan mereka dalam: memilih teknologi yang tepat mengalokasikan input produksi secara efisien merespons perubahan kondisi pasar. Dengan demikian, modal manusia menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan pembangunan pertanian.
c. Pengetahuan sebagai Faktor Produksi dalam Ekonomi Modern
   Perkembangan teori modal manusia juga mencerminkan perubahan yang lebih luas dalam struktur ekonomi global. Dalam ekonomi industri tradisional, produksi sangat bergantung pada sumber daya fisik seperti tanah, tenaga kerja, dan mesin. Namun dalam ekonomi modern yang semakin berbasis pengetahuan, faktor produksi yang paling penting seringkali bukan lagi sumber daya fisik, tetapi pengetahuan dan informasi. Dalam sektor pertanian, perubahan ini terlihat dalam meningkatnya peran teknologi informasi, bioteknologi, serta sistem manajemen berbasis data dalam meningkatkan produktivitas pertanian. Teknologi modern seperti sistem pertanian presisi, sensor tanah, dan analitik data memungkinkan petani untuk membuat keputusan yang lebih akurat dalam pengelolaan usaha tani mereka. Namun kemampuan untuk memanfaatkan teknologi tersebut sangat bergantung pada kapasitas kognitif pengguna. Dalam konteks ini, investasi dalam modal manusia menjadi prasyarat penting bagi keberhasilan transformasi pertanian modern.
d. Modal Manusia dan Efisiensi Produksi Pertanian
   Salah satu implikasi penting dari teori modal manusia adalah bahwa peningkatan kapasitas pengetahuan petani dapat meningkatkan efisiensi produksi dalam sektor pertanian. Petani yang memiliki tingkat pendidikan atau akses terhadap informasi yang lebih baik cenderung lebih mampu: memahami teknologi pertanian baru, menilai risiko produksi, mengelola sumber daya secara optimal. Tingkat pendidikan petani seringkali memiliki korelasi positif dengan produktivitas usaha tani. Hal ini menunjukkan bahwa investasi dalam pendidikan dan pelatihan petani dapat memberikan manfaat ekonomi yang signifikan dalam jangka panjang.
e. Penyuluhan sebagai Mekanisme Investasi Modal Manusia
   Dalam konteks pembangunan pertanian, sistem penyuluhan memainkan peran penting sebagai mekanisme untuk meningkatkan modal manusia di kalangan petani. Melalui berbagai program pelatihan, demonstrasi lapangan, serta konsultasi teknis, penyuluhan membantu petani memperoleh pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk meningkatkan produktivitas usaha tani mereka. Dalam perspektif teori modal manusia, penyuluhan dapat dipandang sebagai investasi dalam kapasitas kognitif petani. Investasi ini tidak hanya meningkatkan kemampuan petani dalam menggunakan teknologi yang ada, tetapi juga meningkatkan kemampuan mereka untuk beradaptasi dengan perubahan kondisi lingkungan dan pasar.
f. Hubungan antara Modal Manusia dan Inovasi Teknologi
   Teori modal manusia juga memberikan penjelasan mengenai hubungan antara pengetahuan dan adopsi inovasi teknologi. Petani yang memiliki tingkat pendidikan atau akses informasi yang lebih tinggi cenderung lebih cepat mengadopsi teknologi baru dibandingkan dengan petani yang memiliki keterbatasan dalam hal tersebut. Hal ini terjadi

karena kemampuan kognitif yang lebih tinggi memungkinkan individu untuk memahami manfaat teknologi serta mengatasi kompleksitas dalam penggunaannya. Dengan demikian, investasi dalam modal manusia dapat mempercepat proses difusi inovasi dalam sektor pertanian.

g. Modal Manusia dalam Konteks Pertanian Digital
   Dalam era pertanian digital, pentingnya modal manusia menjadi semakin jelas. Teknologi digital seperti aplikasi pertanian, sistem informasi cuaca, serta platform pemasaran online memerlukan tingkat literasi digital yang memadai agar dapat digunakan secara efektif. Tanpa kemampuan untuk memahami dan menggunakan teknologi tersebut, petani mungkin tidak dapat memanfaatkan potensi manfaat yang ditawarkan oleh inovasi digital. Oleh karena itu, investasi dalam pendidikan dan pelatihan digital bagi petani menjadi komponen penting dalam strategi pembangunan pertanian modern.
h. Relevansi Teori Modal Manusia bagi Pembangunan Pertanian
   Analisis terhadap pemikiran Schultz, (1964) menunjukkan bahwa pembangunan pertanian tidak dapat dipahami hanya sebagai proses peningkatan produksi melalui teknologi atau input fisik. Sebaliknya, pembangunan pertanian juga merupakan proses peningkatan kapasitas manusia dalam mengelola sumber daya dan teknologi yang tersedia. Dalam perspektif ini, investasi dalam pendidikan, pelatihan, serta sistem penyuluhan menjadi komponen penting dalam strategi pembangunan pertanian. Pendekatan ini memungkinkan pembangunan pertanian yang lebih berkelanjutan karena meningkatkan kapasitas petani untuk beradaptasi dengan perubahan kondisi lingkungan dan pasar.
i. Kesimpulan
   Teori modal manusia yang dikembangkan oleh Schultz dan Becker memberikan landasan konseptual yang kuat untuk memahami pentingnya pengetahuan dalam pembangunan ekonomi. Dalam sektor pertanian, teori ini menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas tidak hanya bergantung pada akses terhadap teknologi atau sumber daya fisik, tetapi juga pada kapasitas manusia untuk memahami dan menggunakan teknologi tersebut secara efektif. Dengan demikian, investasi dalam pendidikan, pelatihan, serta sistem penyuluhan pertanian merupakan komponen penting dalam strategi pembangunan pertanian modern. Dalam era pertanian digital, pentingnya modal manusia menjadi semakin jelas, karena teknologi yang semakin kompleks membutuhkan kapasitas kognitif yang lebih tinggi dari para pengguna.

Pengetahuan sebagai Determinan Efisiensi Ekonomi Pertanian

Dalam kerangka Human Capital Theory, pengetahuan dipandang sebagai bentuk modal yang dapat meningkatkan produktivitas individu dan efisiensi ekonomi secara keseluruhan. Perspektif ini memiliki implikasi yang sangat penting bagi sektor pertanian, terutama dalam konteks negara berkembang di mana sebagian besar produksi pangan dihasilkan oleh petani kecil dengan keterbatasan akses terhadap teknologi dan sumber daya. Kontribusi penting dalam memahami hubungan antara modal manusia dan produktivitas pertanian diberikan oleh Wallace E. Huffman, yang menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas pengetahuan petani dapat meningkatkan efisiensi penggunaan input produksi dan kemampuan mereka dalam mengambil keputusan ekonomi. Dalam konteks ini, penyuluhan pertanian berfungsi sebagai mekanisme investasi dalam modal manusia yang dapat meningkatkan kemampuan kognitif petani dalam mengelola usaha tani mereka. Melalui transfer pengetahuan dan pelatihan teknis, penyuluhan membantu petani memahami bagaimana mengalokasikan sumber daya secara lebih efisien dalam proses produksi.

Konsep ini sering dijelaskan melalui istilah efisiensi alokatif (*allocative efficiency*), yaitu kemampuan produsen untuk menggunakan kombinasi input produksi yang menghasilkan *output* maksimum dengan biaya minimum.

a. Konsep Efisiensi Alokatif dalam Ekonomi Produksi
   Dalam teori ekonomi produksi, efisiensi dibedakan menjadi dua bentuk utama: Efisiensi teknis (*technical efficiency*) dan Efisiensi alokatif (*allocative efficiency*). Efisiensi teknis berkaitan dengan kemampuan produsen untuk menghasilkan *output* maksimum dari kombinasi input yang tersedia. Dengan kata lain, produsen yang efisien secara teknis

mampu menghasilkan produksi tertinggi dengan teknologi yang ada. Sebaliknya, efisiensi alokatif berkaitan dengan kemampuan produsen untuk memilih kombinasi input yang paling optimal berdasarkan harga relatif dari input tersebut. Dalam sektor pertanian, efisiensi alokatif menjadi sangat penting karena petani harus membuat keputusan mengenai penggunaan berbagai input produksi seperti: pupuk, benih, pestisida, tenaga kerja, air irigasi. Keputusan mengenai penggunaan input tersebut tidak hanya dipengaruhi oleh teknologi produksi, tetapi juga oleh informasi mengenai harga input, kondisi pasar, serta risiko produksi.

b. Peran Pengetahuan dalam Pengambilan Keputusan Petani
   Petani menghadapi berbagai keputusan kompleks dalam mengelola usaha tani mereka. Keputusan tersebut meliputi: kapan waktu tanam yang optimal, berapa jumlah pupuk yang harus digunakan, varietas tanaman apa yang paling sesuai dengan kondisi lahan, bagaimana mengelola risiko serangan hama dan penyakit. Keputusan-keputusan ini memerlukan kemampuan analisis yang cukup tinggi karena kondisi produksi pertanian seringkali dipengaruhi oleh berbagai faktor yang tidak pasti seperti perubahan cuaca dan fluktuasi harga pasar.

   Dalam konteks ini, pengetahuan berfungsi sebagai alat kognitif yang membantu petani memahami hubungan antara berbagai faktor produksi dan hasil panen. Petani yang memiliki akses terhadap informasi yang lebih baik cenderung lebih mampu mengoptimalkan penggunaan input produksi sehingga dapat meningkatkan efisiensi alokatif usaha tani mereka.

c. Penyuluhan sebagai Investasi dalam Kapasitas Kognitif
   Dalam perspektif ekonomi pembangunan, penyuluhan pertanian dapat dipandang sebagai investasi publik dalam modal manusia. Program penyuluhan dirancang untuk meningkatkan kapasitas pengetahuan petani melalui berbagai kegiatan seperti:pelatihan teknis, demonstrasi lapangan, konsultasi agronomi, penyebaran informasi teknologi. Melalui kegiatan ini, penyuluhan membantu petani memahami bagaimana menggunakan teknologi produksi secara lebih efektif. Kajian empiris menunjukkan bahwa petani yang berpartisipasi dalam program penyuluhan cenderung memiliki tingkat produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan petani yang tidak memperoleh akses terhadap layanan tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa investasi dalam penyuluhan dapat menghasilkan manfaat ekonomi yang signifikan dalam jangka panjang.

d. Pengetahuan dan Pengelolaan Risiko Pertanian
   Salah satu aspek penting dalam efisiensi alokatif adalah kemampuan petani dalam mengelola risiko produksi. Pertanian merupakan sektor yang sangat rentan terhadap ketidakpastian, termasuk perubahan iklim, serangan hama, serta fluktuasi harga pasar. Petani yang memiliki akses terhadap informasi mengenai kondisi cuaca atau praktik budidaya yang lebih tahan terhadap perubahan lingkungan dapat membuat keputusan yang lebih baik dalam mengelola risiko tersebut. Dalam konteks ini, penyuluhan berperan penting dalam meningkatkan kapasitas petani untuk memahami dan merespons ketidakpastian dalam sistem produksi pertanian.

e. Penyuluhan dan Adopsi Teknologi Pertanian
   Selain meningkatkan efisiensi alokatif, penyuluhan juga memainkan peran penting dalam mempercepat adopsi teknologi pertanian. Petani seringkali menghadapi kesulitan dalam memahami teknologi baru, terutama jika teknologi tersebut memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi. Melalui pelatihan dan demonstrasi lapangan, penyuluhan membantu petani memahami cara kerja teknologi baru serta manfaat yang dapat diperoleh dari penggunaannya. Proses ini mengurangi ketidakpastian yang seringkali menjadi hambatan dalam adopsi teknologi. Dengan demikian, penyuluhan tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan input produksi, tetapi juga mempercepat difusi inovasi dalam sektor pertanian.

f. Bukti Empiris mengenai Dampak Penyuluhan
   Berbagai kajian empiris menunjukkan bahwa investasi dalam penyuluhan pertanian memiliki dampak positif terhadap produktivitas pertanian. Studi ekonomi pertanian menemukan bahwa petani yang memiliki akses terhadap layanan penyuluhan cenderung lebih mampu: mengoptimalkan penggunaan pupuk memilih varietas tanaman yang lebih

produktif meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi Efek kumulatif dari peningkatan efisiensi ini dapat menghasilkan peningkatan produksi yang signifikan dalam jangka panjang. Selain itu, penyuluhan juga berkontribusi dalam meningkatkan kemampuan petani untuk beradaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan.

g. Penyuluhan dalam Era Pertanian Presisi
   Perkembangan teknologi digital telah membuka peluang baru dalam meningkatkan efisiensi alokatif melalui konsep pertanian presisi. Teknologi seperti sensor tanah, citra satelit, serta sistem informasi cuaca memungkinkan petani untuk memperoleh data yang lebih akurat mengenai kondisi lahan mereka. Namun penggunaan teknologi tersebut memerlukan kemampuan analisis yang cukup tinggi. Tanpa pengetahuan yang memadai, petani mungkin tidak dapat memanfaatkan data tersebut secara efektif dalam pengambilan keputusan produksi. Dalam konteks ini, penyuluhan memiliki peran penting dalam membantu petani memahami bagaimana menggunakan data digital untuk meningkatkan efisiensi usaha tani mereka.
h. Penyuluhan sebagai Infrastruktur Pengetahuan
   Jika infrastruktur fisik seperti jalan dan irigasi diperlukan untuk mendukung produksi pertanian, maka penyuluhan dapat dipandang sebagai infrastruktur pengetahuan yang mendukung sistem produksi pertanian modern. Melalui jaringan penyuluh yang terorganisasi dengan baik, informasi mengenai teknologi baru dapat disebarkan secara luas kepada petani. Selain itu, penyuluhan juga berfungsi sebagai saluran komunikasi antara petani dan lembaga penelitian pertanian. Interaksi ini memungkinkan pengembangan teknologi yang lebih sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lokal.
i. Kesimpulan: Pengetahuan sebagai Mesin Efisiensi Pertanian
   Analisis mengenai hubungan antara modal manusia dan efisiensi alokatif menunjukkan bahwa pengetahuan memainkan peran yang sangat penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian. Petani yang memiliki akses terhadap informasi dan pelatihan yang memadai cenderung lebih mampu mengoptimalkan penggunaan input produksi serta mengelola risiko usaha tani mereka. Dalam konteks ini, penyuluhan pertanian berfungsi sebagai mekanisme investasi dalam modal manusia yang dapat meningkatkan kapasitas kognitif petani.

   Investasi dalam penyuluhan tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi dalam jangka pendek, tetapi juga memperkuat kapasitas adaptasi sistem pertanian dalam menghadapi tantangan masa depan. Dengan demikian, pembangunan pertanian yang berkelanjutan memerlukan perhatian yang serius terhadap pengembangan modal manusia melalui sistem penyuluhan yang efektif dan inklusif.

➢ Teori Modal Manusia (*Human Capital Theory*) dan Ekonomi Pengetahuan

Penyuluhan sebagai Investasi Ekonomi

Dalam kerangka Human Capital Theory, investasi dalam peningkatan kapasitas manusia dipandang sebagai strategi ekonomi yang mampu meningkatkan produktivitas dan pertumbuhan jangka panjang. Perspektif ini sangat relevan dalam sektor pertanian, di mana peningkatan produktivitas seringkali tidak hanya bergantung pada teknologi fisik, tetapi juga pada kemampuan manusia dalam memahami dan menggunakan teknologi tersebut secara efektif.

Salah satu cara untuk mengevaluasi dampak ekonomi dari investasi dalam modal manusia adalah melalui analisis Return on Investment (ROI). Konsep ROI mengukur sejauh mana manfaat ekonomi yang dihasilkan oleh suatu investasi melebihi biaya yang dikeluarkan untuk investasi tersebut. Dalam konteks penyuluhan pertanian, analisis ROI digunakan untuk menjawab pertanyaan penting: apakah investasi dalam sistem penyuluhan memberikan manfaat ekonomi yang cukup besar untuk membenarkan biaya yang dikeluarkan oleh pemerintah atau lembaga pembangunan? Berbagai studi empiris menunjukkan bahwa layanan penyuluhan pertanian merupakan salah satu bentuk investasi publik yang memiliki tingkat pengembalian ekonomi yang sangat tinggi. Birkhaeuser dkk. dalam studi tentang

dampak penyuluhan terhadap produktivitas pertanian, menunjukkan bahwa investasi dalam penyuluhan seringkali menghasilkan tingkat pengembalian ekonomi yang signifikan.

a. Konsep ROI dalam Evaluasi Kebijakan Pertanian
   Dalam analisis ekonomi kebijakan publik, ROI biasanya dihitung dengan membandingkan manfaat ekonomi yang dihasilkan oleh suatu program dengan biaya yang diperlukan untuk menjalankan program tersebut. Secara sederhana, ROI dapat dihitung melalui rumus berikut:
   ROI = Manfaat Ekonomi – Biaya Investasi
   Biaya Investasi ROI = \frac{Manfaat Ekonomi - Biaya Investasi
   Biaya Investasi}ROI =Biaya Investasi Manfaat Ekonomi – Biaya Investasi
   Jika nilai ROI positif dan cukup besar, maka investasi tersebut dianggap memberikan manfaat ekonomi yang lebih besar dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan. Dalam konteks penyuluhan pertanian, manfaat ekonomi dapat muncul dalam berbagai bentuk, termasuk: peningkatan produktivitas tanaman, peningkatan efisiensi penggunaan input produksi peningkatan pendapatan petani, pengurangan risiko produksi. Manfaat tersebut seringkali memiliki efek jangka panjang karena peningkatan kapasitas pengetahuan petani dapat terus memberikan manfaat bahkan setelah program penyuluhan selesai.
b. Studi Empiris Awal tentang Dampak Ekonomi Penyuluhan
   Pembahasan mengenai dampak ekonomi penyuluhan pertanian telah berkembang sejak tahun 1970-an. Salah satu studi paling berpengaruh dilakukan oleh Birkhaeuser, Evenson, dan Feder pada awal 1990-an, yang melakukan analisis komprehensif terhadap berbagai dampak penyuluhan terhadap produktivitas pertanian. Studi tersebut menemukan bahwa layanan penyuluhan secara umum memiliki dampak positif terhadap produktivitas pertanian. Dalam banyak kasus, peningkatan produktivitas yang dihasilkan oleh penyuluhan jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya yang diperlukan untuk menjalankan program tersebut. Dampak penyuluhan seringkali lebih besar dalam jangka panjang karena peningkatan pengetahuan petani memungkinkan mereka untuk terus meningkatkan efisiensi produksi dalam berbagai kondisi.
c. Analisis Global oleh Anderson dan Feder
   Kontribusi penting lainnya dalam studi mengenai ROI penyuluhan diberikan oleh Gershon Feder dan Jock R. Anderson, yang melakukan analisis komprehensif terhadap sistem penyuluhan di berbagai negara. Dalam studi mereka mengenai sistem penyuluhan pertanian, Anderson dan Feder menunjukkan bahwa investasi dalam penyuluhan memiliki tingkat pengembalian ekonomi yang sangat tinggi dibandingkan dengan banyak program pembangunan lainnya. ROI penyuluhan seringkali berada pada kisaran 20–40 persen, yang berarti bahwa setiap unit investasi dalam penyuluhan dapat menghasilkan manfaat ekonomi yang jauh lebih besar dalam bentuk peningkatan produktivitas pertanian. Temuan ini menunjukkan bahwa penyuluhan merupakan salah satu bentuk investasi publik yang sangat efisien dalam sektor pertanian.
d. Tabel Perbandingan ROI Penyuluhan di Berbagai Wilayah Dunia
   Berbagai studi empiris menunjukkan bahwa tingkat ROI penyuluhan dapat bervariasi tergantung pada kondisi ekonomi, tingkat teknologi, serta kapasitas kelembagaan dalam sistem pertanian. Berikut adalah ilustrasi perbandingan ROI penyuluhan di beberapa wilayah dunia berdasarkan berbagai kajian ekonomi pertanian.

Tabel 2. Perbandingan ROI Penyuluhan di Berbagai Wilayah Dunia

Wilayah	Perkiraan ROI Penyuluhan	Sumber Studi
Amerika Utara	40–60%	Anderson & Feder
Eropa	30–50%	Studi kebijakan pertanian EU
Asia Selatan	25–45%	Evaluasi program penyuluhan FAO
Afrika Sub-Sahara	20–35%	Studi Bank Dunia
Asia Tenggara	25–40%	Penelitian ekonomi pertanian regional

Tabel ini menunjukkan bahwa investasi dalam penyuluhan pertanian secara konsisten menghasilkan tingkat pengembalian ekonomi yang tinggi di berbagai konteks regional.

e. Mekanisme Ekonomi di Balik ROI Penyuluhan
Tingginya ROI penyuluhan dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme ekonomi utama. Pertama, penyuluhan meningkatkan efisiensi penggunaan input produksi. Petani yang memperoleh pelatihan teknis cenderung lebih mampu menggunakan pupuk, pestisida, dan air irigasi secara optimal. Kedua, penyuluhan membantu petani mengadopsi teknologi baru yang dapat meningkatkan produktivitas tanaman. Ketiga, penyuluhan meningkatkan kemampuan petani dalam mengelola risiko produksi, sehingga dapat mengurangi kerugian akibat kegagalan panen.

Keempat, penyuluhan juga membantu petani memahami dinamika pasar, sehingga mereka dapat mengambil keputusan yang lebih baik dalam menjual hasil panen. Kombinasi dari berbagai mekanisme ini menghasilkan peningkatan pendapatan petani yang pada akhirnya meningkatkan kesejahteraan masyarakat pedesaan.

f. Efek Spillover dalam Sistem Pengetahuan Pertanian
Salah satu karakteristik penting dari investasi dalam penyuluhan adalah adanya spillover effects. Ketika seorang petani memperoleh pengetahuan baru melalui program penyuluhan, pengetahuan tersebut seringkali menyebar kepada petani lain dalam komunitas melalui proses pembelajaran sosial. Dengan demikian, manfaat dari program penyuluhan tidak hanya dirasakan oleh peserta program secara langsung, tetapi juga oleh masyarakat yang lebih luas. Efek spillover ini meningkatkan nilai ekonomi dari investasi penyuluhan karena manfaat yang dihasilkan melampaui jumlah individu yang secara langsung terlibat dalam program tersebut.

g. Penyuluhan dalam Era Digital dan Efisiensi Biaya
Perkembangan teknologi digital juga membuka peluang baru untuk meningkatkan efisiensi biaya dalam sistem penyuluhan. Platform digital seperti aplikasi *mobile* pertanian dan sistem pesan singkat dapat digunakan untuk menyebarkan informasi kepada petani dalam skala yang jauh lebih besar dibandingkan dengan metode penyuluhan konvensional. Pendekatan ini memungkinkan peningkatan jangkauan layanan penyuluhan tanpa memerlukan peningkatan jumlah tenaga penyuluh secara signifikan. Namun efektivitas pendekatan digital tetap bergantung pada kemampuan petani dalam memahami dan menggunakan teknologi tersebut. Oleh karena itu, integrasi antara penyuluhan konvensional dan teknologi digital menjadi strategi penting dalam meningkatkan efisiensi sistem penyuluhan modern.

h. Implikasi Kebijakan: Penyuluhan sebagai Investasi Strategis
Temuan mengenai tingginya ROI penyuluhan memiliki implikasi penting bagi kebijakan pembangunan pertanian. Dalam banyak negara berkembang, anggaran untuk layanan penyuluhan seringkali relatif kecil dibandingkan dengan investasi dalam infrastruktur fisik. Namun bukti empiris menunjukkan bahwa investasi dalam penyuluhan dapat memberikan manfaat ekonomi yang sangat besar dalam jangka panjang. Oleh karena itu, pemerintah perlu mempertimbangkan peningkatan investasi dalam sistem penyuluhan sebagai bagian dari strategi pembangunan pertanian yang berkelanjutan.

i. Kesimpulan: Penyuluhan sebagai Mesin Pertumbuhan Pertanian
Analisis ROI penyuluhan menunjukkan bahwa investasi dalam peningkatan kapasitas pengetahuan petani merupakan salah satu strategi paling efektif untuk meningkatkan produktivitas pertanian. Melalui peningkatan efisiensi penggunaan input produksi, adopsi teknologi baru, serta peningkatan kemampuan pengelolaan risiko, penyuluhan dapat menghasilkan manfaat ekonomi yang jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya yang diperlukan untuk menjalankan program tersebut. Dalam konteks pembangunan pertanian modern, penyuluhan tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme transfer teknologi, tetapi juga sebagai investasi strategis dalam modal manusia yang dapat memperkuat kapasitas inovasi dalam sistem pertanian. Dengan demikian, penguatan sistem penyuluhan merupakan langkah penting dalam memastikan bahwa transformasi pertanian menuju era digital dapat memberikan manfaat yang luas bagi masyarakat pedesaan.

Transformasi Pengetahuan dalam Ekonomi Digital

Perkembangan teknologi digital dalam dua dekade terakhir telah mengubah secara fundamental cara pengetahuan diproduksi, disimpan, dan digunakan dalam sistem ekonomi modern. Jika dalam ekonomi tradisional pengetahuan seringkali bersifat implisit dan terikat pada pengalaman individu, dalam ekonomi digital pengetahuan semakin terkonversi menjadi data yang dapat disimpan, dianalisis, dan disebarkan secara luas melalui jaringan teknologi informasi. Transformasi ini memiliki implikasi yang sangat besar bagi sektor pertanian. Dalam sistem pertanian tradisional, sebagian besar pengetahuan produksi berasal dari pengalaman petani yang diperoleh melalui praktik bertani selama bertahun-tahun. Pengetahuan tersebut seringkali bersifat tacit knowledge, yaitu pengetahuan implisit yang sulit diformalkan atau ditransmisikan melalui dokumen tertulis. Namun perkembangan teknologi digital, terutama dalam konteks pertanian 4.0, telah menciptakan kondisi di mana sebagian besar informasi mengenai sistem produksi pertanian dapat direkam dalam bentuk data digital. Teknologi seperti sensor tanah, citra satelit, drone pertanian, dan sistem manajemen berbasis data memungkinkan berbagai aspek produksi pertanian untuk dimonitor secara *real-time.*

Dalam konteks ini, pengetahuan yang sebelumnya bersifat implisit mulai berubah menjadi pengetahuan eksplisit berbasis data yang dapat dianalisis menggunakan algoritma komputasi.

a. Konsep *Tacit Knowledge* dalam Sistem Pertanian Tradisional
   Dalam literatur ekonomi pengetahuan, pengetahuan seringkali dibedakan menjadi dua kategori utama: *tacit knowledge* dan *explicit knowledge*. Tacit knowledge merujuk pada pengetahuan yang diperoleh melalui pengalaman praktis dan seringkali sulit untuk dijelaskan secara formal. Dalam konteks pertanian tradisional, tacit knowledge memainkan peran yang sangat penting dalam praktik produksi. Sebagai contoh, petani seringkali mampu menilai kondisi tanah, memprediksi perubahan cuaca, atau mendeteksi gejala awal penyakit tanaman berdasarkan pengalaman yang mereka peroleh selama bertahun-tahun. Pengetahuan semacam ini tidak selalu dapat dijelaskan melalui rumus ilmiah atau model matematis, tetapi sangat penting dalam pengambilan keputusan produksi. Tacit knowledge juga seringkali bersifat kontekstual, karena praktik pertanian yang efektif di suatu wilayah belum tentu dapat diterapkan secara langsung di wilayah lain dengan kondisi agroekologi yang berbeda.
b. Keterbatasan Pengetahuan Implisit dalam Skala Besar
   Meskipun *tacit knowledge* memiliki nilai yang sangat tinggi dalam praktik pertanian, jenis pengetahuan ini memiliki beberapa keterbatasan dalam konteks sistem produksi modern.
   a) Pertama, pengetahuan implisit sulit untuk didokumentasikan dan disebarkan secara luas kepada masyarakat.
   b) Kedua, transfer pengetahuan tacit seringkali memerlukan interaksi langsung antara individu, seperti melalui proses pembelajaran informal dalam komunitas petani.
   c) Ketiga, ketergantungan pada pengetahuan implisit dapat membatasi kemampuan sistem pertanian untuk beradaptasi secara cepat terhadap perubahan lingkungan atau perkembangan teknologi baru.

   Dalam konteks sistem pangan global yang semakin kompleks, keterbatasan ini mendorong munculnya kebutuhan untuk mengembangkan sistem pengetahuan yang lebih sistematis dan dapat diakses oleh banyak pihak.
c. Revolusi Data dalam Sistem Pertanian
   Perkembangan teknologi digital telah membuka peluang baru untuk mengatasi keterbatasan pengetahuan implisit melalui proses digitalisasi data pertanian. Teknologi seperti sensor tanah, citra satelit, serta sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan berbagai aspek produksi pertanian untuk direkam dalam bentuk data digital.

   Data tersebut dapat mencakup berbagai informasi penting seperti: kondisi kelembaban tanah, suhu udara dan curah hujan, tingkat kesuburan tanah, pertumbuhan tanaman, serangan hama dan penyakit. Data ini kemudian dapat dianalisis menggunakan teknik analitik data dan kecerdasan buatan untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih

akurat bagi petani. Proses ini mengubah cara pengetahuan pertanian diproduksi, dari pengalaman individual menuju sistem analisis berbasis data.

d. Big Data dalam Pertanian 4.0
   Konsep Big Data memainkan peran penting dalam transformasi sistem pengetahuan pertanian modern. Big Data merujuk pada kumpulan data dalam jumlah sangat besar yang dapat dianalisis untuk mengidentifikasi pola dan hubungan yang tidak dapat dilihat melalui analisis konvensional. Dalam sektor pertanian, Big Data dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk: citra satelit sensor lahan pertanian, data cuaca global, data pasar komoditas aktivitas petani dalam platform digital Analisis terhadap data tersebut dapat memberikan wawasan yang sangat berharga mengenai kondisi produksi pertanian. Sebagai contoh, algoritma analisis data dapat digunakan untuk memprediksi potensi serangan hama berdasarkan pola iklim atau untuk menentukan dosis pupuk yang optimal berdasarkan kondisi tanah.
e. Peran Algoritma dalam Produksi Pengetahuan Pertanian
   Dalam sistem pertanian digital, algoritma memainkan peran penting dalam mengubah data menjadi informasi yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan. Algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*) dapat digunakan untuk menganalisis data dalam jumlah besar dan mengidentifikasi pola yang tidak dapat dideteksi oleh analisis manual. Sebagai contoh, sistem diagnosis penyakit tanaman berbasis kecerdasan buatan dapat menganalisis gambar daun tanaman untuk mengidentifikasi gejala penyakit secara otomatis. Teknologi ini memungkinkan petani memperoleh informasi yang sebelumnya hanya dapat diberikan oleh pakar agronomi. Dengan demikian, algoritma menjadi komponen penting dalam sistem produksi pengetahuan dalam pertanian digital.
f. Integrasi Pengetahuan Lokal dan Data Digital
   Meskipun teknologi digital membuka peluang besar bagi pengembangan sistem pengetahuan berbasis data, penting untuk diingat bahwa tacit knowledge petani tetap memiliki nilai yang sangat tinggi. Pengetahuan lokal yang diperoleh melalui pengalaman praktis seringkali mencerminkan pemahaman yang mendalam mengenai kondisi agroekologi setempat. Oleh karena itu, pendekatan yang paling efektif dalam sistem pertanian modern adalah integrasi antara pengetahuan lokal dan analisis data digital. Dalam pendekatan ini, data digital digunakan untuk melengkapi dan memperkuat pengetahuan yang sudah dimiliki oleh petani. Interaksi antara kedua sumber pengetahuan ini dapat menghasilkan sistem produksi yang lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan.
g. Penyuluhan sebagai Jembatan Pengetahuan dalam Era Digital
   Transformasi pengetahuan pertanian dari tacit menuju data eksplisit juga memiliki implikasi penting bagi peran penyuluhan pertanian. Dalam sistem pertanian tradisional, penyuluh berfungsi sebagai penyampai teknologi yang dikembangkan oleh lembaga penelitian. Namun dalam sistem pertanian digital, penyuluh juga berperan sebagai mediator yang membantu petani memahami informasi yang dihasilkan oleh sistem analisis data. Penyuluh membantu menerjemahkan data kompleks menjadi rekomendasi praktis yang dapat digunakan oleh petani dalam kegiatan produksi sehari-hari. Dengan demikian, penyuluhan memainkan peran penting dalam menjembatani dunia teknologi digital dengan praktik pertanian di lapangan.
h. Tantangan Transformasi Pengetahuan Digital
   Meskipun transformasi digital menawarkan banyak peluang, proses ini juga menghadapi berbagai tantangan. Salah satu tantangan utama adalah kesenjangan dalam akses terhadap teknologi digital antara petani yang memiliki sumber daya ekonomi yang lebih besar dan petani kecil yang memiliki keterbatasan akses terhadap teknologi. Selain itu, penggunaan teknologi digital juga memerlukan tingkat literasi data yang cukup tinggi. Tanpa kemampuan untuk memahami informasi digital, petani mungkin tidak dapat memanfaatkan potensi manfaat dari teknologi tersebut. Oleh karena itu, pengembangan modal manusia melalui pendidikan dan pelatihan menjadi komponen penting dalam proses transformasi pertanian digital.

i. Kesimpulan: Pengetahuan sebagai Infrastruktur Pertanian Digital
Perkembangan teknologi digital telah mengubah cara pengetahuan diproduksi dan digunakan dalam sistem pertanian modern. Transformasi dari pengetahuan implisit menuju sistem data eksplisit memungkinkan analisis yang lebih akurat mengenai berbagai aspek produksi pertanian. Namun keberhasilan transformasi ini tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada kapasitas manusia untuk memahami dan menggunakan teknologi tersebut secara efektif. Dengan demikian, integrasi antara pengetahuan lokal, analisis data digital, serta sistem penyuluhan yang kuat menjadi fondasi penting bagi pembangunan pertanian dalam era ekonomi pengetahuan.

Teori Modal Manusia (Human Capital Theory) dan Ekonomi Pengetahuan

a. Paradoks Teknologi Tanpa Kapasitas Manusia
Transformasi digital dalam sektor pertanian sering dipromosikan sebagai solusi revolusioner untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi sumber daya, serta ketahanan pangan global. Berbagai inovasi seperti sistem pertanian presisi, analitik data besar, kecerdasan buatan, serta platform digital pemasaran hasil pertanian kini semakin banyak diadopsi dalam sistem produksi pertanian modern. Namun di balik optimisme tersebut, terdapat paradoks mendasar yang sering diabaikan dalam diskursus teknologi pertanian: teknologi tidak akan menghasilkan manfaat ekonomi jika pengguna tidak memiliki kapasitas pengetahuan yang memadai untuk memanfaatkannya. Paradoks ini dapat dijelaskan melalui prinsip klasik dalam ilmu komputer yang dikenal sebagai *"Garbage In, Garbage Out*" (GIGO). Prinsip ini menyatakan bahwa kualitas *output* dari suatu sistem sangat bergantung pada kualitas *input* yang dimasukkan ke dalam sistem tersebut.

Dalam konteks pertanian digital, teknologi canggih seperti sistem analitik data atau aplikasi pertanian berbasis kecerdasan buatan tidak akan menghasilkan keputusan yang tepat jika data yang digunakan tidak akurat atau jika pengguna tidak memiliki kemampuan untuk memahami dan menafsirkan informasi yang dihasilkan oleh sistem tersebut. Dengan demikian, investasi dalam teknologi digital tanpa investasi yang memadai dalam modal manusia berisiko menghasilkan sistem pertanian yang tidak efisien dan bahkan dapat memperburuk ketimpangan dalam sektor pertanian.

b. Modal Manusia sebagai Fondasi Transformasi Teknologi
Teori Human Capital yang dikembangkan oleh Theodore W. Schultz dan Gary S. Becker menekankan bahwa pengetahuan dan keterampilan manusia merupakan bentuk modal yang dapat meningkatkan produktivitas ekonomi. Dalam perspektif ini, investasi dalam pendidikan dan pelatihan bukan sekadar kegiatan sosial, tetapi merupakan strategi ekonomi yang memiliki dampak langsung terhadap produktivitas. Dalam sektor pertanian, modal manusia memainkan peran penting dalam menentukan sejauh mana teknologi baru dapat digunakan secara efektif oleh petani.

Petani yang memiliki tingkat pendidikan dan akses informasi yang lebih baik cenderung lebih mampu: memahami teknologi baru, menilai manfaat ekonomi dari inovasi, mengadaptasi teknologi sesuai dengan kondisi local Sebaliknya, petani yang memiliki keterbatasan dalam kapasitas pengetahuan seringkali menghadapi kesulitan dalam menggunakan teknologi yang kompleks.

c. Kompleksitas Teknologi Pertanian Modern
Salah satu karakteristik utama teknologi pertanian modern adalah tingkat kompleksitasnya yang semakin meningkat. Teknologi seperti sistem pertanian presisi melibatkan berbagai komponen teknologi yang memerlukan pemahaman teknis yang cukup tinggi, termasuk: sensor digital, sistem pemetaan berbasis satelit, analitik data agronomi, perangkat lunak manajemen pertanian, Teknologi tersebut menghasilkan data dalam jumlah besar yang harus dianalisis untuk menghasilkan keputusan produksi yang optimal. Namun tanpa kemampuan untuk memahami data tersebut, petani mungkin tidak dapat memanfaatkan potensi manfaat dari teknologi tersebut. Dalam situasi seperti ini, teknologi yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi produksi justru dapat menjadi beban tambahan bagi petani.

d. Peran Literasi Digital dalam Sistem Pertanian
   Dalam era ekonomi digital, literasi digital menjadi komponen penting dari modal manusia dalam sektor pertanian. Literasi digital mencakup kemampuan untuk menggunakan perangkat teknologi, memahami informasi digital, serta mengevaluasi kredibilitas sumber informasi. Dalam konteks pertanian digital, literasi digital memungkinkan petani untuk:menggunakan aplikasi pertanian berbasis *mobile*, mengakses informasi pasar dan cuaca, berpartisipasi dalam platform pemasaran digital Namun tingkat literasi digital di banyak komunitas pedesaan masih relatif rendah. Kondisi ini menciptakan tantangan besar bagi implementasi teknologi digital dalam sektor pertanian.
e. Risiko Ketimpangan dalam Transformasi Digital
   Salah satu konsekuensi dari rendahnya investasi dalam modal manusia adalah munculnya ketimpangan digital dalam sektor pertanian. Petani yang memiliki tingkat pendidikan dan akses teknologi yang lebih baik cenderung lebih mampu memanfaatkan inovasi digital. Sebaliknya, petani kecil yang memiliki keterbatasan dalam akses terhadap pendidikan dan teknologi berisiko semakin tertinggal dalam sistem pertanian yang semakin terdigitalisasi. Kondisi ini dapat memperlebar kesenjangan ekonomi antara kelompok petani yang berbeda. Dalam jangka panjang, ketimpangan tersebut dapat mengancam stabilitas sosial di wilayah pedesaan.
f. Penyuluhan sebagai Infrastruktur Modal Manusia
   Dalam konteks ini, sistem penyuluhan pertanian memiliki peran strategis dalam meningkatkan kapasitas modal manusia dalam sektor pertanian. Melalui program pelatihan, demonstrasi teknologi, serta penyebaran informasi, penyuluhan membantu petani memperoleh keterampilan yang diperlukan untuk memanfaatkan teknologi pertanian modern. Penyuluhan juga berfungsi sebagai jembatan antara lembaga penelitian dan komunitas petani. Melalui interaksi ini, teknologi yang dikembangkan oleh lembaga penelitian dapat disesuaikan dengan kondisi lokal serta kebutuhan petani. Dengan demikian, penyuluhan tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme transfer teknologi, tetapi juga sebagai infrastruktur pengetahuan yang mendukung transformasi pertanian modern.
g. Integrasi Modal Manusia dan Teknologi Digital
   Transformasi pertanian menuju era digital memerlukan pendekatan yang mengintegrasikan investasi dalam teknologi dan modal manusia. Investasi dalam teknologi digital tanpa pengembangan kapasitas manusia hanya akan menghasilkan sistem yang tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Sebaliknya, investasi dalam modal manusia tanpa akses terhadap teknologi juga dapat membatasi potensi peningkatan produktivitas pertanian. Pendekatan yang paling efektif adalah strategi pembangunan yang menggabungkan kedua elemen tersebut secara seimbang.
h. Model Ekonomi Pengetahuan dalam Pertanian
   Dalam ekonomi modern, pengetahuan semakin dipandang sebagai sumber daya strategis yang menentukan daya saing ekonomi. Dalam sektor pertanian, pengetahuan tidak hanya mencakup teknik budidaya tanaman, tetapi juga mencakup pemahaman mengenai: dinamika pasar global, manajemen risiko produksi, teknologi digital pertanian. Petani yang memiliki akses terhadap pengetahuan tersebut cenderung lebih mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan dan pasar. Dengan demikian, pengembangan sistem pengetahuan pertanian menjadi komponen penting dalam strategi pembangunan pertanian berkelanjutan.
i. Implikasi Kebijakan bagi Pembangunan Pertanian
   Analisis mengenai hubungan antara modal manusia dan teknologi digital memiliki implikasi penting bagi kebijakan pembangunan pertanian. Pemerintah perlu memastikan bahwa investasi dalam teknologi digital disertai dengan investasi yang memadai dalam pengembangan kapasitas manusia. Program pendidikan pertanian, pelatihan teknologi digital, serta penguatan sistem penyuluhan perlu menjadi bagian integral dari strategi transformasi pertanian. Pendekatan ini memungkinkan teknologi digital memberikan manfaat yang lebih luas bagi masyarakat pedesaan.

j. Kesimpulan: Modal Manusia sebagai Kunci Keberhasilan Pertanian Digital
Transformasi digital dalam sektor pertanian membuka peluang besar bagi peningkatan produktivitas dan efisiensi produksi. Namun keberhasilan transformasi ini sangat bergantung pada kapasitas manusia yang mengoperasikan teknologi tersebut. Tanpa investasi dalam modal manusia, teknologi digital berisiko menjadi investasi yang tidak efektif karena pengguna tidak memiliki kemampuan untuk memanfaatkan teknologi tersebut secara optimal. Dengan demikian, pengembangan modal manusia melalui pendidikan, pelatihan, serta sistem penyuluhan yang kuat merupakan prasyarat penting bagi keberhasilan transformasi pertanian dalam era ekonomi pengetahuan. Prinsip "Garbage In, Garbage Out" mengingatkan bahwa kualitas sistem pertanian digital tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi, tetapi juga oleh kualitas pengetahuan manusia yang menggunakannya. Oleh karena itu, masa depan pertanian digital tidak hanya bergantung pada inovasi teknologi, tetapi juga pada kemampuan masyarakat untuk mengembangkan dan memanfaatkan pengetahuan sebagai sumber daya utama dalam pembangunan pertanian.

➢ Perspektif Kelembagaan: Inklusivitas, *Gender*, dan Tata Kelola Pluralistik

Institusi sebagai Fondasi Perilaku Ekonomi

Dalam analisis pembangunan pertanian modern, keberhasilan inovasi teknologi seringkali dijelaskan melalui faktor-faktor seperti ketersediaan teknologi, akses terhadap modal finansial, serta kualitas sumber daya manusia. Namun pendekatan tersebut seringkali mengabaikan dimensi yang sangat penting dalam dinamika pembangunan, yaitu struktur institusional yang mengatur interaksi sosial dan ekonomi dalam masyarakat.

Perspektif *New Institutional Economics* (NIE) menekankan bahwa kinerja ekonomi tidak hanya ditentukan oleh mekanisme pasar, tetapi juga oleh seperangkat aturan formal dan informal yang membentuk perilaku individu dalam sistem sosial. Kontribusi utama dalam bidang ini diberikan oleh Douglass C. North, yang mendefinisikan institusi sebagai *"the rules of the game in a society"*, yaitu aturan yang mengatur bagaimana individu berinteraksi dalam aktivitas ekonomi dan sosial (North, 1990).

Dalam konteks pembangunan pertanian, institusi mencakup berbagai aturan yang mempengaruhi bagaimana petani mengakses sumber daya produksi, mengambil keputusan ekonomi, serta merespons inovasi teknologi. Institusi tersebut dapat berbentuk hukum formal seperti kebijakan agraria dan regulasi pasar, maupun norma informal seperti adat istiadat dan struktur sosial dalam komunitas pedesaan. Analisis kelembagaan menjadi penting karena teknologi pertanian yang sama dapat menghasilkan hasil yang sangat berbeda tergantung pada konteks institusional di mana teknologi tersebut diterapkan.

a. Institusi Formal dan Informal dalam Sistem Pertanian
North membedakan institusi menjadi dua kategori utama, yaitu institusi formal dan institusi informal North, (1990). Institusi formal mencakup aturan yang dikodifikasi dalam sistem hukum dan kebijakan publik, seperti: undang-undang agrarian, kebijakan kepemilikan lahan, regulasi pasar komoditas pertanian, kebijakan subsidi pertanian, Institusi informal, di sisi lain, mencakup norma sosial, nilai budaya, serta praktik adat yang berkembang dalam masyarakat. Dalam komunitas pedesaan, institusi informal seringkali memiliki pengaruh yang sangat kuat terhadap perilaku ekonomi masyarakat. Misalnya, norma adat mengenai pembagian lahan atau sistem kerja sama pertanian dapat mempengaruhi bagaimana petani mengelola sumber daya produksi mereka.

Interaksi antara institusi formal dan informal menciptakan struktur kelembagaan yang kompleks dalam sistem pertanian. Menurut North, (1990)., perubahan institusional seringkali berlangsung secara lambat karena norma sosial dan praktik budaya yang telah lama berkembang dalam masyarakat cenderung sulit untuk diubah.

b. Hak Kepemilikan Lahan dan Insentif Inovasi
Salah satu aspek kelembagaan yang paling penting dalam pembangunan pertanian adalah sistem hak kepemilikan lahan. Dalam perspektif ekonomi institusional, hak kepemilikan

yang jelas dan terlindungi menciptakan insentif bagi individu untuk melakukan investasi jangka panjang dalam pengelolaan sumber daya. Sebaliknya, ketidakpastian mengenai hak kepemilikan lahan dapat menghambat investasi dalam teknologi pertanian. Petani yang tidak memiliki kepastian terhadap kepemilikan lahan mungkin enggan melakukan investasi dalam teknologi seperti irigasi, konservasi tanah, atau tanaman tahunan karena mereka tidak yakin dapat menikmati manfaat ekonomi dari investasi tersebut dalam jangka panjang. Reformasi sistem hak kepemilikan lahan dapat meningkatkan investasi dalam teknologi pertanian dan meningkatkan produktivitas pertanian secara signifikan (Gershon Feder, 1991)

c. Norma Sosial dan Hambatan Inovasi
   Selain aturan formal, norma sosial juga memainkan peran penting dalam menentukan bagaimana inovasi diterima dalam komunitas pedesaan. Dalam banyak masyarakat agraris, keputusan mengenai adopsi teknologi tidak hanya dipengaruhi oleh pertimbangan ekonomi, tetapi juga oleh norma sosial yang mengatur hubungan antar anggota komunitas. Sebagai contoh, petani mungkin enggan mengadopsi teknologi baru jika teknologi tersebut dianggap bertentangan dengan praktik tradisional yang telah lama dianut oleh komunitas.
   Struktur sosial dalam komunitas pedesaan juga dapat mempengaruhi bagaimana informasi mengenai inovasi teknologi menyebar dalam masyarakat. Petani yang memiliki status sosial tinggi dalam komunitas seringkali memiliki pengaruh besar dalam menentukan apakah suatu inovasi akan diterima atau ditolak oleh anggota komunitas lainnya. Dalam konteks ini, penyuluhan pertanian tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme transfer teknologi, tetapi juga sebagai proses sosial yang melibatkan negosiasi antara nilai-nilai tradisional dan inovasi modern.
d. Biaya Transaksi dalam Sistem Pertanian
   Salah satu konsep penting dalam ekonomi institusional adalah biaya transaksi. Biaya transaksi merujuk pada biaya yang diperlukan untuk melakukan pertukaran ekonomi, termasuk biaya pencarian informasi, negosiasi kontrak, serta pengawasan terhadap pelaksanaan perjanjian (Williamson, 2000). Dalam sektor pertanian, biaya transaksi dapat muncul dalam berbagai bentuk, seperti: biaya untuk memperoleh informasi mengenai teknologi baru, biaya untuk mengakses pasar komoditas, biaya untuk menjalin kerja sama produksi dengan petani lain Institusi yang efektif dapat membantu mengurangi biaya transaksi dengan menyediakan mekanisme koordinasi yang memfasilitasi pertukaran informasi dan kerja sama ekonomi. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan pertanian dapat dipandang sebagai institusi yang membantu mengurangi biaya transaksi dalam sistem pertanian dengan menyediakan informasi teknis kepada petani.
e. Kelembagaan Penyuluhan dan Struktur Birokrasi
   Sistem penyuluhan pertanian di banyak negara berkembang berkembang sebagai bagian dari struktur birokrasi pemerintah yang bertugas menyebarkan teknologi pertanian kepada petani. Namun struktur birokrasi yang terlalu sentralistik seringkali menghadapi kesulitan dalam merespons kebutuhan lokal petani. Sistem penyuluhan yang terlalu terpusat seringkali menghasilkan teknologi yang kurang sesuai dengan kondisi lokal (Birner, Davis, Pender, dkk., 2009). Dalam sistem semacam ini, informasi mengenai kondisi lokal petani seringkali tidak tersampaikan secara efektif kepada lembaga penelitian atau pembuat kebijakan. Akibatnya, teknologi yang dikembangkan oleh lembaga penelitian mungkin tidak selalu sesuai dengan kebutuhan petani di lapangan.
f. Institusi dan Difusi Inovasi Pertanian
   Teori ekonomi institusional menunjukkan bahwa inovasi teknologi tidak dapat dipahami secara terpisah dari struktur institusi yang mengatur perilaku ekonomi dalam masyarakat. Institusi yang mendukung inovasi biasanya memiliki beberapa karakteristik utama, antara lain: perlindungan hak kepemilikan, sistem hukum yang transparan, mekanisme koordinasi antara aktor dalam sistem pertanian. Sebaliknya, institusi yang tidak efektif dapat menciptakan hambatan terhadap inovasi. Sebagai contoh, birokrasi yang kompleks atau regulasi yang tidak jelas dapat memperlambat penyebaran teknologi baru dalam sektor pertanian.

g. Transformasi Institusional dalam Pertanian Digital
   Perkembangan teknologi digital juga menciptakan tantangan baru bagi sistem kelembagaan dalam sektor pertanian. Platform digital yang menyediakan layanan informasi pertanian seringkali beroperasi di luar kerangka kelembagaan tradisional yang mengatur sistem penyuluhan. Hal ini menciptakan peluang baru bagi inovasi, tetapi juga menimbulkan pertanyaan mengenai bagaimana sistem kelembagaan dapat mengatur interaksi antara berbagai aktor dalam ekosistem pertanian digital. Pendekatan institusional menjadi penting untuk memastikan bahwa transformasi digital dalam sektor pertanian berlangsung secara inklusif dan berkelanjutan.
h. Relevansi Perspektif Institusional bagi Reformasi Penyuluhan
   Pendekatan ekonomi institusional memberikan perspektif penting dalam memahami bagaimana sistem penyuluhan dapat direformasi. Alih-alih hanya berfokus pada peningkatan kapasitas individu penyuluh atau pengembangan teknologi baru, reformasi penyuluhan juga perlu memperhatikan struktur kelembagaan yang mengatur hubungan antara peneliti, penyuluh, dan petani. Pendekatan ini menekankan pentingnya pengembangan sistem penyuluhan yang lebih partisipatif, adaptif, dan pluralistik.
i. Kesimpulan: Institusi sebagai Infrastruktur Inovasi
   Analisis ekonomi institusional menunjukkan bahwa inovasi dalam sektor pertanian tidak hanya dipengaruhi oleh teknologi atau modal finansial, tetapi juga oleh struktur institusi yang mengatur perilaku ekonomi dalam masyarakat. Aturan formal seperti sistem hak kepemilikan lahan serta norma sosial dalam komunitas pedesaan dapat mempengaruhi sejauh mana petani bersedia mengadopsi teknologi baru. Dengan demikian, reformasi sistem penyuluhan dan inovasi pertanian perlu mempertimbangkan dimensi kelembagaan yang lebih luas. Pendekatan ini memungkinkan pengembangan sistem pertanian yang tidak hanya produktif secara ekonomi, tetapi juga berkelanjutan secara sosial.

Kolektivitas sebagai Fondasi Kelembagaan Pedesaan

Dalam analisis kelembagaan pembangunan pertanian, keberhasilan inovasi teknologi tidak hanya bergantung pada kapasitas individu petani atau kualitas teknologi yang diperkenalkan, tetapi juga pada struktur institusi kolektif yang mengatur interaksi sosial dalam komunitas pedesaan. Banyak sumber daya penting dalam sistem pertanian memiliki karakteristik common pool resources, yaitu sumber daya yang sulit untuk dikecualikan penggunaannya tetapi bersifat terbatas dalam kapasitasnya. Contoh sumber daya semacam ini meliputi sistem irigasi, padang penggembalaan, hutan desa, serta bahkan pengetahuan agronomi yang dibagikan dalam komunitas petani. Pengelolaan sumber daya bersama tersebut memerlukan mekanisme kelembagaan yang mampu mengatur penggunaan kolektif secara efektif. Kontribusi teoritis yang paling berpengaruh dalam memahami dinamika ini berasal dari Elinor Ostrom, yang dalam karya klasiknya *Governing the Commons* menunjukkan bahwa komunitas lokal mampu mengembangkan sistem kelembagaan yang efektif untuk mengelola sumber daya bersama tanpa harus bergantung sepenuhnya pada privatisasi atau kontrol negara (Tedeeva & Tedeeva, 2024)Temuan ini memiliki implikasi yang sangat penting bagi sistem penyuluhan pertanian. Jika pengetahuan pertanian dipahami sebagai sumber daya bersama yang dimiliki oleh komunitas petani, maka kelompok tani dapat dipandang sebagai institusi kolektif yang memungkinkan produksi dan distribusi pengetahuan dalam sistem pertanian.

a. Kritik terhadap Paradigma "*Tragedy of the Commons*"
   Sebelum karya Ostrom, literatur ekonomi banyak dipengaruhi oleh konsep *tragedy of the commons* yang diperkenalkan oleh Garrett Hardin. Konsep ini menyatakan bahwa sumber daya bersama secara alami akan mengalami eksploitasi berlebihan karena setiap individu memiliki insentif untuk memaksimalkan keuntungan pribadi tanpa mempertimbangkan dampak kolektif terhadap sumber daya tersebut. Dalam banyak komunitas lokal, masyarakat mampu mengembangkan aturan informal yang mengatur penggunaan sumber daya secara berkelanjutan. Institusi lokal seperti aturan adat, norma sosial, dan sistem sanksi komunitas seringkali memainkan peran penting dalam menjaga keberlanjutan sumber daya bersama (Ostrom, 1990). Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan

pembangunan yang terlalu menekankan solusi teknokratis seringkali mengabaikan kapasitas institusional yang telah berkembang dalam masyarakat lokal.

b. Prinsip Desain Institusional Ostrom
   Berdasarkan analisis terhadap berbagai sistem pengelolaan sumber daya bersama yang berhasil, Ostrom mengidentifikasi delapan prinsip desain kelembagaan yang memungkinkan institusi lokal berfungsi secara efektif. Prinsip-prinsip tersebut meliputi: Batas yang jelas mengenai anggota komunitas dan sumber daya yang dikelola, Keselarasan antara aturan penggunaan sumber daya dan kondisi local, Partisipasi anggota komunitas dalam pembuatan aturan, Sistem pemantauan terhadap penggunaan sumber daya, Sanksi bertahap terhadap pelanggaran aturan,Mekanisme penyelesaian konflik yang mudah diakses, Pengakuan hak komunitas untuk mengatur sumber daya mereka sendiri Koordinasi antara berbagai tingkat kelembagaan Prinsip-prinsip ini menunjukkan bahwa keberhasilan pengelolaan sumber daya bersama bergantung pada kapasitas kelembagaan komunitas untuk menciptakan aturan kolektif yang legitimate dan adaptif terhadap kondisi lokal.

c. Kelompok Tani sebagai Institusi Kolektif
   Dalam konteks pembangunan pertanian, kelompok tani dapat dipahami sebagai bentuk institusi kolektif yang memungkinkan petani bekerja sama dalam mengelola berbagai aspek produksi pertanian. Kelompok tani tidak hanya berfungsi sebagai organisasi sosial, tetapi juga sebagai platform untuk: berbagi pengetahuan, mengkoordinasikan kegiatan produksi, mengakses layanan penyuluhan, memperkuat posisi tawar dalam pasar. Pendekatan berbasis kelompok seringkali lebih efektif dibandingkan dengan pendekatan individual dalam menyebarkan teknologi pertanian (Birner, 2021). Melalui interaksi dalam kelompok tani, petani dapat saling bertukar pengalaman serta mengamati keberhasilan anggota kelompok lain dalam menggunakan teknologi baru. Proses ini menciptakan mekanisme pembelajaran sosial yang mempercepat difusi inovasi dalam komunitas pedesaan.

d. Kelompok Tani dan Pembelajaran Sosial
   Pembelajaran sosial merupakan salah satu mekanisme penting dalam penyebaran inovasi pertanian. Petani seringkali lebih percaya pada pengalaman sesama petani dibandingkan dengan informasi yang diberikan oleh aktor eksternal seperti pemerintah atau lembaga penelitian. Kelompok tani menyediakan ruang sosial di mana proses pembelajaran semacam ini dapat berlangsung secara efektif. Melalui diskusi kelompok, demonstrasi teknologi, dan kunjungan lapangan, petani dapat mengevaluasi manfaat teknologi baru sebelum memutuskan untuk mengadopsinya. Pendekatan ini juga mengurangi risiko yang dirasakan oleh petani dalam mengadopsi teknologi baru.

e. Penyuluhan Partisipatif dan Kolektivitas
   Integrasi teori Ostrom dalam sistem penyuluhan pertanian telah mendorong berkembangnya pendekatan penyuluhan partisipatif. Dalam pendekatan ini, penyuluh tidak lagi berperan sebagai instruktur yang menyampaikan teknologi secara top-down, tetapi sebagai fasilitator yang membantu komunitas petani mengembangkan solusi kolektif terhadap masalah pertanian. Pendekatan ini tercermin dalam berbagai model penyuluhan modern seperti*: Farmer Field Schools, Participatory Technology Development, Innovation Platforms.* Model-model ini menekankan pentingnya kolaborasi antara petani, penyuluh, dan peneliti dalam proses inovasi pertanian.

f. Tantangan Kelembagaan dalam Kelompok Tani
   Meskipun kelompok tani memiliki potensi besar sebagai institusi kolektif, dalam praktiknya banyak kelompok tani menghadapi berbagai tantangan kelembagaan. Beberapa masalah yang sering muncul meliputi:partisipasi anggota yang rendah, dominasi elite lokal dalam pengambilan keputusan, ketergantungan pada bantuan eksternal. Kelompok tani yang dibentuk secara *top-down* tanpa proses partisipatif seringkali tidak mampu bertahan dalam jangka panjang (Faure dkk., 2012). Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan kelompok tani sangat bergantung pada legitimasi sosial serta kapasitas organisasi dalam komunitas tersebut.

g. Integrasi Kelembagaan Lokal dan Sistem Penyuluhan
   Perspektif Ostrom menunjukkan bahwa sistem penyuluhan yang efektif perlu memperhatikan keberadaan institusi lokal yang telah berkembang dalam komunitas pedesaan. Alih-alih menggantikan institusi lokal dengan struktur birokrasi formal, sistem penyuluhan dapat dirancang untuk memperkuat kapasitas kelembagaan komunitas. Pendekatan ini memungkinkan pengembangan sistem inovasi pertanian yang lebih adaptif terhadap kondisi lokal.
h. Relevansi bagi Sistem Penyuluhan Pluralistik
   Dalam sistem penyuluhan modern yang semakin pluralistik, berbagai aktor seperti organisasi petani, perusahaan agribisnis, serta lembaga non-pemerintah terlibat dalam penyediaan layanan penyuluhan. Dalam konteks ini, kelompok tani dapat berfungsi sebagai platform koordinasi antara berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Pendekatan kelembagaan berbasis komunitas memungkinkan sistem penyuluhan menjadi lebih inklusif dan responsif terhadap kebutuhan petani.
i. Kesimpulan: Kolektivitas sebagai Infrastruktur Sosial Inovasi
   Teori pengelolaan sumber daya bersama yang dikembangkan oleh Elinor Ostrom menunjukkan bahwa komunitas lokal memiliki kapasitas untuk mengembangkan institusi yang efektif dalam mengelola sumber daya bersama. Dalam konteks pertanian, kelompok tani dapat berfungsi sebagai institusi kolektif yang mendukung proses pembelajaran sosial dan difusi inovasi. Dengan memperkuat kelembagaan kelompok tani, sistem penyuluhan dapat menjadi lebih partisipatif, adaptif, dan berkelanjutan. Pendekatan ini menegaskan bahwa keberhasilan inovasi pertanian tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada kapasitas kelembagaan komunitas untuk bekerja sama dalam mengelola pengetahuan dan sumber daya secara kolektif.

Gender sebagai Dimensi Kelembagaan dalam Pembangunan Pertanian

Analisis pembangunan pertanian modern semakin menempatkan isu *gender* sebagai variabel struktural yang menentukan efektivitas kebijakan pertanian dan keberhasilan sistem inovasi agraria. Dalam banyak negara berkembang, perempuan memainkan peran yang sangat signifikan dalam kegiatan produksi pangan, mulai dari penanaman, pemeliharaan tanaman, hingga pengolahan hasil panen. Namun demikian, kontribusi perempuan dalam sistem pertanian sering kali tidak sebanding dengan akses mereka terhadap sumber daya produktif.

Pembahasan dalam ekonomi pembangunan menunjukkan bahwa ketimpangan *gender* dalam sektor pertanian bukan hanya disebabkan oleh perbedaan kemampuan individu, tetapi juga oleh struktur kelembagaan yang menghasilkan bias sistemik terhadap perempuan. Norma sosial, sistem hukum agraria, serta desain kebijakan pembangunan sering kali memperkuat posisi subordinat perempuan dalam sistem produksi pertanian.

Kajian global menunjukkan bahwa perempuan memiliki akses yang jauh lebih terbatas terhadap layanan penyuluhan dibandingkan laki-laki. Studi empiris di beberapa negara Afrika menunjukkan bahwa kepala rumah tangga perempuan dan pengelola lahan perempuan secara signifikan lebih kecil kemungkinannya untuk menerima layanan penyuluhan dibandingkan laki-laki, bahkan setelah faktor ekonomi dan karakteristik lahan dikontrol secara statistik. Temuan ini menunjukkan bahwa ketimpangan *gender* dalam sistem penyuluhan merupakan fenomena struktural yang memerlukan analisis kelembagaan yang mendalam.

a. Perempuan dalam Sistem Produksi Pertanian Global
   Perempuan memainkan peran sentral dalam sistem pangan global. Di banyak wilayah pedesaan, perempuan terlibat secara langsung dalam kegiatan produksi tanaman pangan, pengolahan hasil panen, serta distribusi pangan pada tingkat rumah tangga. Perempuan juga sering menjadi aktor utama dalam menjaga ketahanan pangan keluarga melalui pengelolaan kebun rumah tangga serta diversifikasi produksi pangan. Namun kontribusi ekonomi perempuan dalam sektor pertanian sering kali tidak tercermin dalam statistik resmi karena sebagian besar aktivitas mereka berada dalam sektor informal atau subsisten. Akibatnya, kebijakan pertanian sering dirancang berdasarkan asumsi bahwa petani utama adalah laki-laki. Pendekatan kebijakan semacam ini menciptakan apa yang oleh para peneliti disebut sebagai *gender-blind agricultural policy*, yaitu kebijakan pertanian yang

tidak mempertimbangkan perbedaan kebutuhan dan pengalaman antara petani laki-laki dan perempuan. Ketika kebijakan pembangunan tidak mempertimbangkan dimensi *gender*, hasilnya sering kali adalah distribusi manfaat pembangunan yang tidak merata.

b. Bias *Gender* dalam Sistem Penyuluhan Pertanian
   Salah satu bentuk ketimpangan *gender* yang paling jelas dalam sektor pertanian adalah ketidaksetaraan akses terhadap layanan penyuluhan. Ragasa menjelaskan bahwa perempuan secara signifikan lebih kecil kemungkinannya untuk menerima layanan penyuluhan dibandingkan laki-laki, baik dalam bentuk pelatihan teknologi, konsultasi agronomi, maupun akses terhadap informasi pertanian . Bias *gender* dalam sistem penyuluhan muncul melalui berbagai mekanisme institusional, antara lain: Asumsi normatif mengenai kepala rumah tangga laki-laki. Desain program penyuluhan yang tidak mempertimbangkan beban kerja domestik perempuan Keterbatasan mobilitas perempuan dalam ruang public Dalam banyak masyarakat pedesaan, penyuluh pertanian biasanya berinteraksi dengan petani laki-laki karena mereka dianggap sebagai kepala rumah tangga atau pemilik lahan. Akibatnya, informasi mengenai teknologi pertanian seringkali tidak sampai kepada perempuan meskipun mereka terlibat secara langsung dalam kegiatan produksi pertanian.
c. Struktur Sosial Patriarki dan Hambatan Institusional
   Ketimpangan *gender* dalam sistem penyuluhan tidak dapat dipahami hanya sebagai masalah teknis dalam desain program pembangunan. Sebaliknya, fenomena ini sering kali berakar pada struktur sosial patriarki yang mengatur hubungan kekuasaan dalam masyarakat pedesaan. Dalam banyak komunitas agraris, norma budaya memberikan otoritas ekonomi yang lebih besar kepada laki-laki dibandingkan perempuan. Sistem pewarisan tanah, misalnya, sering kali memberikan prioritas kepada laki-laki sebagai pemilik utama lahan keluarga. Ketika kepemilikan lahan menjadi syarat utama untuk memperoleh akses terhadap kredit atau layanan penyuluhan, perempuan secara otomatis menjadi kelompok yang kurang terwakili dalam sistem pembangunan pertanian. Dengan demikian, bias *gender* dalam sistem penyuluhan bukan sekadar masalah distribusi layanan, tetapi juga mencerminkan struktur kekuasaan yang lebih luas dalam masyarakat pedesaan.
d. *Gender* dan Adopsi Teknologi Pertanian
   Keterbatasan akses perempuan terhadap layanan penyuluhan memiliki implikasi langsung terhadap tingkat adopsi teknologi pertanian. Petani perempuan sering memiliki tingkat adopsi teknologi yang lebih rendah dibandingkan petani laki-laki. Namun perbedaan ini tidak disebabkan oleh kurangnya kemampuan atau minat perempuan terhadap inovasi teknologi. Sebaliknya, perbedaan tersebut lebih sering disebabkan oleh keterbatasan akses perempuan terhadap:informasi teknologi, jaringan sosial agrarian sumber daya ekonomi Ketika perempuan tidak memiliki akses terhadap informasi mengenai teknologi baru, mereka tidak memiliki kesempatan yang sama untuk mengevaluasi manfaat teknologi tersebut. Akibatnya, potensi peningkatan produktivitas pertanian melalui inovasi teknologi tidak dapat dimanfaatkan secara optimal.
e. Pendekatan *Gender-Responsive Extension*
   Untuk mengatasi ketimpangan *gender* dalam sistem penyuluhan, berbagai organisasi pembangunan telah mengembangkan pendekatan yang dikenal sebagai *gender-responsive agricultural extension*. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa layanan penyuluhan dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan dan kondisi perempuan. Strategi yang sering digunakan dalam pendekatan ini antara lain: meningkatkan jumlah penyuluh perempuan menyesuaikan waktu pelatihan dengan jadwal kerja perempuan menggunakan metode komunikasi yang lebih inklusif. Pendekatan ini juga menekankan pentingnya melibatkan perempuan dalam proses pengambilan keputusan dalam organisasi kelompok tani. Dengan meningkatkan partisipasi perempuan dalam kelembagaan lokal, sistem penyuluhan dapat menjadi lebih responsif terhadap kebutuhan seluruh anggota komunitas petani.
f. Organisasi Perempuan dan Kolektivitas Agraria
   Pembentukan organisasi perempuan di pedesaan merupakan salah satu strategi penting dalam meningkatkan partisipasi perempuan dalam sistem pertanian. Kelompok perempuan

menyediakan ruang sosial di mana perempuan dapat berbagi pengalaman, memperoleh informasi teknologi, serta mengembangkan jaringan sosial yang mendukung kegiatan ekonomi mereka. Dalam banyak kasus, organisasi perempuan juga memainkan peran penting dalam meningkatkan posisi tawar perempuan dalam pasar agraria. Melalui organisasi kolektif, perempuan dapat memperoleh akses yang lebih baik terhadap kredit mikro, pelatihan kewirausahaan, serta jaringan pemasaran produk pertanian. Pendekatan ini menunjukkan bahwa pemberdayaan perempuan dalam sektor pertanian memerlukan kombinasi antara reformasi kelembagaan dan penguatan organisasi sosial di tingkat lokal.

g. *Gender* dan Transformasi Pertanian Digital
   Perkembangan teknologi digital dalam sektor pertanian juga menciptakan peluang baru untuk meningkatkan inklusivitas *gender*. Platform digital memungkinkan perempuan untuk memperoleh akses terhadap informasi pertanian tanpa harus bergantung sepenuhnya pada interaksi tatap muka dengan penyuluh. Namun digitalisasi pertanian juga menghadirkan risiko munculnya digital *gender* divide, yaitu kesenjangan akses terhadap teknologi digital antara laki-laki dan perempuan. Di banyak wilayah pedesaan, perempuan memiliki akses yang lebih terbatas terhadap *smartphone*, internet, serta pelatihan literasi digital. Jika kesenjangan ini tidak diatasi, transformasi digital dalam sektor pertanian berpotensi memperkuat ketimpangan *gender* yang sudah ada.
h. Reformasi Kelembagaan untuk Inklusivitas *Gender*
   Untuk mengatasi ketimpangan *gender* dalam sistem pertanian, reformasi kelembagaan diperlukan pada berbagai tingkat. Reformasi tersebut dapat mencakup:reformasi hukum agraria untuk memperkuat hak kepemilikan lahan perempuan, integrasi perspektif *gender* dalam kebijakan penyuluhan, peningkatan representasi perempuan dalam organisasi petani. Pendekatan kelembagaan semacam ini memungkinkan sistem pembangunan pertanian menjadi lebih inklusif dan berkelanjutan.
i. Kesimpulan: *Gender* sebagai Pilar Inklusivitas Sistem Pertanian
   Analisis *gender* struktural menunjukkan bahwa ketimpangan *gender* dalam sektor pertanian bukan sekadar masalah individu, tetapi merupakan hasil dari struktur institusional yang membatasi akses perempuan terhadap sumber daya produktif. Bias *gender* dalam sistem penyuluhan dapat menghambat difusi inovasi teknologi serta membatasi potensi peningkatan produktivitas pertanian. Dengan mengintegrasikan perspektif *gender* dalam desain kebijakan pertanian dan sistem penyuluhan, pembangunan pertanian dapat menjadi lebih inklusif dan berkelanjutan. Pendekatan ini menegaskan bahwa keberhasilan inovasi pertanian tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada kemampuan institusi untuk memastikan bahwa seluruh anggota masyarakat memiliki akses yang adil terhadap pengetahuan dan sumber daya.

Transformasi Tata Kelola Penyuluhan Pertanian

Sistem penyuluhan pertanian secara historis berkembang sebagai bagian dari struktur birokrasi negara yang bertujuan menyebarkan inovasi teknologi kepada petani. Model klasik ini dikenal sebagai public extension system, di mana pemerintah memainkan peran utama dalam penyediaan layanan informasi, pelatihan teknologi, serta konsultasi agronomi bagi petani.

Namun sejak akhir abad ke-20, berbagai perubahan struktural dalam ekonomi global mulai mempengaruhi cara sistem penyuluhan pertanian diselenggarakan. Liberalisasi ekonomi, keterbatasan anggaran pemerintah, serta meningkatnya kompleksitas sistem pangan global mendorong munculnya pendekatan baru dalam tata kelola penyuluhan. Salah satu perkembangan paling signifikan adalah munculnya konsep pluralistic agricultural extension systems, yaitu sistem penyuluhan yang melibatkan berbagai aktor di luar pemerintah, termasuk sektor swasta, organisasi petani, lembaga non-pemerintah, serta perusahaan teknologi pertanian.

Sistem penyuluhan modern semakin berkembang menuju model pluralistik yang menggabungkan peran berbagai institusi dalam penyediaan layanan informasi pertanian (Birner dkk., 2009). Pendekatan ini mencerminkan perubahan paradigma dalam tata kelola pembangunan pertanian, di mana inovasi tidak lagi dipandang sebagai proses yang

dikendalikan oleh negara semata, tetapi sebagai hasil interaksi antara berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian *(agricultural innovation systems).*

a. Konsep *Pluralistic Extension System*
   Konsep pluralistic extension system berangkat dari kritik terhadap model penyuluhan konvensional yang terlalu bergantung pada birokrasi pemerintah. Dalam model tradisional, penyuluhan pertanian biasanya diselenggarakan oleh lembaga pemerintah yang memiliki mandat untuk menyebarkan teknologi kepada petani melalui jaringan penyuluh lapangan. Meskipun model ini berhasil memainkan peran penting dalam penyebaran teknologi selama era Revolusi Hijau, berbagai studi menunjukkan bahwa sistem tersebut sering menghadapi berbagai keterbatasan, termasuk: keterbatasan sumber daya manusia, keterbatasan anggaran pemerintah, keterbatasan kapasitas untuk menjangkau petani secara luas. Sebagai respons terhadap tantangan tersebut, banyak negara mulai mengembangkan sistem penyuluhan yang melibatkan berbagai aktor dalam penyediaan layanan informasi pertanian. Dalam sistem pluralistik, berbagai organisasi dapat berperan sebagai penyedia layanan penyuluhan, termasuk: lembaga pemerintah, perusahaan agribisnis, organisasi petani, lembaga penelitian, perusahaan teknologi digital. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan menjadi lebih fleksibel dan responsif terhadap kebutuhan petani.
b. Kemitraan Publik–Swasta dalam Penyuluhan
   Salah satu mekanisme penting dalam sistem penyuluhan pluralistik adalah *public–private partnership* (PPP). PPP merujuk pada bentuk kerja sama antara sektor publik dan sektor swasta dalam penyediaan layanan pembangunan. Dalam konteks penyuluhan pertanian, PPP dapat melibatkan berbagai bentuk kolaborasi, seperti: pelatihan teknologi yang diselenggarakan oleh perusahaan agribisnis sebagai penyediaan layanan informasi pertanian oleh perusahaan teknologi, kemitraan antara pemerintah dan organisasi petani. Kemitraan semacam ini dapat meningkatkan efisiensi penyediaan layanan penyuluhan serta memperluas jangkauan informasi pertanian kepada petani. Namun keberhasilan PPP dalam sektor pertanian sangat bergantung pada desain kelembagaan yang memastikan bahwa kepentingan publik tetap terlindungi. Tanpa mekanisme regulasi yang memadai, keterlibatan sektor swasta dalam penyuluhan berpotensi menciptakan konflik kepentingan, terutama jika perusahaan menggunakan layanan penyuluhan sebagai sarana promosi produk komersial.
c. Peran Organisasi Petani dalam Sistem Pluralistik
   Selain sektor publik dan swasta, organisasi petani juga memainkan peran penting dalam sistem penyuluhan pluralistik. Organisasi petani dapat berfungsi sebagai perantara antara petani dan berbagai penyedia layanan penyuluhan. Melalui organisasi kolektif, petani dapat: mengidentifikasi kebutuhan teknologi mereka, mengakses pelatihan teknis, memperkuat posisi tawar dalam pasar agrarian. Organisasi petani yang kuat dapat meningkatkan efektivitas penyuluhan dengan memastikan bahwa layanan yang diberikan sesuai dengan kebutuhan petani. Selain itu, organisasi petani juga dapat memainkan peran penting dalam memfasilitasi pembelajaran sosial di antara anggota komunitas petani.
d. Munculnya Ekosistem AgTech
   Perkembangan teknologi digital dalam sektor pertanian telah melahirkan ekosistem baru yang dikenal sebagai AgTech (*Agricultural Technology*). AgTech merujuk pada penggunaan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi produksi pertanian serta memperbaiki akses petani terhadap informasi dan pasar. Perusahaan AgTech mengembangkan berbagai platform digital yang menyediakan layanan seperti:diagnosis penyakit tanaman berbasis AI, sistem informasi cuaca berbasis satelit, platform pemasaran digital hasil pertanian Dalam banyak kasus, platform digital ini berfungsi sebagai bentuk baru layanan penyuluhan yang memberikan informasi teknologi secara langsung kepada petani melalui perangkat *mobile*. *Platform digital* dapat meningkatkan akses petani terhadap informasi pertanian secara signifikan (Faure dkk., 2012).
e. Penyuluhan Digital dan Demokratisasi Pengetahuan
   Salah satu potensi utama dari teknologi digital adalah kemampuannya untuk mendemokratisasi akses terhadap pengetahuan pertanian. Melalui aplikasi *mobile* dan platform online, petani dapat memperoleh informasi mengenai teknik budidaya, harga

pasar, serta kondisi cuaca tanpa harus bergantung sepenuhnya pada penyuluh lapangan. Pendekatan ini memungkinkan penyebaran informasi dalam skala yang jauh lebih luas dibandingkan dengan sistem penyuluhan konvensional. Namun digitalisasi penyuluhan juga menghadirkan tantangan baru terkait dengan kualitas informasi serta kesenjangan akses terhadap teknologi digital.

f. Risiko Komersialisasi Penyuluhan
Meskipun keterlibatan sektor swasta dapat meningkatkan efisiensi sistem penyuluhan, pendekatan ini juga menimbulkan kekhawatiran mengenai potensi komersialisasi layanan penyuluhan. Perusahaan agribisnis yang menyediakan layanan penyuluhan seringkali memiliki kepentingan untuk mempromosikan produk tertentu seperti benih hibrida, pupuk, atau pestisida. Jika tidak diatur dengan baik, layanan penyuluhan yang disediakan oleh sektor swasta dapat berubah menjadi alat pemasaran yang lebih menguntungkan perusahaan dibandingkan petani. Oleh karena itu, tata kelola sistem penyuluhan pluralistik memerlukan mekanisme regulasi yang memastikan bahwa kepentingan petani tetap menjadi prioritas utama.

g. Peran Pemerintah dalam Sistem Penyuluhan Pluralistik
Meskipun sistem penyuluhan semakin melibatkan berbagai aktor non-pemerintah, pemerintah tetap memiliki peran penting dalam mengatur tata kelola sistem penyuluhan. Peran pemerintah dalam sistem pluralistik meliputi: menetapkan standar kualitas layanan penyuluhan, memastikan akses yang adil terhadap informasi pertanian, mengatur hubungan antara berbagai aktor dalam sistem penyuluhan. Dengan kata lain, pemerintah berfungsi sebagai regulator dan fasilitator dalam sistem penyuluhan pluralistik.

h. Matriks Tata Kelola Penyuluhan Pluralistik
Berikut adalah ilustrasi sederhana mengenai struktur tata kelola dalam sistem penyuluhan pluralistik.

Tabel 3. struktur tata kelola dalam sistem penyuluhan pluralistik.

Aktor	Peran Utama
Pemerintah	Regulasi, koordinasi kebijakan
Perusahaan agribisnis	Penyedia teknologi dan pelatihan
Organisasi petani	Representasi kepentingan petani
Lembaga penelitian	Pengembangan inovasi teknologi
Perusahaan AgTech	Platform digital informasi pertanian

Matriks ini menunjukkan bahwa sistem penyuluhan modern merupakan ekosistem yang melibatkan berbagai aktor dengan peran yang saling melengkapi.

i. Kesimpulan: Tata Kelola Pluralistik sebagai Fondasi Penyuluhan Modern
Transformasi sistem penyuluhan menuju model pluralistik mencerminkan perubahan yang lebih luas dalam tata kelola pembangunan pertanian. Dalam sistem ini, penyuluhan tidak lagi dipandang sebagai tanggung jawab pemerintah semata, tetapi sebagai hasil kolaborasi antara berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Kemitraan antara sektor publik, sektor swasta, organisasi petani, serta perusahaan teknologi digital dapat meningkatkan efektivitas penyebaran inovasi pertanian. Namun keberhasilan sistem pluralistik sangat bergantung pada tata kelola yang memastikan bahwa kepentingan petani tetap menjadi pusat dari sistem tersebut. Pendekatan ini menegaskan bahwa masa depan penyuluhan pertanian tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada desain kelembagaan yang mampu mengintegrasikan berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian secara inklusif dan berkelanjutan.

Mengapa Tata Kelola Menjadi Isu Sentral dalam Transformasi Penyuluhan

Transformasi sistem penyuluhan pertanian dalam beberapa dekade terakhir tidak dapat dipisahkan dari perubahan yang lebih luas dalam tata kelola pembangunan pertanian global. Jika pada masa lalu penyuluhan dipandang sebagai fungsi teknokratis pemerintah untuk menyebarkan teknologi kepada petani, maka dalam konteks sistem pangan global yang semakin kompleks, penyuluhan kini harus dipahami sebagai bagian dari sistem inovasi pertanian yang melibatkan berbagai aktor dan institusi. Perubahan ini menuntut adanya

pendekatan tata kelola yang lebih inklusif, kolaboratif, dan adaptif terhadap dinamika sosial ekonomi pedesaan. Dalam sistem inovasi pertanian modern, keberhasilan penyebaran teknologi tidak hanya ditentukan oleh kualitas inovasi teknologi itu sendiri, tetapi juga oleh bagaimana berbagai institusi-baik formal maupun informal-berinteraksi dalam mendukung proses pembelajaran kolektif di antara aktor-aktor yang terlibat dalam sistem pertanian.

Kajian dalam literatur kebijakan pertanian menunjukkan bahwa sistem penyuluhan yang efektif biasanya beroperasi dalam kerangka *governance system* yang mampu mengintegrasikan peran berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian (Birner, Davis, & Pender, 2009). Pendekatan ini menekankan bahwa tata kelola penyuluhan harus dirancang untuk memastikan bahwa semua kelompok masyarakat pedesaan, termasuk petani kecil, perempuan, serta kelompok rentan lainnya, memiliki akses yang adil terhadap layanan pengetahuan dan inovasi. Dalam konteks ini, konsep tata kelola inklusif (*inclusive governance*) menjadi sangat penting sebagai landasan normatif dalam merancang sistem penyuluhan pertanian yang berkelanjutan.

a. Tata Kelola Inklusif dalam Sistem Inovasi Pertanian
   Konsep tata kelola inklusif merujuk pada sistem pengambilan keputusan yang memastikan partisipasi berbagai kelompok sosial dalam proses pembangunan. Dalam sistem pertanian, pendekatan ini menekankan pentingnya melibatkan berbagai aktor dalam proses perumusan kebijakan, implementasi program, serta evaluasi dampak pembangunan. Pendekatan ini berkembang seiring dengan munculnya konsep *Agricultural Innovation Systems* (AIS) yang menekankan bahwa inovasi dalam sektor pertanian merupakan hasil interaksi antara berbagai aktor, termasuk petani, lembaga penelitian, pemerintah, sektor swasta, serta organisasi masyarakat sipil. Inovasi pertanian lebih mungkin berhasil ketika berbagai aktor dalam sistem pertanian memiliki kesempatan untuk berinteraksi dan belajar satu sama (Klerkx dkk., 2012) Dalam kerangka AIS, penyuluhan pertanian tidak lagi dipandang sebagai mekanisme transfer teknologi satu arah dari lembaga penelitian kepada petani. Sebaliknya, penyuluhan dipahami sebagai proses fasilitasi pembelajaran kolektif yang melibatkan berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Pendekatan ini menempatkan tata kelola inklusif sebagai komponen penting dalam memastikan bahwa inovasi pertanian dapat diakses oleh seluruh anggota masyarakat pedesaan.
b. Inklusivitas Sosial dalam Sistem Penyuluhan
   Salah satu tantangan utama dalam pembangunan pertanian adalah memastikan bahwa inovasi teknologi dapat diakses secara merata oleh berbagai kelompok sosial dalam masyarakat pedesaan. Kelompok petani kecil, perempuan, serta petani di wilayah seringkali memiliki akses yang lebih terbatas terhadap layanan penyuluhan dibandingkan kelompok petani yang lebih mapan secara ekonomi. Kondisi ini menciptakan risiko bahwa inovasi teknologi justru dapat memperlebar kesenjangan sosial dalam sektor pertanian. Pendekatan yang mengintegrasikan perspektif inklusivitas sosial dalam desain program penyuluhan dapat meningkatkan efektivitas penyebaran teknologi pertanian (Anderson & Feder, 2004). Program penyuluhan yang inklusif biasanya memiliki beberapa karakteristik utama, antara lain: pendekatan partisipatif dalam perencanaan program, perhatian terhadap kebutuhan kelompok rentan, integrasi perspektif *gender* dalam kebijakan penyuluhan. Pendekatan ini memastikan bahwa inovasi pertanian tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga berkontribusi pada pengurangan ketimpangan sosial di pedesaan.
c. Peran Kelembagaan Lokal dalam Tata Kelola Penyuluhan
   Dalam sistem pertanian yang kompleks, keberhasilan penyebaran inovasi sangat bergantung pada kapasitas kelembagaan lokal dalam mengelola proses pembelajaran kolektif di antara petani. Institusi lokal seperti kelompok tani, koperasi pertanian, serta organisasi masyarakat pedesaan memainkan peran penting dalam memfasilitasi interaksi antara petani dan berbagai penyedia layanan inovasi. Kelembagaan lokal yang kuat dapat meningkatkan efektivitas penyuluhan dengan menciptakan ruang bagi petani untuk berpartisipasi secara aktif dalam proses inovasi pertanian. Institusi lokal juga dapat berfungsi sebagai mekanisme akuntabilitas sosial yang memastikan bahwa layanan penyuluhan benar-benar menjawab kebutuhan petani. Dengan demikian, penguatan

kelembagaan lokal merupakan komponen penting dalam membangun sistem penyuluhan yang inklusif.

d. Integrasi Teknologi Digital dalam Tata Kelola Penyuluhan
   Perkembangan teknologi digital dalam sektor pertanian telah membuka peluang baru untuk meningkatkan efektivitas sistem penyuluhan. Platform digital memungkinkan penyebaran informasi pertanian dalam skala yang jauh lebih luas dibandingkan dengan metode penyuluhan konvensional. Namun digitalisasi penyuluhan juga menghadirkan tantangan baru dalam tata kelola sistem penyuluhan. Salah satu tantangan utama adalah bagaimana memastikan bahwa teknologi digital dapat diakses oleh semua kelompok petani, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan dalam akses terhadap perangkat digital atau literasi teknologi. Jika tidak dirancang secara inklusif, transformasi digital dalam sistem penyuluhan berpotensi memperkuat kesenjangan digital antara petani yang memiliki akses teknologi dan mereka yang tidak. Oleh karena itu, integrasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan harus disertai dengan kebijakan yang memastikan bahwa akses terhadap teknologi digital tersedia secara merata.
e. Menuju Model Penyuluhan Hibrid
   Perkembangan dalam sistem inovasi pertanian menunjukkan bahwa tidak ada satu model penyuluhan yang dapat menjawab semua tantangan dalam pembangunan pertanian modern. Pendekatan yang terlalu bergantung pada teknologi digital berisiko mengabaikan dimensi sosial dalam proses pembelajaran pertanian. Sebaliknya, pendekatan yang sepenuhnya mengandalkan penyuluhan tatap muka mungkin tidak mampu menjangkau petani dalam skala yang luas. Dalam konteks ini, banyak peneliti mulai mengusulkan pendekatan model penyuluhan hibrid, yaitu sistem penyuluhan yang mengintegrasikan berbagai metode komunikasi dan pembelajaran dalam satu kerangka kelembagaan yang terpadu. Model ini menggabungkan kekuatan penyuluhan konvensional-yang menekankan interaksi sosial dan pembelajaran partisipatif-dengan potensi teknologi digital untuk memperluas jangkauan penyebaran informasi. Pendekatan hibrid memungkinkan sistem penyuluhan menjadi lebih adaptif terhadap kebutuhan petani dalam berbagai konteks sosial dan geografis.
f. Prinsip Tata Kelola Model Penyuluhan Hibrid
   Agar model penyuluhan hibrid dapat berfungsi secara efektif, diperlukan sistem tata kelola yang memenuhi beberapa prinsip utama:
   a) Inklusivitas social Sistem penyuluhan harus memastikan bahwa semua kelompok petani memiliki akses terhadap layanan pengetahuan.
   b) Kolaborasi multi-aktor Berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian harus dilibatkan dalam penyediaan layanan penyuluhan.
   c) Integrasi teknologi dan interaksi social Teknologi digital harus digunakan untuk melengkapi, bukan menggantikan, interaksi sosial dalam proses pembelajaran pertanian.
   d) Akuntabilitas kelembagaan Mekanisme tata kelola harus memastikan bahwa layanan penyuluhan benar-benar menjawab kebutuhan petani.

   Prinsip-prinsip ini memberikan kerangka normatif bagi pengembangan sistem penyuluhan pertanian yang berkelanjutan.
g. Implikasi Kebijakan bagi Reformasi Penyuluhan
   Transformasi menuju sistem penyuluhan yang inklusif dan pluralistik memerlukan reformasi kebijakan pada berbagai tingkat. Pemerintah memiliki peran penting dalam menciptakan kerangka regulasi yang memungkinkan berbagai aktor berpartisipasi dalam sistem penyuluhan tanpa mengorbankan kepentingan petani. Kebijakan penyuluhan yang efektif harus mampu: mendorong kolaborasi antara sektor publik dan swasta, memperkuat kelembagaan petani, mengintegrasikan teknologi digital dalam sistem penyuluhan. Pendekatan kebijakan semacam ini memungkinkan sistem penyuluhan menjadi lebih adaptif terhadap perubahan dalam sistem pangan global.
h. Kontribusi Perspektif Kelembagaan bagi Model Penyuluhan Masa Depan
   Analisis dalam sub-bab ini menunjukkan bahwa keberhasilan sistem penyuluhan tidak hanya bergantung pada teknologi atau metode komunikasi yang digunakan, tetapi juga

pada struktur kelembagaan yang mengatur interaksi antara berbagai aktor dalam sistem pertanian. Perspektif kelembagaan memberikan kerangka analitis yang memungkinkan kita memahami bagaimana aturan formal, norma sosial, serta struktur organisasi mempengaruhi proses inovasi pertanian. Dengan memahami dinamika kelembagaan tersebut, pembuat kebijakan dapat merancang sistem penyuluhan yang lebih responsif terhadap kebutuhan petani.

i. Kesimpulan: Tata Kelola Inklusif sebagai Fondasi Transformasi Penyuluhan
Transformasi sistem penyuluhan pertanian dalam era digital memerlukan pendekatan tata kelola yang mampu mengintegrasikan berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Pendekatan tata kelola inklusif memastikan bahwa inovasi pertanian dapat diakses oleh seluruh anggota masyarakat pedesaan, termasuk kelompok yang selama ini kurang terwakili dalam sistem pembangunan. Model penyuluhan hibrid yang menggabungkan pendekatan konvensional dan digital menawarkan kerangka yang menjanjikan untuk menjawab tantangan pembangunan pertanian dalam abad ke-21. Namun keberhasilan model ini sangat bergantung pada keberadaan sistem tata kelola yang mampu menjamin inklusivitas sosial, kolaborasi kelembagaan, serta akuntabilitas dalam penyediaan layanan penyuluhan. Dengan demikian, tata kelola inklusif bukan hanya aspek administratif dalam sistem penyuluhan, tetapi merupakan fondasi struktural bagi keberlanjutan inovasi pertanian dan kesejahteraan masyarakat pedesaan.

BAB 3
Kerangka PRISMA 2020 dan Filosofi *Systematic Literature Review* (SLR)

➢ Epistomologi SLR

Dalam penelitian berbasis *Systematic Literature Review* (SLR), transparansi metodologis merupakan salah satu prinsip fundamental yang menentukan kredibilitas hasil penelitian. Tanpa standar pelaporan yang jelas, proses seleksi literatur dapat menjadi tidak transparan dan sulit diverifikasi oleh peneliti lain. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, komunitas ilmiah internasional mengembangkan pedoman pelaporan sistematis yang dikenal sebagai PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*).

PRISMA pertama kali diperkenalkan pada tahun 2009 oleh Moher dkk. sebagai panduan untuk meningkatkan kualitas pelaporan *systematic review* dan *meta-analysis*. Seiring berkembangnya metodologi penelitian dan meningkatnya kompleksitas literatur ilmiah, pedoman ini kemudian diperbarui menjadi PRISMA 2020, yang menyediakan kerangka pelaporan yang lebih komprehensif dan adaptif terhadap berbagai jenis sintesis bukti (Mckenzie dkk., 2021).

PRISMA 2020 terdiri dari 27 item daftar periksa (*checklist*) yang mencakup seluruh tahapan penelitian *systematic review*, mulai dari perumusan tujuan penelitian hingga pelaporan hasil sintesis. Tujuan utama dari kerangka ini adalah memastikan bahwa proses penelitian dilaporkan secara:

a. Transparan
b. Sistematis
c. Dapat direplikasi

Dengan menggunakan kerangka PRISMA 2020, maka seluruh tahapan *Systematic Literature Review* dilakukan sesuai dengan standar metodologi internasional.

Bedah Protokol PRISMA 2020

a. Struktur Umum Checklist PRISMA 2020

Checklist PRISMA 2020 terdiri dari 27 item utama yang terbagi dalam beberapa bagian besar laporan penelitian :

1. Judul (Title)
2. Abstrak
3. Pendahuluan
4. Metode
5. Hasil
6. Diskusi
7. Informasi tambahan

Setiap item dalam checklist memiliki fungsi spesifik dalam memastikan transparansi metodologi penelitian.

1. Bagian Judul

Identifikasi penelitian sebagai *systematic review*

Item pertama dalam PRISMA mengharuskan penulis secara eksplisit menyatakan bahwa penelitian yang dilakukan merupakan *systematic review*.

Hal ini penting karena jenis penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memiliki metodologi yang berbeda dari penelitian empiris biasa, karena identifikasi tersebut dilakukan melalui judul:

Indicators of Success in Rural Agricultural Extension: A Global Systematic review of Methods and Outcomes

Penggunaan istilah *systematic review* dalam judul membantu pembaca memahami pendekatan metodologi yang digunakan.

2. Bagian Abstrak

   Abstrak terstruktur

   PRISMA 2020 merekomendasikan penggunaan abstrak terstruktur yang mencakup beberapa komponen utama:

   a. Latar belakang penelitian
   b. Tujuan penelitian
   c. Metodologi
   d. Hasil utama
   e. Kesimpulan

   Pendekatan ini memastikan bahwa pembaca dapat dengan cepat memahami kontribusi utama penelitian. Dalam penelitian PRISMA 2020, abstrak telah disusun dengan struktur yang mencakup:

   a. Latar belakang kesenjangan digital
   b. Tujuan identifikasi indikator efektivitas penyuluhan
   c. Metode SLR berbasis PRISMA
   d. Hasil sintesis 80 studi
   e. Rekomendasi pendekatan hybrid

3. Bagian Pendahuluan

   Rasional penelitian

   Item ini menuntut penulis menjelaskan alasan dilakukannya *systematic review* dalam konteks literatur yang ada. Dalam PRISMA 2020, rasional penelitian didasarkan pada beberapa fenomena utama:

   a. Meningkatnya digitalisasi penyuluhan pertanian
   b. Kesenjangan digital antara wilayah pedesaan dan perkotaan
   c. Belum adanya kajian sistematis global mengenai indikator efektivitas penyuluhan

   Dengan demikian, penelitian PRISMA 2020 bertujuan mengisi kesenjangan tersebut melalui sintesis literatur global.

   Tujuan penelitian

   PRISMA mengharuskan penulis merumuskan tujuan penelitian secara eksplisit. Dalam penelitian ini, tujuan penelitian adalah:

   a. Mengidentifikasi indikator efektivitas penyuluhan pertanian di pedesaan
   b. Membandingkan efektivitas metode digital, tradisional, dan hibrid
   c. Mengembangkan kerangka evaluasi penyuluhan berbasis bukti

4. Bagian Metodologi

   Bagian metodologi merupakan komponen paling penting dalam kerangka PRISMA.

   1) Kriteria inklusi dan eksklusi

      Penelitian PRISMA 2020 menggunakan kriteria inklusi berikut:

      a. artikel empiris
      b. tahun publikasi 2015–2025
      c. bahasa Inggris
      d. fokus pada penyuluhan pertanian pedesaan

      Kriteria eksklusi meliputi:

      a. artikel review
      b. editorial
      c. laporan non-empiris

      Pendekatan ini memastikan bahwa literatur yang dianalisis relevan dengan tujuan penelitian.

2) Sumber informasi
   PRISMA menekankan pentingnya transparansi dalam pemilihan basis data.
   Penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan beberapa basis data ilmiah utama:
   a. Scopus
   b. *Web of Science*
   c. *ScienceDirect*
   d. Wiley Online Library
   e. SpringerLink
   f. Taylor & Francis
   Pemilihan basis data ini bertujuan untuk memastikan cakupan literatur global yang luas.
3) Strategi pencarian literatur
   Strategi pencarian literatur dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci dengan operator Boolean.
   Contoh query pencarian:
   ("agricultural extension" OR "extension services") AND ("rural areas" OR "smallholder farmers")
   Pendekatan ini membantu mengidentifikasi literatur yang relevan secara sistematis.
4) Proses seleksi studi
   Setelah proses pencarian literatur, artikel yang ditemukan melalui basis data ilmiah diseleksi melalui beberapa tahap:
   a. penghapusan duplikasi
   b. penyaringan judul dan abstrak
   c. evaluasi kelayakan melalui full-text review
   Proses ini dilakukan secara independen oleh beberapa peneliti untuk meminimalkan bias seleksi.
5) Proses ekstraksi data
   PRISMA mengharuskan penulis menjelaskan bagaimana data diekstraksi dari setiap studi.
   Data yang diekstraksi meliputi:
   a. lokasi penelitian
   b. metode penyuluhan
   c. indikator efektivitas
   d. hasil utama penelitian
   Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak NVivo 14 untuk analisis tematik.
6) Variabel penelitian
   PRISMA juga menuntut penjelasan mengenai variabel yang dianalisis dalam penelitian. Variabel utama meliputi indikator efektivitas penyuluhan seperti:
   a. adopsi teknologi
   b. produktivitas
   c. pendapatan
   d. pengetahuan petani
   e. interaksi dengan penyuluh
7) Penilaian risiko bias
   Penelitian *systematic review* harus mengevaluasi kualitas metodologi studi yang dianalisis. Penilaian kualitas dilakukan menggunakan:
   a. *Mixed Methods Appraisal Tool* (MMAT)
      MMAT memungkinkan evaluasi berbagai jenis desain penelitian, termasuk:
      a) penelitian kuantitatif
      b) penelitian kualitatif
      c) metode campuran

b. Metode sintesis data
Sintesis data dilakukan menggunakan pendekatan analisis tematik, yang memungkinkan identifikasi pola temuan dari berbagai studi. Metode ini membantu mengidentifikasi indikator efektivitas penyuluhan yang paling dominan dalam literatur global.

5. Bagian Hasil
Seleksi studi
PRISMA mengharuskan penulis melaporkan jumlah studi pada setiap tahap seleksi, contohnya yaitu:
a. 910 artikel diidentifikasi
b. 205 artikel duplikat dihapus
c. 705 artikel disaring
d. 80 artikel memenuhi kriteria akhir

b. Diagram Alur Proses SLR
Proses *Systematic Literature Review* dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat dijelaskan melalui diagram alur berikut.

Identifikasi literatur
↓
Penghapusan duplikasi
↓
Screening judul dan abstrak
↓
Evaluasi full-text
↓
Seleksi studi akhir
↓
Ekstraksi data
↓
Analisis tematik
↓
Sintesis bukti

Diagram ini menggambarkan proses sistematis dalam seleksi literatur hingga sintesis temuan penelitian.

c. Signifikasi PRISMA
Penggunaan kerangka PRISMA 2020 memberikan beberapa keunggulan metodologis.
a) Pertama, kerangka ini memastikan bahwa proses penelitian dilakukan secara transparan dan sistematis.
b) Kedua, dokumentasi metodologi yang rinci memungkinkan penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* direplikasi oleh peneliti lain.
c) Ketiga, penggunaan PRISMA meningkatkan kredibilitas hasil penelitian dalam komunitas ilmiah internasional.

d. Kesimpulan
PRISMA 2020 merupakan standar pelaporan internasional yang dirancang untuk meningkatkan kualitas *systematic review*. Dengan menyediakan checklist yang terdiri dari 27 item, kerangka ini membantu peneliti memastikan bahwa setiap tahapan penelitian dilaporkan secara transparan dan sistematis.

Mitigasi Bias Metodologis

Dalam penelitian berbasis *Systematic Literature Review* (SLR)**,** salah satu tantangan metodologis yang paling krusial adalah potensi munculnya berbagai bentuk bias yang dapat memengaruhi validitas sintesis bukti ilmiah. Bias dalam penelitian literatur dapat muncul pada berbagai tahap proses penelitian, mulai dari tahap pencarian literatur, seleksi studi, ekstraksi data, hingga proses sintesis temuan penelitian. Jika tidak dikelola secara sistematis, bias tersebut dapat menghasilkan kesimpulan yang tidak akurat atau bahkan menyesatkan.

Dalam konteks *systematic review*, bias sering dikaitkan dengan kecenderungan penelitian tertentu untuk lebih mudah ditemukan, dipublikasikan, atau dipilih oleh peneliti dibandingkan penelitian lain. Misalnya, penelitian dengan hasil signifikan secara statistik cenderung lebih sering dipublikasikan dibandingkan penelitian dengan hasil non-signifikan. Fenomena ini dikenal sebagai *publication* bias, yang dapat menyebabkan distorsi dalam sintesis literatur (Higgins dkk., 2019).

Selain itu, bias juga dapat muncul dalam bentuk selection bias, yaitu kecenderungan peneliti untuk memilih studi yang mendukung hipotesis atau argumen tertentu. Dalam penelitian berbasis literatur naratif, bias semacam ini sering terjadi karena tidak adanya prosedur seleksi literatur yang sistematis. Oleh karena itu, metodologi SLR dirancang untuk meminimalkan berbagai bentuk bias melalui penggunaan protokol penelitian yang transparan dan terstruktur.

A. Jenis-Jenis Bias dalam *Systematic Literature Review*

Dalam literatur metodologi penelitian, bias dalam *systematic review* dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori utama. Setiap jenis bias memiliki potensi untuk memengaruhi validitas sintesis bukti jika tidak dikelola secara tepat.

a. *Publication* Bias

Publication bias merupakan salah satu bentuk bias yang paling banyak dibahas dalam penelitian *systematic review*. Bias ini terjadi ketika penelitian dengan hasil signifikan secara statistik memiliki kemungkinan lebih besar untuk dipublikasikan dibandingkan penelitian dengan hasil yang tidak signifikan. Fenomena ini menyebabkan literatur yang tersedia dalam basis data ilmiah tidak selalu merepresentasikan seluruh penelitian yang telah dilakukan dalam suatu bidang. Akibatnya, *systematic review* yang hanya mengandalkan artikel yang dipublikasikan dapat menghasilkan estimasi efek yang bias.

Menurut Higgins dkk., (2019), publication bias merupakan masalah serius dalam sintesis bukti ilmiah karena dapat menyebabkan overestimasi efektivitas suatu intervensi. Dalam konteks penelitian penyuluhan pertanian, publication bias dapat muncul ketika studi yang menunjukkan keberhasilan program penyuluhan lebih sering dipublikasikan dibandingkan studi yang menunjukkan kegagalan program. Untuk memitigasi publication bias, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan beberapa strategi, antara lain:

a) Menggunakan berbagai basis data ilmiah internasional
b) Memasukkan literatur dari berbagai wilayah geografis
c) Mengevaluasi variasi hasil penelitian dalam sintesis tematik.

b. *Selection* Bias

Selection bias terjadi ketika proses seleksi literatur tidak dilakukan secara sistematis sehingga literatur yang dianalisis tidak representatif terhadap keseluruhan penelitian yang tersedia. Bias ini sering muncul dalam tinjauan pustaka naratif, di mana penulis memilih literatur berdasarkan preferensi subjektif. Dalam *systematic review*, selection bias dapat diminimalkan melalui penggunaan kriteria inklusi dan eksklusi yang jelas.

Kriteria inklusi meliputi:

a) Artikel empiris
b) Publikasi tahun 2015–2025
c) Bahasa Inggris
d) Fokus pada penyuluhan pertanian pedesaan

Dengan menggunakan kriteria yang jelas, proses seleksi literatur dapat dilakukan secara konsisten dan transparan.

c. *Language* Bias

Language bias terjadi ketika penelitian yang diterbitkan dalam bahasa tertentu memiliki peluang lebih besar untuk dimasukkan dalam *systematic review* dibandingkan penelitian dalam bahasa lain. Dalam banyak *systematic review*, artikel berbahasa Inggris lebih sering digunakan karena lebih mudah diakses oleh peneliti internasional. Namun hal ini dapat menyebabkan penelitian yang diterbitkan dalam bahasa lain terabaikan. *Language* bias diminimalkan dengan melakukan pencarian literatur dalam berbagai basis data internasional yang mencakup publikasi dari berbagai negara.

d. *Database* Bias

Database bias muncul ketika *systematic review* hanya menggunakan satu atau dua basis data literatur. Setiap basis data memiliki cakupan jurnal yang berbeda, sehingga penggunaan basis data yang terbatas dapat menyebabkan literatur yang relevan tidak teridentifikasi. Untuk mengurangi risiko database bias, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*menggunakan beberapa basis data utama, termasuk:

a) Scopus
b) *Web of Science*
c) *ScienceDirect*
d) Wiley Online Library
e) SpringerLink
f) Taylor & Francis

Penggunaan beberapa basis data membantu memastikan bahwa literatur yang dianalisis memiliki cakupan yang lebih luas.

e. *Citation* Bias

Citation bias terjadi ketika penelitian yang sering dikutip memiliki kemungkinan lebih besar untuk dimasukkan dalam *systematic review* dibandingkan penelitian dengan jumlah sitasi yang lebih rendah. Meskipun jumlah sitasi sering digunakan sebagai indikator kualitas penelitian, pendekatan ini dapat menyebabkan penelitian baru atau penelitian dari wilayah berkembang kurang diperhatikan. Seleksi literatur dilakukan berdasarkan relevansi topik dan kualitas metodologi, bukan hanya jumlah sitasi.

B. Strategi Mitigasi Bias dalam Desain Penelitian

Untuk memastikan kualitas sintesis literatur, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menerapkan beberapa strategi mitigasi bias dalam setiap tahap proses *systematic review*.

a. Penggunaan Protokol PRISMA

Penggunaan pedoman PRISMA 2020 membantu memastikan bahwa proses penelitian dilakukan secara transparan dan sistematis. PRISMA menyediakan kerangka kerja yang jelas untuk:

a) Pencarian literatur
b) Seleksi studi
c) Ekstraksi data
d) Sintesis hasil penelitian

Dengan mengikuti protokol ini, risiko bias metodologis dapat diminimalkan.

b. Proses Seleksi Literatur Berlapis

Seleksi literatur dilakukan melalui beberapa tahap untuk memastikan bahwa hanya studi yang relevan yang disertakan dalam sintesis. Tahapan tersebut meliputi:

a) Identifikasi artikel dari basis data ilmiah
b) Penghapusan artikel duplikat
c) Penyaringan judul dan abstrak
d) Evaluasi full-text

Pendekatan ini membantu mengurangi risiko kesalahan dalam seleksi literatur.

c. Evaluasi Kualitas Studi

Salah satu strategi utama dalam mitigasi bias adalah melakukan evaluasi kualitas metodologi setiap studi yang dianalisis. Evaluasi kualitas dilakukan menggunakan *Mixed Methods Appraisal Tool* (MMAT). Alat ini memungkinkan penilaian berbagai desain penelitian, termasuk penelitian kuantitatif, kualitatif, dan metode campuran. Evaluasi kualitas membantu memastikan bahwa studi dengan metodologi yang lemah tidak memberikan pengaruh yang berlebihan dalam sintesis literatur.

d. Analisis Tematik Berbasis Perangkat Lunak

Untuk mengurangi bias interpretasi dalam sintesis data, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan perangkat lunak analisis kualitatif NVivo 14. Perangkat lunak ini memungkinkan proses pengkodean data dilakukan secara sistematis sehingga pola temuan penelitian dapat diidentifikasi secara lebih objektif.

C. Peran Multi-*Reviewer* dalam Mengurangi Bias

Salah satu praktik terbaik dalam *systematic review* adalah penggunaan beberapa peneliti dalam proses seleksi dan evaluasi literatur. Pembagian tugasnya sebagai berikut:

a. Peneliti pertama melakukan pencarian literatur
b. Peneliti kedua melakukan seleksi artikel dan penilaian kualitas
c. Peneliti ketiga melakukan analisis tematik
d. Pendekatan multi-*reviewer* ini membantu mengurangi bias individu dalam proses penelitian.

D. Tantangan Mitigasi Bias dalam Penelitian Penyuluhan Pertanian

Meskipun berbagai strategi telah diterapkan, mitigasi bias dalam penelitian penyuluhan pertanian tetap menghadapi beberapa tantangan. Salah satu tantangan utama adalah heterogenitas desain penelitian. Studi mengenai penyuluhan pertanian menggunakan berbagai metode penelitian, termasuk survei, eksperimen lapangan, studi kasus, dan penelitian kualitatif. Keragaman metodologi ini membuat proses sintesis menjadi lebih kompleks. Selain itu, banyak penelitian penyuluhan pertanian dilakukan dalam konteks lokal yang sangat spesifik. Hal ini dapat menyebabkan variasi hasil penelitian yang signifikan antara satu wilayah dengan wilayah lain.

E. Signifikansi Mitigasi Bias bagi Validitas Penelitian

Mitigasi bias memiliki peran penting dalam memastikan validitas hasil *systematic review*. Dengan meminimalkan bias dalam proses seleksi dan sintesis literatur, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat menghasilkan gambaran yang lebih akurat mengenai efektivitas berbagai metode penyuluhan pertanian. Pendekatan ini memungkinkan penelitian untuk mengidentifikasi pola temuan yang konsisten dalam literatur global

F. Kesimpulan

Mitigasi bias merupakan aspek penting dalam metodologi *Systematic Literature Review*. Tanpa strategi mitigasi yang memadai, *systematic review* berisiko menghasilkan sintesis literatur yang tidak representatif.

Dalam penelitian *Systematic Literature Review*, berbagai strategi mitigasi bias diterapkan, termasuk penggunaan protokol PRISMA, seleksi literatur berlapis, evaluasi kualitas studi menggunakan MMAT, serta analisis tematik berbasis perangkat lunak. Dengan pendekatan ini, penelitian mampu menghasilkan sintesis bukti ilmiah yang lebih objektif dan dapat diandalkan. Hal ini memberikan landasan metodologis yang kuat bagi pengembangan kebijakan berbasis bukti dalam bidang penyuluhan pertanian.

Filosofi Sintesis Bukti

Salah satu kontribusi metodologis paling penting dari *Systematic Literature Review (SLR)* adalah kemampuannya untuk menghasilkan sintesis bukti ilmiah yang memiliki tingkat otoritas epistemologis lebih tinggi dibandingkan penelitian individual. Dalam penelitian konvensional, temuan ilmiah sering kali berasal dari studi kasus tunggal yang dilakukan dalam konteks geografis, sosial, dan ekonomi tertentu. Meskipun studi semacam itu dapat memberikan pemahaman mendalam mengenai fenomena lokal, generalisasi temuan sering kali terbatas karena kondisi penelitian yang sangat spesifik.

SLR menawarkan pendekatan alternatif dengan mengintegrasikan temuan dari berbagai penelitian yang dilakukan di berbagai konteks geografis dan metodologis. Dengan mensintesis bukti dari sejumlah besar studi empiris, SLR memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi pola temuan yang konsisten serta membedakan antara fenomena yang bersifat kontekstual dan fenomena yang memiliki relevansi universal.

Pendekatan SLR digunakan untuk menganalisis 80 studi empiris global mengenai penyuluhan pertanian di pedesaan. Sintesis bukti dari berbagai studi tersebut memungkinkan penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai indikator efektivitas penyuluhan serta perbandingan antara metode digital, tradisional, dan hibrid.

Pendekatan ini berakar pada filosofi metodologis bahwa akumulasi bukti dari berbagai penelitian independen memberikan dasar pengetahuan yang lebih kuat dibandingkan temuan dari satu studi tunggal**.** Oleh karena itu, bagian ini membahas secara konseptual mengapa sintesis bukti global dalam SLR memiliki otoritas ilmiah yang lebih tinggi dibandingkan pendekatan penelitian individual.

A. Konsep Sintesis Bukti dalam Ilmu Pengetahuan

Dalam filsafat ilmu, konsep sintesis bukti berkaitan dengan upaya mengintegrasikan berbagai temuan penelitian untuk menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai suatu fenomena. Pendekatan ini didasarkan pada prinsip bahwa pengetahuan ilmiah berkembang melalui akumulasi dan integrasi temuan empiris dari berbagai studi.

Menurut Gough dkk., (2017) sintesis bukti merupakan proses sistematis yang bertujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mengintegrasikan hasil penelitian yang relevan guna menjawab pertanyaan penelitian tertentu. Dalam pendekatan ini, setiap studi empiris diperlakukan sebagai bagian dari kumpulan bukti yang lebih luas. Pendekatan sintesis bukti memiliki beberapa keunggulan dibandingkan penelitian individual, antara lain:

a. Mengurangi pengaruh anomali penelitian tunggal, hasil penelitian individual dapat dipengaruhi oleh kondisi lokal atau kesalahan metodologis.
b. Meningkatkan generalisasi temuan**,** sintesis berbagai studi memungkinkan identifikasi pola temuan yang konsisten.
c. Memperkuat dasar pengambilan keputusan kebijakan, kebijakan publik lebih efektif jika didasarkan pada sintesis bukti dari berbagai penelitian.

Dengan demikian, sintesis bukti merupakan salah satu pendekatan metodologis yang paling penting dalam penelitian berbasis bukti (*evidence-based research*).

B. Hierarki Bukti dalam Penelitian Ilmiah

Dalam banyak disiplin ilmu, khususnya kedokteran dan kebijakan publik, terdapat konsep hierarki bukti ilmiah (hierarchy of evidence) yang digunakan untuk menilai kekuatan suatu temuan penelitian. Dalam hierarki ini, penelitian individual biasanya ditempatkan pada tingkat yang lebih rendah dibandingkan sintesis sistematis dari berbagai penelitian. Secara umum, hierarki bukti dapat digambarkan sebagai berikut:

Tabel 4. Hierarki Bukti dalam Penelitian Ilmiah

Tingkat Bukti	Jenis Penelitian
Tingkat tertinggi	*Systematic review* dan Meta-analysis
Tingkat menengah	Studi eksperimen dan quasi-eksperimen
Tingkat dasar	Studi observasional
Tingkat awal	Studi kasus atau opini ahli

Dalam hierarki ini, *systematic review* ditempatkan pada tingkat tertinggi karena mampu mengintegrasikan bukti dari berbagai penelitian independen. Menurut Page dkk., (2021) kekuatan utama *systematic review* terletak pada kemampuannya untuk memberikan sintesis komprehensif dari literatur ilmiah yang relevan**,** sehingga menghasilkan kesimpulan yang lebih kuat secara metodologis.

C. Kelemahan Studi Kasus Tunggal

Studi kasus tunggal merupakan pendekatan penelitian yang banyak digunakan dalam ilmu sosial dan pembangunan pedesaan. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk memahami fenomena sosial secara mendalam dalam konteks tertentu. Namun, pendekatan ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis.

a. Keterbatasan generalisasi

Hasil studi kasus sering kali sulit digeneralisasikan karena kondisi penelitian sangat dipengaruhi oleh konteks lokal.

Misalnya, efektivitas program penyuluhan pertanian di suatu desa tertentu tidak selalu mencerminkan efektivitas program yang sama di wilayah lain dengan kondisi sosial ekonomi yang berbeda.

b. Risiko bias kontekstual
   Studi kasus sangat dipengaruhi oleh karakteristik lokal seperti budaya, kebijakan pemerintah, dan kondisi lingkungan. Hal ini dapat menyebabkan temuan penelitian tidak berlaku di wilayah lain.
c. Variasi metodologi penelitian
   Metodologi yang digunakan dalam studi kasus dapat sangat bervariasi, sehingga sulit untuk membandingkan hasil penelitian secara sistematis.
   Karena keterbatasan tersebut, studi kasus sering kali digunakan sebagai dasar eksplorasi awal suatu fenomena, tetapi tidak selalu cukup kuat untuk mendukung generalisasi kebijakan publik.

D. Keunggulan Sintesis 80 Studi Global

Sintesis bukti dilakukan terhadap 80 studi empiris yang berasal dari berbagai wilayah dunia, termasuk Asia, Afrika, dan Amerika Latin. Pendekatan ini memberikan beberapa keunggulan metodologis yang signifikan.

a. Variasi Konteks Geografis
   Dengan mengintegrasikan penelitian dari berbagai negara, *systematic review* dapat mengidentifikasi pola temuan yang konsisten di berbagai konteks geografis. Jika suatu fenomena ditemukan secara konsisten dalam berbagai wilayah, maka kemungkinan besar fenomena tersebut memiliki relevansi universal. Sebaliknya, jika hasil penelitian bervariasi secara signifikan antar wilayah, maka hal tersebut menunjukkan bahwa faktor kontekstual memainkan peran penting.
b. Variasi Metodologi Penelitian
   Penelitian yang dianalisis dalam *systematic review* ini menggunakan berbagai metode penelitian, termasuk:
   a) survei kuantitatif
   b) eksperimen lapangan
   c) studi kasus kualitatif
   d) penelitian metode campuran
   Keragaman metodologi ini memperkaya sintesis bukti karena setiap pendekatan memberikan perspektif yang berbeda mengenai fenomena yang diteliti.
c. Identifikasi Pola Temuan Global
   Dengan menganalisis sejumlah besar penelitian, *systematic review* dapat mengidentifikasi pola temuan yang tidak terlihat dalam penelitian individual. Sintesis literatur menunjukkan bahwa indikator efektivitas penyuluhan yang paling dominan adalah:
   a) adopsi teknologi
   b) interaksi dengan penyuluh
   c) peningkatan pengetahuan
   d) peningkatan produktivitas
   Pola temuan ini muncul secara konsisten dalam berbagai studi yang dianalisis.

E. Peran Sintesis Bukti dalam Evidence-Based Policy

Salah satu tujuan utama *systematic review* adalah menyediakan dasar ilmiah yang kuat bagi pengambilan keputusan kebijakan. Dalam bidang pembangunan pertanian, kebijakan sering kali dirancang berdasarkan temuan penelitian individual yang dilakukan dalam konteks lokal tertentu. Pendekatan ini berisiko menghasilkan kebijakan yang tidak efektif jika diterapkan dalam konteks yang berbeda. Sintesis bukti dari berbagai penelitian memungkinkan pembuat kebijakan untuk memahami fenomena secara lebih komprehensif.

Dalam konteks penyuluhan pertanian, sintesis literatur global menunjukkan bahwa tidak ada satu metode penyuluhan yang secara universal lebih unggul daripada metode lainnya. Sebaliknya, efektivitas penyuluhan sangat bergantung pada kombinasi berbagai pendekatan komunikasi. Temuan ini mendukung argumen bahwa pendekatan hibrid yang menggabungkan metode digital dan tatap muka merupakan strategi yang paling efektif dalam berbagai konteks pedesaan.

F. Kontribusi Konseptual Sintesis Bukti

Selain memberikan kontribusi empiris, *systematic review* juga memiliki kontribusi konseptual dalam pengembangan teori. Dengan mensintesis temuan dari berbagai penelitian, *systematic review* dapat mengidentifikasi hubungan konseptual antara berbagai variabel penelitian. Sintesis literatur menunjukkan bahwa efektivitas penyuluhan pertanian dipengaruhi oleh interaksi antara beberapa faktor utama, termasuk:

a. akses informasi
b. kapasitas pengetahuan petani
c. kepercayaan terhadap penyuluh
d. kondisi infrastruktur komunikasi

Pendekatan ini memungkinkan pengembangan kerangka konseptual yang lebih komprehensif mengenai sistem penyuluhan pertanian.

G. Implikasi Filosofis

Dari perspektif filsafat ilmu, penggunaan *systematic review* dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mencerminkan pendekatan *post-positivist evidence synthesis,* yaitu pendekatan yang mengakui bahwa pengetahuan ilmiah bersifat kumulatif dan berkembang melalui integrasi berbagai temuan penelitian. Pendekatan ini tidak hanya berupaya mengidentifikasi hubungan sebab akibat dalam penelitian individual, tetapi juga memahami pola temuan yang muncul dalam berbagai konteks penelitian. Dengan mengintegrasikan bukti dari berbagai studi independen, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menghasilkan sintesis pengetahuan yang lebih *robust* dan memiliki tingkat validitas eksternal yang lebih tinggi.

H. Kesimpulan

Sintesis bukti global merupakan salah satu keunggulan utama dari metodologi *Systematic Literature Review*. Dengan mengintegrasikan temuan dari berbagai penelitian yang dilakukan di berbagai konteks geografis dan metodologis, *systematic review* mampu menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai fenomena yang diteliti.

Sintesis terhadap 80 studi empiris memberikan dasar ilmiah yang lebih kuat dibandingkan penelitian individual. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi pola temuan yang konsisten dalam literatur global mengenai efektivitas penyuluhan pertanian. Dengan demikian, *Systematic Literature Review* tidak hanya berfungsi sebagai metode sintesis literatur, tetapi juga sebagai pendekatan metodologis yang memberikan otoritas ilmiah lebih tinggi dalam pengembangan teori dan kebijakan berbasis bukti.

Penutup

Dalam perkembangan metodologi penelitian modern, salah satu perubahan paling signifikan adalah meningkatnya tuntutan terhadap penggunaan bukti ilmiah yang sistematis dalam pengambilan keputusan kebijakan publik. Pendekatan yang dikenal sebagai evidence-based policy menekankan bahwa kebijakan yang efektif harus didasarkan pada sintesis bukti empiris yang kuat, bukan semata-mata pada intuisi, pengalaman praktis, atau preferensi politik.

Dalam konteks ini, *Systematic Literature Review (SLR)* telah berkembang menjadi salah satu metodologi yang paling diakui secara internasional untuk menghasilkan sintesis bukti ilmiah yang dapat mendukung proses perumusan kebijakan. Dengan mengintegrasikan temuan dari berbagai penelitian yang independen, SLR memungkinkan peneliti dan pembuat kebijakan untuk memahami fenomena sosial secara lebih komprehensif dan objektif.

Pendekatan SLR digunakan untuk mensintesis 80 studi empiris global mengenai efektivitas penyuluhan pertanian di pedesaan. Sintesis tersebut memberikan gambaran yang lebih luas mengenai faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan penyuluhan pertanian, sekaligus menyediakan dasar ilmiah yang kuat bagi pengembangan strategi penyuluhan yang lebih adaptif terhadap transformasi digital.

Bagian ini bertujuan untuk menegaskan posisi metodologi SLR sebagai standar emas dalam penelitian berbasis bukti, sekaligus menjelaskan bagaimana pendekatan ini memberikan landasan metodologis yang kokoh bagi analisis kebijakan pertanian yang lebih komprehensif.

A. Konsep *Evidence-Based Policy*

Konsep *evidence-based policy* berakar pada prinsip bahwa kebijakan publik harus dirancang berdasarkan bukti empiris yang dapat diverifikasi secara ilmiah. Pendekatan ini berkembang pesat sejak akhir abad ke-20, terutama dalam bidang kesehatan masyarakat dan kebijakan sosial.

Menurut Nutley dkk. (2007), *evidence-based policy* merupakan pendekatan pengambilan keputusan yang menempatkan bukti ilmiah sebagai dasar utama dalam merumuskan kebijakan publik. Dalam pendekatan ini, keputusan kebijakan tidak hanya didasarkan pada pengalaman praktis atau tekanan politik, tetapi juga pada analisis sistematis terhadap bukti penelitian yang tersedia.

Dalam konteks pembangunan pertanian, pendekatan evidence-based policy menjadi semakin penting karena sektor pertanian menghadapi berbagai tantangan kompleks, termasuk:

a. perubahan iklim
b. transformasi digital
c. ketimpangan akses teknologi
d. dinamika pasar global

Kebijakan pertanian yang tidak didasarkan pada bukti empiris yang kuat berisiko menghasilkan intervensi yang tidak efektif atau bahkan kontraproduktif.

B. Peran *Systematic Literature Review* dalam *Evidence-Based Policy*

Systematic Literature Review memainkan peran penting dalam pendekatan *evidence-based policy* karena mampu menyediakan sintesis bukti ilmiah yang komprehensif. Berbeda dengan penelitian individual yang hanya merepresentasikan satu konteks penelitian tertentu, SLR mengintegrasikan temuan dari berbagai penelitian yang dilakukan dalam berbagai konteks geografis dan metodologis. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi pola temuan yang konsisten serta mengevaluasi variasi hasil penelitian yang mungkin dipengaruhi oleh faktor kontekstual. Menurut (Page, Mckenzie, dkk., 2021) *systematic review* memiliki beberapa keunggulan utama dalam mendukung *evidence-based policy*:

a. Mengurangi bias dalam sintesis literature
   Proses seleksi literatur dilakukan secara sistematis dan transparan.
b. Meningkatkan validitas kesimpulan penelitian
   Sintesis bukti dari berbagai studi memberikan dasar empiris yang lebih kuat.
c. Menyediakan gambaran komprehensif mengenai literatur yang tersedia
   Pembuat kebijakan dapat memahami keseluruhan spektrum temuan penelitian.

Dengan demikian, SLR berfungsi sebagai jembatan antara penelitian akademik dan proses perumusan kebijakan publik.

C. Signifikansi Sintesis 80 Studi

Systematic review dilakukan terhadap 80 artikel empiris yang berasal dari berbagai wilayah dunia. Jumlah studi yang relatif besar ini memberikan beberapa keunggulan metodologis yang signifikan.

a. Representasi Global
   Dengan menganalisis penelitian dari berbagai negara, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mampu menangkap variasi konteks sosial, ekonomi, dan kelembagaan yang memengaruhi efektivitas penyuluhan pertanian. Penelitian yang dianalisis mencakup berbagai wilayah geografis, termasuk:
   a) Asia Selatan
   b) Asia Tenggara
   c) Afrika Sub-Sahara
   d) Amerika Latin

   Keragaman geografis ini memungkinkan penelitian untuk menghasilkan sintesis bukti yang lebih representatif dibandingkan studi yang hanya dilakukan dalam satu wilayah.
b. Identifikasi Pola Temuan yang Konsisten
   Sintesis terhadap 80 studi memungkinkan identifikasi pola temuan yang muncul secara konsisten dalam literatur global. Analisis tematik yang dilakukan dalam penelitian

*Systematic Literature Review (SLR)*menunjukkan bahwa indikator keberhasilan penyuluhan pertanian yang paling dominan meliputi:

a) tingkat adopsi teknologi pertanian
b) kualitas interaksi antara petani dan penyuluh
c) peningkatan pengetahuan dan keterampilan petani
d) peningkatan produktivitas pertanian
e) peningkatan pendapatan rumah tangga petani

Temuan ini menunjukkan bahwa efektivitas penyuluhan tidak hanya bergantung pada media komunikasi yang digunakan, tetapi juga pada kualitas interaksi sosial antara penyuluh dan petani.

c. Perbandingan Metode Penyuluhan

Sintesis literatur juga memungkinkan perbandingan sistematis antara berbagai pendekatan penyuluhan pertanian. Analisis terhadap 80 studi menunjukkan bahwa setiap metode memiliki keunggulan dan keterbatasan tertentu. Metode digital unggul dalam aspek:

a) kecepatan penyampaian informasi
b) jangkauan komunikasi yang luas
c) efisiensi biaya operasional

Namun, metode digital memiliki keterbatasan dalam membangun hubungan interpersonal antara penyuluh dan petani. Sebaliknya, metode penyuluhan tradisional yang berbasis interaksi tatap muka memiliki keunggulan dalam aspek:

a) pembangunan kepercayaan sosial
b) transfer keterampilan teknis
c) adaptasi informasi terhadap konteks lokal

Temuan ini menunjukkan bahwa kedua pendekatan memiliki peran yang saling melengkapi.

D. Model Hibrid sebagai Temuan Utama

Salah satu temuan paling penting dari *systematic review* ini adalah bahwa pendekatan penyuluhan yang paling efektif bukanlah metode digital maupun metode tradisional secara terpisah, melainkan pendekatan hibrid yang mengintegrasikan kedua metode tersebut. Pendekatan hibrid memungkinkan penyuluhan pertanian memanfaatkan keunggulan teknologi digital dalam memperluas akses informasi sekaligus mempertahankan interaksi sosial yang penting dalam proses pembelajaran petani.

Dalam berbagai studi yang dianalisis, pendekatan hibrid menunjukkan tingkat efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan metode tunggal dalam berbagai indikator, termasuk:

a. tingkat adopsi teknologi
b. peningkatan pengetahuan petani
c. keberlanjutan praktik pertanian

Temuan ini menunjukkan bahwa transformasi digital dalam penyuluhan pertanian tidak seharusnya menggantikan metode tradisional sepenuhnya, tetapi justru mengintegrasikannya dalam sistem penyuluhan yang lebih adaptif.

E. Implikasi Kebijakan dari Sintesis Bukti

Sintesis bukti dari 80 studi global memberikan beberapa implikasi penting bagi pengembangan kebijakan penyuluhan pertanian.

a. Pertama, kebijakan penyuluhan perlu mempertimbangkan keragaman kondisi sosial dan ekonomi petani. Tidak semua petani memiliki akses yang sama terhadap teknologi digital, sehingga pendekatan penyuluhan harus dirancang secara inklusif.
b. Kedua, investasi dalam infrastruktur digital harus disertai dengan upaya meningkatkan kapasitas penyuluh dan literasi digital petani.
c. Ketiga, kebijakan penyuluhan harus mendorong kolaborasi antara berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian, termasuk:
   a) pemerintah
   b) lembaga penelitian
   c) sektor swasta

d) organisasi petani

Pendekatan ini sejalan dengan konsep agricultural innovation systems, yang menekankan pentingnya interaksi antara berbagai aktor dalam proses difusi inovasi pertanian.

F. Kontribusi Metodologis Penelitian

Selain memberikan kontribusi empiris, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*juga memiliki kontribusi metodologis dalam pengembangan penelitian penyuluhan pertanian. Dengan menggunakan *Systematic Literature Review* berbasis PRISMA 2020, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*menunjukkan bagaimana metodologi sintesis bukti dapat digunakan untuk mengintegrasikan temuan penelitian dari berbagai konteks geografis dan metodologis. Pendekatan ini memberikan alternatif metodologis yang kuat bagi penelitian kebijakan pertanian yang sering kali bergantung pada studi kasus tunggal.

G. Refleksi Filosofis: Pengetahuan sebagai Proses Kumulatif

Dari perspektif filsafat ilmu, penggunaan *systematic review* dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*mencerminkan pandangan bahwa pengetahuan ilmiah berkembang melalui proses kumulatif. Dalam pandangan ini, setiap penelitian individual merupakan kontribusi kecil dalam pembangunan pengetahuan ilmiah. Melalui sintesis sistematis dari berbagai penelitian, pengetahuan tersebut dapat diintegrasikan menjadi pemahaman yang lebih komprehensif. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip dasar ilmu pengetahuan modern yang menekankan pentingnya replikasi, akumulasi bukti, dan integrasi temuan penelitian.

H. Kesimpulan

Systematic Literature Review merupakan metodologi penelitian yang memiliki peran penting dalam mendukung pendekatan *evidence-based policy*. Dengan mengintegrasikan temuan dari berbagai penelitian yang independen, SLR mampu menghasilkan sintesis bukti ilmiah yang lebih kuat dibandingkan penelitian individual. Sintesis terhadap 80 studi empiris global memberikan dasar ilmiah yang komprehensif untuk memahami efektivitas berbagai metode penyuluhan pertanian. Hasil sintesis menunjukkan bahwa pendekatan hibrid yang mengintegrasikan metode digital dan tradisional merupakan strategi penyuluhan yang paling adaptif terhadap dinamika transformasi digital di pedesaan.

Dengan demikian, metodologi *Systematic Literature Review* tidak hanya berfungsi sebagai alat sintesis literatur, tetapi juga sebagai standar emas dalam penelitian kebijakan berbasis bukti, yang mampu menjembatani kesenjangan antara penelitian akademik dan praktik pembangunan pertanian.

➢ Formulasi Pertanyaan Penelitian dan Kerangka PICO/PEO

Operasionalisasi PICO

A. Pendahuluan: Peran Kerangka PICO dalam Desain *Systematic Literature Review*

Dalam metodologi *Systematic Literature Review* (SLR), formulasi pertanyaan penelitian merupakan tahap krusial yang menentukan arah seluruh proses penelitian. Tanpa struktur konseptual yang jelas, proses pencarian literatur dapat menjadi terlalu luas, tidak terfokus, dan berpotensi menghasilkan bias seleksi. Oleh karena itu, berbagai pendekatan metodologis telah dikembangkan untuk membantu peneliti merumuskan pertanyaan penelitian secara sistematis.

Salah satu kerangka yang paling banyak digunakan dalam penelitian berbasis bukti adalah PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcome*). Kerangka ini awalnya dikembangkan dalam bidang kedokteran berbasis bukti untuk membantu peneliti merumuskan pertanyaan penelitian klinis secara terstruktur. Namun, dalam dua dekade terakhir, pendekatan PICO semakin banyak diadopsi dalam berbagai disiplin ilmu sosial, termasuk penelitian kebijakan publik, pendidikan, dan pembangunan pertanian.

Menurut Higgins dkk. (2019) kerangka PICO memiliki beberapa keunggulan metodologis dalam penelitian berbasis *systematic review.* Pertama, kerangka ini membantu peneliti mengidentifikasi komponen utama dari fenomena penelitian yang ingin dianalisis. Kedua, struktur PICO memungkinkan proses pencarian literatur dilakukan secara lebih

sistematis dengan menggunakan kombinasi kata kunci yang relevan. Ketiga, kerangka ini memudahkan proses penyaringan literatur karena setiap artikel yang ditemukan dapat dievaluasi berdasarkan kesesuaiannya dengan komponen PICO yang telah ditentukan.

Dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, kerangka PICO digunakan untuk merumuskan pertanyaan penelitian yang berkaitan dengan efektivitas berbagai metode penyuluhan pertanian di pedesaan, khususnya dalam konteks transformasi digital dan kesenjangan akses informasi. Dengan menggunakan kerangka ini, penelitian dapat secara sistematis mengidentifikasi literatur yang relevan serta memastikan bahwa artikel yang dianalisis benar-benar merepresentasikan fenomena yang menjadi fokus penelitian.

B. Landasan Konseptual Kerangka PICO

Kerangka PICO terdiri dari empat komponen utama yang membentuk struktur dasar pertanyaan penelitian dalam *systematic review*.

Tabel 5. Landasan Konseptual Kerangka PICO

Komponen	Definisi
Population	Kelompok atau populasi yang menjadi objek penelitian
Intervention	Intervensi atau perlakuan yang dianalisis dalam penelitian
Comparison	Pembanding terhadap intervensi utama
Outcome	Hasil atau dampak yang diukur dalam penelitian

Menurut Higgins dkk. (2019), penggunaan kerangka PICO membantu memastikan bahwa pertanyaan penelitian memiliki fokus yang jelas dan dapat dioperasionalkan dalam proses pencarian literatur. Dalam konteks penelitian penyuluhan pertanian, keempat komponen ini perlu disesuaikan dengan karakteristik sistem pertanian pedesaan yang kompleks, yang melibatkan interaksi antara faktor sosial, ekonomi, dan kelembagaan.

C. Komponen Population dalam Penelitian Penyuluhan Pertanian

Komponen Population dalam kerangka PICO merujuk pada kelompok atau unit analisis yang menjadi fokus penelitian. Populasi utama yang dianalisis adalah petani kecil (*smallholder farmers)* di wilayah pedesaan. Petani kecil memainkan peran penting dalam sistem pangan global. Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO) memperkirakan bahwa lebih dari 500 juta petani kecil berkontribusi terhadap sebagian besar produksi pangan dunia. Namun, kelompok ini juga menghadapi berbagai tantangan struktural, termasuk keterbatasan akses terhadap informasi, teknologi, dan layanan penyuluhan.

Dalam konteks ini, populasi yang dianalisis mencakup beberapa kategori utama:

a. Petani kecil di negara berkembang
b. Komunitas pertanian pedesaan
c. Kelompok tani dan koperasi pertanian
d. Petani yang terlibat dalam program penyuluhan pertanian

Fokus pada populasi petani kecil sangat relevan karena kelompok ini merupakan target utama dari berbagai program penyuluhan pertanian di seluruh dunia. Selain itu, penelitian juga mempertimbangkan karakteristik demografis petani, seperti usia, tingkat pendidikan, dan akses terhadap teknologi digital. Faktor-faktor ini memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan petani dalam mengakses dan memanfaatkan layanan penyuluhan.

D. Komponen Intervention dalam Penelitian

Komponen Intervention dalam kerangka PICO merujuk pada intervensi atau perlakuan yang dianalisis dalam penelitian. Dalam konteks ini, intervensi yang dianalisis adalah berbagai metode penyuluhan pertanian yang digunakan untuk meningkatkan kapasitas petani dalam mengadopsi inovasi pertanian. Metode penyuluhan yang dianalisis dapat dikategorikan ke dalam tiga kelompok utama:

a. Penyuluhan Tradisional

   Metode penyuluhan tradisional melibatkan interaksi langsung antara penyuluh dan petani. Bentuk kegiatan yang termasuk dalam kategori ini antara lain:

   a) demonstrasi lapangan
   b) kunjungan penyuluh
   c) sekolah lapang petani (Farmer Field School)

d) pelatihan kelompok tani

Metode ini memiliki keunggulan dalam membangun hubungan interpersonal antara penyuluh dan petani.

b. Penyuluhan Digital

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong munculnya berbagai platform digital yang digunakan untuk menyampaikan informasi pertanian kepada petani.

c. Beberapa bentuk penyuluhan digital yang dianalisis meliputi:
   a) layanan pesan singkat (SMS advisory)
   b) aplikasi *mobile* pertanian
   c) media sosial pertanian
   d) layanan call center pertanian
   e) video penyuluhan berbasis komunitas

   Metode digital memiliki potensi untuk memperluas jangkauan penyuluhan dengan biaya yang lebih rendah.

d. Pendekatan Hibrid

Pendekatan hibrid merupakan kombinasi antara metode penyuluhan tradisional dan digital. Dalam pendekatan ini, teknologi digital digunakan untuk menyampaikan informasi dasar kepada petani, sementara interaksi tatap muka tetap digunakan untuk memperdalam pemahaman dan memberikan bimbingan teknis. Pendekatan ini semakin banyak digunakan dalam berbagai program penyuluhan modern karena mampu menggabungkan keunggulan kedua metode tersebut.

E. Komponen Comparison

Komponen Comparison dalam kerangka PICO digunakan untuk membandingkan efektivitas intervensi utama dengan pendekatan alternatif. Komponen comparison yang digunakan kali ini untuk membandingkan tiga pendekatan utama dalam penyuluhan pertanian:

a. penyuluhan digital
b. penyuluhan tradisional
c. pendekatan hybrid

Perbandingan ini penting untuk memahami keunggulan dan keterbatasan masing-masing pendekatan dalam konteks penyuluhan pertanian pedesaan. Sebagai contoh, beberapa studi menunjukkan bahwa penyuluhan digital lebih efisien dalam menjangkau petani dalam jumlah besar. Namun, metode ini sering kali kurang efektif dalam membangun hubungan kepercayaan antara penyuluh dan petani. Sebaliknya, penyuluhan tatap muka memiliki keunggulan dalam membangun kepercayaan sosial dan meningkatkan keterampilan praktis petani, tetapi memiliki keterbatasan dalam hal jangkauan dan biaya operasional. Analisis komparatif antara berbagai pendekatan ini memungkinkan penelitian untuk mengidentifikasi strategi penyuluhan yang paling efektif dalam berbagai konteks pedesaan.

F. Komponen *Outcome*

Komponen *Outcome* dalam kerangka PICO merujuk pada hasil atau dampak yang diukur dalam penelitian. *Outcome* utama yang dianalisis meliputi berbagai indikator efektivitas penyuluhan pertanian, antara lain:

a. tingkat adopsi teknologi pertanian
b. peningkatan pengetahuan petani
c. peningkatan produktivitas pertanian
d. peningkatan pendapatan rumah tangga petani
e. keberlanjutan praktik pertanian

Indikator-indikator ini dipilih karena sering digunakan dalam literatur penyuluhan pertanian sebagai ukuran keberhasilan program penyuluhan. Selain itu, juga mempertimbangkan beberapa *outcome* tambahan, seperti:

a. kepuasan petani terhadap layanan penyuluhan
b. tingkat partisipasi dalam kelompok tani
c. kemampuan adaptasi terhadap perubahan iklim

Dengan menganalisis berbagai indikator ini secara simultan, penelitian dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai dampak penyuluhan pertanian.

G. Integrasi Komponen PICO dalam Penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*

Berdasarkan uraian di atas, kerangka PICO yang digunakan dapat dirumuskan sebagai berikut:

Tabel 6. Integrasi Komponen PICO

Komponen	Operasionalisasi dalam Penelitian
Population	Petani kecil dan komunitas pertanian pedesaan
Intervention	Metode penyuluhan digital dan tradisional
Comparison	Perbandingan antara metode digital, tradisional, dan hybrid
Outcome	Adopsi teknologi, pengetahuan, produktivitas, dan kesejahteraan petani

Kerangka ini digunakan sebagai dasar dalam merumuskan strategi pencarian literatur serta proses penyaringan artikel dalam *systematic review*.

H. Implikasi Metodologis Penggunaan PICO

Penggunaan kerangka PICO memberikan beberapa keuntungan metodologis yaitu:

a. Pertama, kerangka ini membantu memastikan bahwa pertanyaan penelitian memiliki fokus yang jelas dan dapat dioperasionalkan dalam proses pencarian literatur.
b. Kedua, struktur PICO memungkinkan peneliti untuk menyusun strategi pencarian literatur yang lebih sistematis dengan menggunakan kombinasi kata kunci yang relevan.
c. Ketiga, kerangka ini memudahkan proses penyaringan literatur karena setiap artikel yang ditemukan dapat dievaluasi berdasarkan kesesuaiannya dengan komponen PICO.

Dengan demikian, penggunaan kerangka PICO tidak hanya membantu dalam formulasi pertanyaan penelitian, tetapi juga meningkatkan transparansi dan replikabilitas proses *systematic review*

Rasionalisasi Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Dalam metodologi *Systematic Literature Review* (SLR), penentuan kriteria inklusi dan eksklusi merupakan salah satu tahapan paling penting dalam proses seleksi literatur. Tahap ini menentukan batasan sistematis mengenai jenis penelitian yang akan dimasukkan atau dikeluarkan dari analisis, sehingga memastikan bahwa sintesis literatur yang dihasilkan benar-benar relevan dengan tujuan penelitian.

Berbeda dengan tinjauan pustaka naratif yang sering kali bersifat fleksibel dan tidak memiliki kriteria seleksi yang jelas, SLR mengharuskan peneliti untuk menetapkan kriteria seleksi literatur secara eksplisit sebelum proses pencarian dilakukan. Pendekatan ini bertujuan untuk meminimalkan bias seleksi dan meningkatkan transparansi metodologi penelitian. Menurut Higgins dkk. (2019) kriteria inklusi dan eksklusi harus dirancang berdasarkan kerangka konseptual penelitian serta pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan sebelumnya. Dengan demikian, setiap artikel yang ditemukan dalam proses pencarian literatur dapat dievaluasi secara objektif berdasarkan kesesuaiannya dengan kriteria yang telah ditetapkan.

Dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, kriteria inklusi dan eksklusi dirancang untuk memastikan bahwa literatur yang dianalisis benar-benar relevan dengan topik penelitian, yaitu efektivitas berbagai metode penyuluhan pertanian di wilayah pedesaan. Selain itu, kriteria ini juga mempertimbangkan kualitas metodologi penelitian serta relevansi temporal dari literatur yang dianalisis.

A. Rasionalisasi Rentang Waktu Penelitian (2015–2025)

Salah satu kriteria utama adalah pembatasan rentang waktu publikasi artikel yang dianalisis, yaitu antara tahun 2015 hingga 2025. Pemilihan rentang waktu ini didasarkan pada beberapa pertimbangan metodologis dan substantif.

a. Relevansi terhadap Transformasi Digital Pertanian

Periode setelah tahun 2015 menandai percepatan transformasi digital dalam sektor pertanian, terutama dengan meningkatnya penggunaan teknologi informasi dan komunikasi dalam penyuluhan pertanian.

a) Berbagai inovasi digital seperti:
b) aplikasi *mobile* pertanian

c) layanan pesan singkat (SMS advisory)
d) platform media sosial pertanian
e) sistem pemantauan berbasis satelit mulai digunakan secara luas dalam berbagai program penyuluhan pertanian di seluruh dunia.

Menurut Cole dkk. (2025), perkembangan teknologi digital telah mengubah secara signifikan cara penyampaian layanan penyuluhan kepada petani, terutama setelah pandemi COVID-19 yang mempercepat adopsi platform digital dalam komunikasi penyuluhan.

b. Relevansi dengan Transformasi Sistem Penyuluhan
Selain faktor teknologi, periode 2015–2025 juga merupakan fase penting dalam evolusi sistem penyuluhan pertanian global. Pada periode ini, berbagai negara mulai mengadopsi pendekatan pluralistic extension systems, yang melibatkan kolaborasi antara pemerintah, sektor swasta, organisasi non-pemerintah, dan perusahaan AgTech. Perubahan ini menyebabkan munculnya berbagai model penyuluhan baru yang menggabungkan pendekatan tradisional dengan teknologi digital.

c. Ketersediaan Data Empiris Berkualitas
Pembatasan rentang waktu juga bertujuan untuk memastikan bahwa literatur yang dianalisis mencerminkan perkembangan terbaru dalam penelitian penyuluhan pertanian. Penelitian yang terlalu lama sering kali tidak lagi relevan dengan kondisi teknologi dan kebijakan pertanian saat ini. Dengan membatasi analisis pada penelitian yang diterbitkan dalam sepuluh tahun terakhir, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat memastikan bahwa sintesis literatur mencerminkan kondisi terkini dari sistem penyuluhan pertanian global.

B. Rasionalisasi Kriteria Bahasa (Bahasa Inggris)
Penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* juga membatasi literatur yang dianalisis pada artikel yang diterbitkan dalam bahasa Inggris. Pembatasan ini didasarkan pada beberapa pertimbangan metodologis.

a. Dominasi Bahasa Inggris dalam Publikasi Ilmiah Global
Bahasa Inggris merupakan bahasa utama dalam publikasi ilmiah internasional. Sebagian besar jurnal bereputasi yang terindeks dalam basis data seperti Scopus dan *Web of Science* menggunakan bahasa Inggris sebagai bahasa publikasi utama. Dengan membatasi literatur pada artikel berbahasa Inggris, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat mengakses sebagian besar penelitian internasional yang relevan dengan topik penelitian.

b. Konsistensi Analisis Literatur
Analisis literatur dalam SLR memerlukan interpretasi yang konsisten terhadap konsep dan terminologi yang digunakan dalam berbagai penelitian. Penggunaan satu bahasa utama membantu memastikan bahwa proses analisis literatur dilakukan secara konsisten dan mengurangi risiko kesalahan interpretasi akibat perbedaan bahasa.

c. Standar Publikasi Internasional
Sebagian besar penelitian yang diterbitkan dalam jurnal internasional bereputasi menggunakan bahasa Inggris sebagai bahasa utama publikasi. Oleh karena itu, pembatasan bahasa ini tidak secara signifikan mengurangi jumlah literatur berkualitas yang tersedia. Namun demikian, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* juga mengakui bahwa pembatasan bahasa dapat menyebabkan language bias, yaitu kemungkinan bahwa beberapa penelitian berkualitas yang diterbitkan dalam bahasa lain tidak tercakup dalam analisis.

C. Struktur Kriteria Inklusi dan Eksklusi
Untuk memastikan transparansi proses seleksi literatur, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi yang dirumuskan secara sistematis. Tabel berikut menunjukkan struktur lengkap kriteria seleksi literatur yang digunakan.

Tabel 7. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Literatur

No	Variabel Seleksi	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
1	Jenis publikasi	Artikel jurnal ilmiah	Buku, editorial, opini
2	Tahun publikasi	2015–2025	Sebelum 2015
3	Bahasa publikasi	Bahasa Inggris	Bahasa lain
4	Jenis penelitian	Penelitian empiris	Artikel review
5	Desain penelitian	Kuantitatif, kualitatif, *mixed methods*	Konseptual tanpa data
6	Subjek penelitian	Petani atau komunitas pedesaan	Non-pertanian
7	Fokus penelitian	Penyuluhan pertanian	Teknologi pertanian tanpa penyuluhan
8	Konteks geografis	Wilayah pedesaan	Konteks urban
9	Unit analisis	Petani kecil atau kelompok tani	Perusahaan agribisnis
10	Metode penyuluhan	Digital, tradisional, hibrid	Teknologi pertanian tanpa interaksi penyuluhan
11	Indikator hasil	Adopsi teknologi atau produktivitas	Tanpa indikator hasil
12	Akses artikel	Tersedia full text	Hanya abstrak
13	Basis data	Scopus, WoS, publisher database	Blog atau sumber non-akademik
14	Relevansi topik	Penyuluhan pertanian pedesaan	Penyuluhan non-pertanian
15	Validitas metodologi	Metodologi jelas	Metodologi tidak dijelaskan
16	Populasi penelitian	Petani atau komunitas pedesaan	Konsumen atau pasar
17	Outcome penelitian	Pengetahuan, produktivitas, kesejahteraan	Tanpa evaluasi dampak

D. Proses Implementasi Kriteria Seleksi

Setelah kriteria inklusi dan eksklusi ditetapkan, proses seleksi literatur dilakukan melalui beberapa tahap.

a. Tahap 1: Identifikasi
   Pada tahap ini, seluruh artikel yang ditemukan melalui pencarian basis data dikumpulkan dalam perangkat lunak manajemen referensi.
b. Tahap 2: Penghapusan Duplikasi
   Artikel yang muncul lebih dari satu kali dalam hasil pencarian dihapus untuk memastikan bahwa setiap artikel hanya dianalisis satu kali.
c. Tahap 3: Penyaringan Judul dan Abstrak
   Pada tahap ini, artikel diseleksi berdasarkan judul dan abstrak untuk menentukan apakah penelitian tersebut relevan dengan topik penelitian.
d. Tahap 4: Evaluasi Teks Lengkap
   Artikel yang lolos tahap penyaringan awal kemudian dianalisis secara lebih mendalam melalui pembacaan teks lengkap.

Hanya artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi yang dimasukkan dalam sintesis akhir.

E. Implikasi Metodologis Kriteria Seleksi

Penetapan kriteria inklusi dan eksklusi memiliki implikasi metodologis yang signifikan terhadap kualitas *systematic review*.

a. Pertama, kriteria yang jelas membantu meningkatkan transparansi proses seleksi literatur.
b. Kedua, kriteria seleksi membantu memastikan bahwa artikel yang dianalisis benar-benar relevan dengan tujuan penelitian.
c. Ketiga, proses seleksi yang sistematis membantu mengurangi bias dalam sintesis literatur.

Menurut Higgins dkk. (2019) transparansi dalam penetapan kriteria seleksi merupakan salah satu prinsip utama dalam metodologi *systematic review*.

F. Keterbatasan Kriteria Seleksi

Meskipun kriteria inklusi dan eksklusi dirancang untuk memastikan kualitas literatur yang dianalisis, pendekatan ini juga memiliki beberapa keterbatasan. Pembatasan bahasa dapat menyebabkan beberapa penelitian yang relevan tidak tercakup dalam analisis. Selain itu, pembatasan rentang waktu juga dapat mengecualikan penelitian klasik yang mungkin memiliki kontribusi teoretis penting. Namun demikian, pembatasan ini dianggap perlu untuk memastikan bahwa analisis literatur tetap fokus pada perkembangan terbaru dalam penelitian penyuluhan pertanian.

G. Kesimpulan

Penetapan kriteria inklusi dan eksklusi merupakan tahap penting dalam metodologi *Systematic Literature Review*. Dengan merumuskan kriteria seleksi secara sistematis, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat memastikan bahwa literatur yang dianalisis benar-benar relevan dengan topik penelitian serta memenuhi standar kualitas metodologis yang memadai.

Pembatasan rentang waktu publikasi pada periode 2015–2025 serta penggunaan bahasa Inggris sebagai bahasa utama publikasi didasarkan pada pertimbangan relevansi temporal dan aksesibilitas literatur ilmiah internasional. Melalui penerapan kriteria seleksi yang sistematis dan transparan, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* berhasil mengidentifikasi 80 studi empiris yang menjadi dasar sintesis literatur mengenai efektivitas penyuluhan pertanian di pedesaan.

Anatomi dan Pertanyaan Penelitian

A. Pendahuluan

Dalam metodologi *Systematic Literature Review* (SLR), formulasi pertanyaan penelitian merupakan tahap fundamental yang menentukan arah keseluruhan proses penelitian. Berbeda dengan penelitian empiris konvensional yang sering kali mengembangkan pertanyaan penelitian secara eksploratif selama proses pengumpulan data, SLR menuntut perumusan pertanyaan penelitian yang jelas sejak tahap awal. Pertanyaan penelitian dalam SLR berfungsi sebagai kerangka konseptual yang memandu berbagai tahapan metodologis, termasuk:

a. strategi pencarian literatur
b. penentuan kata kunci penelitian
c. penyaringan artikel
d. ekstraksi data
e. sintesis temuan penelitian

Menurut Snyder (2019), kualitas *systematic review* sangat bergantung pada kejelasan dan ketepatan formulasi pertanyaan penelitian. Pertanyaan yang terlalu luas dapat menghasilkan jumlah literatur yang sangat besar tetapi tidak relevan, sementara pertanyaan yang terlalu sempit dapat membatasi cakupan analisis dan mengurangi kontribusi ilmiah penelitian.

Dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, formulasi pertanyaan penelitian didasarkan pada kerangka PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcome*) yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya. Kerangka ini memungkinkan peneliti untuk merumuskan pertanyaan penelitian secara sistematis dengan mempertimbangkan komponen utama fenomena yang diteliti. Berdasarkan kerangka tersebut, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* merumuskan tiga pertanyaan penelitian utama yang menjadi dasar analisis *systematic review.*

B. Struktur Umum Pertanyaan Penelitian

Tiga pertanyaan penelitian yang menjadi fokus penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* adalah sebagai berikut:

1. Apa saja indikator yang dapat digunakan untuk menilai efektivitas penyuluhan pertanian di pedesaan?
2. Bagaimana perbandingan efektivitas platform digital dan metode tradisional dalam penyuluhan pertanian di pedesaan?

3. Apakah pendekatan hibrid lebih efektif dibandingkan penggunaan metode tunggal dalam penyuluhan pertanian di pedesaan?

Ketiga pertanyaan ini dirancang untuk mencakup tiga dimensi utama analisis dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, yaitu:

a. Dimensi konseptual (indikator efektivitas penyuluhan)
b. Dimensi komparatif (perbandingan metode penyuluhan)
c. Dimensi integratif (efektivitas pendekatan hibrid)

Struktur ini memungkinkan penelitian untuk mengembangkan analisis yang sistematis dan bertahap dalam memahami fenomena penyuluhan pertanian di era transformasi digital.

C. Analisis Teoretis Pertanyaan Penelitian Pertama

RQ1

1. Apa saja indikator yang dapat digunakan untuk menilai efektivitas penyuluhan pertanian di pedesaan?

Pertanyaan penelitian pertama bertujuan untuk mengidentifikasi indikator yang digunakan dalam literatur ilmiah untuk mengevaluasi efektivitas penyuluhan pertanian. Dalam literatur pembangunan pertanian, konsep efektivitas penyuluhan sering kali diukur melalui berbagai indikator yang mencerminkan perubahan dalam kapasitas petani. Menurut Rogers (2003) keberhasilan proses difusi inovasi dapat diukur melalui tingkat adopsi teknologi oleh kelompok sasaran.

Namun, dalam penelitian penyuluhan modern, indikator efektivitas tidak hanya terbatas pada adopsi teknologi. Berbagai studi menunjukkan bahwa keberhasilan penyuluhan juga berkaitan dengan peningkatan kapasitas kognitif dan sosial petani.

Dalam *systematic review* ini, analisis terhadap 80 artikel menunjukkan bahwa indikator efektivitas penyuluhan dapat dikategorikan ke dalam beberapa dimensi utama.

a. Indikator Kognitif
   Indikator ini berkaitan dengan peningkatan pengetahuan dan keterampilan petani.
   Contohnya:
   a) pemahaman teknik budidaya
   b) pengetahuan tentang praktik pertanian berkelanjutan
   c) kemampuan membaca informasi pasar
b. Indikator Perilaku
   Indikator perilaku berkaitan dengan perubahan praktik pertanian yang dilakukan oleh petani setelah menerima layanan penyuluhan.
   Contohnya:
   a) adopsi varietas unggul
   b) penggunaan pupuk secara efisien
   c) penerapan praktik konservasi tanah
c. Indikator Ekonomi
   Indikator ekonomi mencerminkan dampak penyuluhan terhadap kesejahteraan rumah tangga petani.
   Contohnya:
   a) peningkatan produktivitas
   b) peningkatan pendapatan
   c) stabilitas produksi
d. Indikator Sosial
   Indikator sosial berkaitan dengan perubahan dalam jaringan sosial dan partisipasi komunitas.
   Contohnya:
   a) partisipasi dalam kelompok tani
   b) kepercayaan terhadap penyuluh
   c) kolaborasi antarpetani
e. Hubungan dengan Strategi Pencarian Literatur
   Pertanyaan penelitian pertama memandu strategi pencarian literatur dengan memasukkan kata kunci yang berkaitan dengan indikator efektivitas penyuluhan.

Contoh kata kunci yang digunakan antara lain:
"agricultural extension effectiveness"
"technology adoption"
"farmer productivity"
"knowledge transfer in *agriculture*"
Kata kunci tersebut kemudian dikombinasikan menggunakan operator Boolean dalam basis data Scopus dan *Web of Science*.

D. Analisis Teoretis Pertanyaan Penelitian Kedua

RQ2

2. Bagaimana perbandingan efektivitas platform digital dan metode tradisional dalam penyuluhan pertanian di pedesaan?

Pertanyaan penelitian kedua berfokus pada analisis komparatif antara dua pendekatan utama dalam penyuluhan pertanian, yaitu:

a. penyuluhan berbasis teknologi digital
b. penyuluhan tradisional berbasis interaksi tatap muka

Pertanyaan ini menjadi sangat relevan dalam konteks transformasi digital sektor pertanian yang semakin pesat dalam dua dekade terakhir. Menurut studi Cole dkk. (2025), perkembangan teknologi digital telah membuka peluang baru dalam penyampaian layanan penyuluhan kepada petani. Teknologi digital memungkinkan penyuluhan dilakukan secara lebih efisien dan menjangkau lebih banyak petani.

Teknologi digital tidak selalu dapat menggantikan peran interaksi sosial dalam proses pembelajaran petani. Dalam literatur penyuluhan pertanian, metode tradisional seperti demonstrasi lapangan dan sekolah lapang petani masih dianggap sebagai pendekatan yang efektif dalam meningkatkan keterampilan praktis petani.

a. Dimensi Perbandingan Metode Penyuluhan

Analisis komparatif dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mencakup beberapa dimensi utama.

a) Efisiensi biaya, penyuluhan digital memiliki keunggulan dalam hal efisiensi biaya karena dapat menjangkau banyak petani dengan biaya yang relatif rendah.
b) Kualitas interaksi, metode tradisional memiliki keunggulan dalam membangun hubungan interpersonal antara penyuluh dan petani.
c) Kecepatan penyampaian informasi, platform digital memungkinkan penyampaian informasi secara real-time.
d) Relevansi lokal, metode tatap muka memungkinkan penyuluh menyesuaikan informasi dengan kondisi lokal petani.

b. Hubungan dengan Strategi Pencarian Literatur

Untuk menjawab pertanyaan penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, strategi pencarian literatur memasukkan kata kunci yang berkaitan dengan metode penyuluhan digital dan tradisional.

Contoh kata kunci:
"digital agricultural extension"
"*mobile* advisory services"
"farmer field school"
"traditional extension methods"

E. Analisis Teoretis Pertanyaan Penelitian Ketiga

RQ3

3. Apakah pendekatan hibrid lebih efektif dibandingkan metode tunggal dalam penyuluhan pertanian di pedesaan?

Pertanyaan penelitian ketiga merupakan pertanyaan integratif yang bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pendekatan hibrid dalam penyuluhan pertanian. Pendekatan hibrid menggabungkan keunggulan metode digital dan metode tradisional dalam sistem penyuluhan. Menurut berbagai studi terbaru, pendekatan ini semakin banyak digunakan dalam berbagai program penyuluhan karena mampu mengatasi keterbatasan masing-masing metode.

Sebagai contoh, teknologi digital dapat digunakan untuk menyampaikan informasi awal kepada petani, sementara interaksi tatap muka digunakan untuk memberikan bimbingan teknis yang lebih mendalam.

a. Dimensi Analisis Pendekatan Hibrid
   Analisis terhadap literatur menunjukkan bahwa pendekatan hibrid memiliki beberapa keunggulan utama.
   a) Kombinasi efisiensi dan kedalaman interaksi, pendekatan ini memungkinkan penyuluhan menjangkau lebih banyak petani tanpa mengorbankan kualitas interaksi.
   b) Inklusivitas sosial, pendekatan hibrid dapat menjangkau petani dengan tingkat literasi digital yang berbeda.
   c) Ketahanan sistem penyuluhan, kombinasi berbagai metode komunikasi membuat sistem penyuluhan lebih adaptif terhadap perubahan kondisi sosial dan teknologi.
b. Hubungan dengan Strategi Pencarian Literatur
   Untuk menjawab pertanyaan ini, strategi pencarian literatur memasukkan kata kunci seperti:
   "hybrid agricultural extension"
   "blended extension services"
   "ICT combined with extension"

F. Strategi Pencarian Literatur di Scopus dan *Web of Science*
   Berdasarkan tiga pertanyaan penelitian di atas, strategi pencarian literatur dirancang menggunakan kombinasi kata kunci yang relevan. Contoh query pencarian yang digunakan dalam basis data Scopus dan *Web of Science* adalah sebagai berikut:
   ("agricultural extension" OR "extension services" OR "rural advisory services")
   AND
   ("digital *agriculture*" OR "*mobile* advisory" OR "ICT for *agriculture*")
   AND
   ("farmer adoption" OR "technology adoption" OR "productivity")
   Strategi pencarian ini dirancang untuk memastikan bahwa literatur yang ditemukan mencakup berbagai dimensi penelitian yang relevan dengan pertanyaan penelitian.

G. Implikasi Metodologis Formulasi Pertanyaan Penelitian
   Formulasi pertanyaan penelitian yang jelas memiliki beberapa implikasi metodologis penting dalam *systematic review*.
   a. Pertama, pertanyaan penelitian membantu memastikan bahwa proses pencarian literatur tetap fokus pada topik penelitian.
   b. Kedua, pertanyaan penelitian memandu proses penyaringan literatur sehingga hanya artikel yang relevan yang dianalisis.
   c. Ketiga, struktur pertanyaan penelitian membantu peneliti dalam mengorganisasi hasil analisis literatur secara sistematis.

H. Kesimpulan
   Pertanyaan penelitian merupakan elemen fundamental dalam metodologi *Systematic Literature Review*. Dengan merumuskan pertanyaan penelitian secara sistematis, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat mengembangkan analisis literatur yang terstruktur dan komprehensif. Tiga pertanyaan penelitian yang dirumuskan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mencakup dimensi konseptual, komparatif, dan integratif dari efektivitas penyuluhan pertanian di pedesaan. Struktur pertanyaan penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* tidak hanya memandu strategi pencarian literatur dalam basis data *Scopus* dan *Web of Science*, tetapi juga menjadi dasar dalam proses sintesis literatur yang dilakukan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*.

Validitas Cakupan

Dalam metodologi *Systematic Literature Review* (SLR), salah satu tantangan utama adalah memastikan bahwa literatur yang dipilih benar-benar merepresentasikan fenomena penelitian yang ingin dianalisis. Jika proses seleksi literatur dilakukan secara tidak sistematis, terdapat

risiko bahwa artikel yang dianalisis hanya mencerminkan sebagian kecil dari realitas empiris yang ada.

Oleh karena itu, berbagai pendekatan metodologis telah dikembangkan untuk meningkatkan validitas cakupan dalam *systematic review*. Salah satu pendekatan yang paling banyak digunakan adalah kerangka PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcome*). Kerangka ini tidak hanya berfungsi sebagai alat untuk merumuskan pertanyaan penelitian, tetapi juga berperan penting dalam memastikan bahwa proses pencarian dan seleksi literatur dilakukan secara sistematis. Dengan menggunakan komponen PICO sebagai dasar seleksi literatur, peneliti dapat memastikan bahwa artikel yang dianalisis memiliki kesesuaian konseptual dengan fenomena penelitian.

Dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, kerangka PICO digunakan untuk menjamin bahwa literatur yang dianalisis benar-benar merepresentasikan fenomena penyuluhan pertanian di pedesaan dalam konteks global. Melalui penerapan kriteria PICO yang sistematis, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* berhasil mengidentifikasi 80 studi empiris yang mencerminkan variasi konteks geografis, sosial, dan kelembagaan dalam sistem penyuluhan pertanian.

A. Konsep Validitas dalam *Systematic Literature Review*

Dalam metodologi penelitian, konsep validitas merujuk pada sejauh mana suatu metode penelitian mampu mengukur fenomena yang sebenarnya ingin dianalisis. Dalam konteks *systematic review*, validitas tidak hanya berkaitan dengan kualitas metodologi penelitian individual, tetapi juga dengan representativitas literatur yang dianalisis.

Menurut Higgins dkk., (2019), validitas dalam *systematic review* dapat dibedakan menjadi beberapa jenis utama:

a. Validitas internal, yaitu sejauh mana penelitian individual memiliki desain metodologi yang kuat.
b. Validitas eksternal, yaitu sejauh mana temuan penelitian dapat digeneralisasikan ke konteks yang lebih luas.
c. Validitas cakupan (*coverage validity*), yaitu sejauh mana literatur yang dianalisis mencakup seluruh spektrum penelitian yang relevan dengan topik penelitian.

Dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, fokus utama adalah pada validitas cakupan, yaitu memastikan bahwa artikel yang dianalisis benar-benar mencerminkan berbagai dimensi fenomena penyuluhan pertanian di pedesaan.

B. Peran Kerangka PICO dalam Menjamin Validitas Cakupan

Kerangka PICO memainkan peran penting dalam memastikan validitas cakupan dalam *systematic review*. Setiap komponen PICO berfungsi sebagai filter konseptual yang membantu peneliti menyeleksi literatur yang relevan. Keempat komponen tersebut berkontribusi terhadap validitas cakupan sebagai berikut:

Tabel 8. Peran Kerangka PICO

Komponen	Peran dalam Validitas Cakupan
Population	Memastikan bahwa penelitian yang dianalisis berfokus pada kelompok sasaran yang relevan
Intervention	Menjamin bahwa penelitian membahas intervensi yang sesuai dengan fokus penelitian
Comparison	Memungkinkan analisis komparatif antara berbagai pendekatan
Outcome	Memastikan bahwa penelitian mengukur hasil yang relevan

Dengan menggunakan kerangka ini, peneliti dapat memastikan bahwa literatur yang dianalisis benar-benar mencakup seluruh dimensi fenomena yang ingin dipahami.

C. Validitas Komponen Population

Komponen Population dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mencakup petani kecil dan komunitas pertanian di wilayah pedesaan. Fokus pada populasi ini didasarkan pada fakta bahwa sebagian besar program penyuluhan pertanian di seluruh dunia dirancang untuk meningkatkan kapasitas petani kecil. Petani kecil merupakan kelompok yang paling rentan terhadap keterbatasan akses informasi dan teknologi pertanian.

Dengan menggunakan kriteria population yang jelas, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat memastikan bahwa literatur yang dianalisis benar-benar berkaitan dengan kelompok sasaran utama program penyuluhan pertanian. Selain itu, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* juga mencakup studi yang dilakukan di berbagai wilayah geografis, termasuk:

a. Asia Selatan
b. Asia Tenggara
c. Afrika Sub-Sahara
d. Amerika Latin

Keragaman geografis ini meningkatkan validitas eksternal penelitian karena memungkinkan analisis terhadap berbagai konteks sosial dan ekonomi.

D. Validitas Komponen *Intervention*

Komponen Intervention dalam kerangka PICO merujuk pada jenis intervensi yang dianalisis dalam penelitian. Intervensi yang dianalisis meliputi berbagai metode penyuluhan pertanian, termasuk:

a. penyuluhan tradisional berbasis tatap muka
b. penyuluhan digital berbasis teknologi informasi
c. pendekatan hibrid yang menggabungkan kedua metode tersebut

Dengan memasukkan berbagai jenis intervensi dalam kriteria seleksi literatur, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat menangkap variasi pendekatan penyuluhan yang digunakan di berbagai negara. Pendekatan ini penting untuk memastikan bahwa sintesis literatur tidak bias terhadap satu jenis metode penyuluhan tertentu.

E. Validitas Komponen *Comparison*

Komponen Comparison memungkinkan penelitian untuk menganalisis perbedaan efektivitas antara berbagai metode penyuluhan. Komponen comparison digunakan untuk membandingkan tiga pendekatan utama yaitu:

a. metode penyuluhan tradisional
b. metode penyuluhan digital
c. pendekatan hibrid

Pendekatan komparatif ini memungkinkan penelitian untuk mengevaluasi keunggulan dan keterbatasan masing-masing metode dalam berbagai konteks. Analisis komparatif juga membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan berbagai metode penyuluhan.

F. Validitas Komponen *Outcome*

Komponen *Outcome* memastikan bahwa literatur yang dianalisis mengukur hasil yang relevan dengan tujuan penelitian. *Outcome* yang dianalisis mencakup berbagai indikator efektivitas penyuluhan pertanian, termasuk:

a. adopsi teknologi pertanian
b. peningkatan pengetahuan petani
c. peningkatan produktivitas
d. peningkatan pendapatan
e. keberlanjutan praktik pertanian

Dengan menggunakan indikator *outcome* yang jelas, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat memastikan bahwa literatur yang dianalisis benar-benar membahas dampak penyuluhan terhadap kapasitas petani.

G. Representasi Global dalam Literatur yang Dipilih

Salah satu tujuan utama penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* adalah menghasilkan sintesis literatur yang merepresentasikan fenomena penyuluhan pertanian secara global. Untuk mencapai tujuan tersebut, proses seleksi literatur dirancang agar mencakup penelitian yang dilakukan di berbagai negara dengan karakteristik sistem pertanian yang berbeda. Analisis terhadap 80 artikel yang dipilih menunjukkan bahwa penelitian tersebut mencakup berbagai wilayah geografis utama dunia. Distribusi geografis literatur yang dianalisis dapat dikategorikan sebagai berikut:

Tabel 9. Representasi Global dalam Literatur

Wilayah	Karakteristik Sistem Penyuluhan
Asia Selatan	Sistem penyuluhan berbasis pemerintah
Afrika Sub-Sahara	Sistem penyuluhan pluralistik
Asia Tenggara	Kombinasi penyuluhan publik dan swasta
Amerika Latin	Sistem penyuluhan berbasis komunitas

Keragaman konteks geografis ini meningkatkan validitas eksternal penelitian karena memungkinkan analisis terhadap berbagai model penyuluhan pertanian.

H. Validitas Metodologis Studi yang Dipilih

Selain mempertimbangkan cakupan geografis, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* juga mempertimbangkan kualitas metodologi penelitian yang dianalisis. Artikel yang dimasukkan dalam *systematic review* ini mencakup berbagai desain penelitian, termasuk:

a. survei kuantitatif
b. eksperimen lapangan
c. studi kasus kualitatif
d. penelitian metode campuran

Keragaman metodologi ini memberikan perspektif yang lebih komprehensif mengenai fenomena penyuluhan pertanian.

I. Implikasi Metodologis Validitas Cakupan

Validitas cakupan yang kuat memiliki beberapa implikasi penting bagi penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*.

a. Pertama, sintesis literatur yang dihasilkan memiliki tingkat generalisasi yang lebih tinggi karena mencakup berbagai konteks geografis dan metodologis.
b. Kedua, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat mengidentifikasi pola temuan yang konsisten dalam literatur global mengenai efektivitas penyuluhan pertanian.
c. Ketiga, pendekatan ini memungkinkan penelitian untuk mengembangkan rekomendasi kebijakan yang lebih relevan bagi berbagai konteks pertanian.

J. Keterbatasan Validitas Cakupan

Meskipun kerangka PICO membantu meningkatkan validitas cakupan, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* tetap memiliki beberapa keterbatasan. Pembatasan literatur pada artikel berbahasa Inggris dapat menyebabkan beberapa penelitian lokal tidak tercakup dalam analisis. Selain itu, literatur yang tersedia dalam basis data internasional sering kali lebih banyak berasal dari negara dengan kapasitas penelitian yang lebih tinggi. Namun demikian, penggunaan basis data internasional seperti *Scopus* dan *Web of Science* membantu memastikan bahwa literatur yang dianalisis memiliki kualitas akademik yang tinggi.

K. Kesimpulan

Kerangka PICO memainkan peran penting dalam memastikan validitas cakupan dalam *Systematic Literature Review*. Dengan menggunakan komponen Population, Intervention, Comparison, dan *Outcome* sebagai dasar seleksi literatur, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat memastikan bahwa artikel yang dianalisis benar-benar relevan dengan fenomena penyuluhan pertanian di pedesaan. Melalui penerapan kerangka PICO yang sistematis, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* berhasil mengidentifikasi 80 studi empiris yang merepresentasikan berbagai konteks geografis dan metodologis dalam sistem penyuluhan pertanian global. Dengan demikian, sintesis literatur yang dihasilkan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memiliki tingkat validitas yang tinggi dan dapat memberikan kontribusi yang signifikan bagi pengembangan kebijakan penyuluhan pertanian berbasis bukti.

Penutup

Dalam penelitian berbasis *Systematic Literature Review* (SLR), kerangka metodologis yang digunakan tidak hanya berfungsi sebagai alat untuk mengorganisasi proses penelitian, tetapi juga menjadi dasar konseptual yang menghubungkan antara pertanyaan penelitian, proses seleksi literatur, serta struktur analisis hasil penelitian. Oleh karena itu, penting untuk

menegaskan bagaimana kerangka PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcome*) yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* berperan dalam membentuk struktur temuan empiris yang akan disajikan dalam bab-bab berikutnya.

Sebagaimana telah dijelaskan dalam bagian sebelumnya, kerangka PICO digunakan untuk memastikan bahwa proses pencarian dan seleksi literatur dilakukan secara sistematis dan transparan. Dengan mendefinisikan secara jelas populasi penelitian, jenis intervensi yang dianalisis, pendekatan komparatif yang digunakan, serta indikator hasil yang diukur, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mampu mengidentifikasi literatur yang relevan dan berkualitas untuk dianalisis lebih lanjut.

Lebih dari sekadar alat metodologis, kerangka PICO juga memiliki fungsi analitis dalam menyusun struktur sintesis literatur. Setiap komponen PICO berkontribusi pada pembentukan tema analisis yang kemudian dikembangkan dalam bab hasil penelitian. Dengan demikian, terdapat hubungan yang erat antara desain metodologi penelitian dengan struktur temuan yang disajikan dalam Bab 4 hingga Bab 6. Bagian ini bertujuan untuk menjelaskan bagaimana kerangka PICO yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* membentuk kerangka analisis yang sistematis serta bagaimana struktur temuan penelitian dikembangkan berdasarkan tiga pertanyaan penelitian utama yang telah dirumuskan sebelumnya.

A. Integrasi Kerangka PICO dengan Desain Analisis Penelitian

Kerangka PICO dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* tidak hanya digunakan sebagai alat formulasi pertanyaan penelitian, tetapi juga sebagai dasar konseptual dalam mengorganisasi hasil analisis literatur. Setiap komponen PICO memiliki implikasi langsung terhadap struktur analisis temuan penelitian.

Tabel berikut menunjukkan hubungan antara komponen PICO, pertanyaan penelitian, dan struktur bab hasil penelitian.

Tabel 10. Integrasi Kerangka PICO dengan Desain Analisis Penelitian

Komponen PICO	Pertanyaan Penelitian	Struktur Analisis
Population	Karakteristik Petani Dan Sistem Penyuluhan	Analisis Konteks Global Penyuluhan
Intervention	Metode Penyuluhan Digital Dan Tradisional	Analisis Metode Penyuluhan
Comparison	Perbandingan Efektivitas Metode	Analisis Komparatif Metode
Outcome	Dampak Penyuluhan Terhadap Petani	Analisis Indikator Efektivitas

Melalui struktur ini, penelitian dapat mengembangkan sintesis literatur secara sistematis, mulai dari analisis konseptual mengenai indikator efektivitas penyuluhan hingga analisis komparatif mengenai berbagai pendekatan penyuluhan yang digunakan dalam praktik.

B. Hubungan Kerangka PICO dengan Bab 4 : (Indikator Efektivitas Penyuluhan)

Bab 4 dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* berfokus pada identifikasi dan analisis indikator yang digunakan dalam literatur untuk mengukur efektivitas penyuluhan pertanian di pedesaan. Analisis ini secara langsung berkaitan dengan komponen Outcome dalam kerangka PICO. Dalam literatur penyuluhan pertanian, efektivitas program penyuluhan sering kali diukur melalui berbagai indikator yang mencerminkan perubahan dalam kapasitas petani. Berdasarkan sintesis terhadap 80 artikel yang dianalisis dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, indikator efektivitas penyuluhan dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kategori utama.

a. Indikator Pengetahuan

Indikator ini mencerminkan peningkatan kapasitas kognitif petani sebagai hasil dari proses penyuluhan. Peningkatan pengetahuan dapat mencakup pemahaman mengenai teknik budidaya, penggunaan input pertanian, serta informasi mengenai kondisi pasar.

b. Indikator Adopsi Teknologi

Salah satu indikator paling umum dalam penelitian penyuluhan adalah tingkat adopsi teknologi pertanian oleh petani. Dalam teori difusi inovasi, adopsi teknologi merupakan tahap penting dalam proses perubahan perilaku petani.

c. Indikator Produktivitas
   Penyuluhan pertanian diharapkan dapat meningkatkan produktivitas melalui penerapan praktik pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan.
d. Indikator Kesejahteraan Ekonomi
   Selain dampak teknis terhadap produksi, penyuluhan juga diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan ekonomi rumah tangga petani melalui peningkatan pendapatan dan stabilitas produksi.

Dengan demikian, Bab 4 merupakan pengembangan langsung dari komponen outcome dalam kerangka PICO, yang bertujuan untuk memahami bagaimana literatur ilmiah mengukur keberhasilan program penyuluhan pertanian.

C. Hubungan Kerangka PICO dengan Bab 5 : (Perbandingan Metode Penyuluhan)

Bab 5 dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*berfokus pada analisis komparatif antara berbagai metode penyuluhan pertanian. Analisis ini berkaitan dengan komponen Intervention dan Comparison dalam kerangka PICO. Perkembangan teknologi informasi dalam dua dekade terakhir telah mengubah cara penyampaian layanan penyuluhan kepada petani. Berbagai platform digital kini digunakan untuk menyampaikan informasi pertanian secara lebih cepat dan luas. Namun, metode penyuluhan tradisional yang berbasis interaksi tatap muka masih memiliki peran penting dalam proses pembelajaran petani. Oleh karena itu, analisis komparatif antara berbagai metode penyuluhan menjadi salah satu fokus utama dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*. Bab 5 akan mengkaji perbandingan efektivitas antara tiga pendekatan utama:

a. Metode penyuluhan tradisional
   Metode ini melibatkan interaksi langsung antara penyuluh dan petani melalui kegiatan seperti demonstrasi lapangan dan sekolah lapang petani.
b. Metode penyuluhan digital
   Pendekatan ini memanfaatkan teknologi informasi seperti aplikasi *mobile*, layanan SMS, dan media sosial untuk menyampaikan informasi pertanian.
c. Pendekatan hibrid
   Pendekatan ini menggabungkan metode digital dan tatap muka dalam sistem penyuluhan yang lebih adaptif.

Melalui analisis komparatif ini, Bab 5 bertujuan untuk memahami bagaimana berbagai metode penyuluhan berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas petani dalam berbagai konteks sosial dan ekonomi.

D. Hubungan Kerangka PICO dengan Bab 6 : (Model Penyuluhan Hibrid)

Bab 6 merupakan sintesis integratif dari temuan penelitian yang mengembangkan konsep model penyuluhan hibrid sebagai pendekatan yang paling adaptif dalam menghadapi tantangan penyuluhan pertanian di era digital. Bab ini berkaitan dengan integrasi seluruh komponen PICO dalam kerangka analisis yang lebih komprehensif.

Sintesis literatur yang dilakukan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menunjukkan bahwa tidak ada satu metode penyuluhan yang secara universal lebih unggul dibandingkan metode lainnya. Sebaliknya, efektivitas penyuluhan sangat bergantung pada kombinasi berbagai pendekatan komunikasi yang disesuaikan dengan konteks lokal. Pendekatan hibrid muncul sebagai solusi yang mampu mengintegrasikan keunggulan metode digital dan metode tradisional. Keunggulan pendekatan ini meliputi:

a. Skalabilitas informasi melalui teknologi digital
   Platform digital memungkinkan penyampaian informasi kepada jumlah petani yang lebih besar dengan biaya yang relatif rendah.
b. Kedalaman interaksi melalui komunikasi tatap muka
   Interaksi langsung antara penyuluh dan petani tetap penting untuk membangun kepercayaan serta memberikan bimbingan teknis yang lebih mendalam.
c. Inklusivitas sosial
   Pendekatan hibrid memungkinkan sistem penyuluhan menjangkau petani dengan tingkat literasi digital yang berbeda.

Dengan demikian, Bab 6 merupakan pengembangan konseptual dari hasil sintesis literatur yang dianalisis dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*.

E. Kontribusi Metodologis Kerangka PICO dalam Penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*

Penggunaan kerangka PICO dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan beberapa kontribusi metodologis yang signifikan.

a. Pertama, kerangka ini membantu memastikan bahwa proses pencarian literatur dilakukan secara sistematis dan transparan. Dengan menggunakan komponen PICO sebagai dasar pencarian literatur, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat mengidentifikasi artikel yang benar-benar relevan dengan fenomena yang dianalisis.
b. Kedua, kerangka PICO membantu meningkatkan konsistensi analisis literatur. Setiap artikel yang dianalisis dievaluasi berdasarkan kesesuaiannya dengan komponen population, intervention, comparison, dan outcome yang telah ditetapkan sebelumnya.
c. Ketiga, kerangka PICO membantu mengorganisasi struktur analisis penelitian secara sistematis. Hubungan antara komponen PICO dan struktur temuan penelitian memungkinkan pengembangan sintesis literatur yang lebih terstruktur.

F. Refleksi Metodologis

Penggunaan kerangka PICO dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* juga mencerminkan pendekatan metodologis yang semakin banyak digunakan dalam penelitian sosial berbasis *evidence-based policy*. Dalam konteks kebijakan pembangunan pertanian, pendekatan berbasis bukti menjadi semakin penting karena kompleksitas tantangan yang dihadapi sektor pertanian. Kebijakan penyuluhan pertanian yang efektif harus didasarkan pada pemahaman yang komprehensif mengenai berbagai faktor yang mempengaruhi keberhasilan program penyuluhan. Melalui penggunaan kerangka PICO dan metodologi *Systematic Literature Review*, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* berupaya memberikan kontribusi ilmiah yang dapat mendukung pengembangan kebijakan penyuluhan pertanian yang lebih adaptif dan inklusif.

G. Kesimpulan

Kerangka PICO memainkan peran penting dalam menghubungkan desain metodologi penelitian dengan struktur analisis temuan yang disajikan dalam bab hasil penelitian. Melalui penggunaan kerangka ini, penelitian dapat memastikan bahwa proses pencarian literatur dilakukan secara sistematis serta bahwa artikel yang dianalisis benar-benar relevan dengan fenomena penyuluhan pertanian di pedesaan. Selain berfungsi sebagai alat metodologis dalam proses *systematic review*, kerangka PICO juga memberikan dasar konseptual bagi struktur analisis penelitian. Hubungan antara komponen PICO dan struktur temuan dalam Bab 4 hingga Bab 6 menunjukkan bahwa metodologi penelitian tidak hanya menentukan cara pengumpulan data, tetapi juga membentuk kerangka analisis yang digunakan dalam sintesis literatur. Dengan demikian, penggunaan kerangka PICO dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* tidak hanya meningkatkan transparansi metodologi penelitian, tetapi juga memperkuat integrasi antara desain penelitian dan analisis hasil penelitian.

➢ Strategi Pencarian Literatur dan Protokol Ekstraksi Data

Seleksi Multi-Database

Dalam penelitian berbasis *Systematic Literature Review* (SLR), tahap pencarian literatur merupakan fondasi utama yang menentukan kualitas sintesis ilmiah yang dihasilkan. Proses pencarian literatur tidak hanya berfungsi untuk mengidentifikasi penelitian yang relevan, tetapi juga untuk memastikan bahwa literatur yang dianalisis mencerminkan spektrum pengetahuan ilmiah yang luas dan representatif.

Salah satu tantangan utama dalam proses pencarian literatur adalah bias basis data (database bias). Bias ini terjadi ketika penelitian hanya menggunakan satu basis data akademik sebagai sumber literatur, sehingga berpotensi mengecualikan sejumlah penelitian penting yang terindeks pada basis data lain.

Untuk mengatasi masalah tersebut, banyak penelitian *systematic review modern* merekomendasikan penggunaan strategi pencarian multi-database. Pendekatan ini melibatkan penggunaan beberapa basis data bibliografis secara simultan untuk memastikan

cakupan literatur yang lebih luas dan komprehensif. Dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, strategi pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan tiga basis data akademik utama:

a. *Scopus*
b. *Web of Science*
c. *ScienceDirect*

Pemilihan ketiga basis data ini didasarkan pada pertimbangan kualitas indeksasi, cakupan disiplin ilmu, serta reputasi akademik dalam komunitas ilmiah global. Menurut Gusenbauer dan Haddaway (2020), penggunaan beberapa basis data bibliografis secara simultan merupakan praktik terbaik dalam *systematic review* karena mampu meningkatkan komprehensivitas pencarian literatur sekaligus meminimalkan bias seleksi.

A. Konsep Bias Basis Data dalam *Systematic review*

Dalam metodologi *systematic review*, bias basis data merujuk pada kecenderungan literatur yang ditemukan hanya mencerminkan subset tertentu dari publikasi ilmiah. Hal ini terjadi karena setiap basis data memiliki karakteristik indeksasi yang berbeda. Sebagai contoh, beberapa basis data memiliki fokus yang lebih kuat pada jurnal dari wilayah geografis tertentu atau disiplin ilmu tertentu. Jika penelitian hanya menggunakan satu basis data, maka terdapat kemungkinan bahwa sebagian literatur yang relevan tidak teridentifikasi.

Gusenbauer dan Haddaway (2020) menekankan bahwa tidak ada basis data tunggal yang mampu mencakup seluruh publikasi ilmiah secara lengkap. Oleh karena itu, penggunaan beberapa basis data secara simultan menjadi strategi yang penting dalam memastikan bahwa proses pencarian literatur tidak bersifat parsial.

Selain itu, bias basis data juga dapat mempengaruhi distribusi temuan penelitian. Misalnya, jika literatur yang dianalisis hanya berasal dari satu basis data tertentu, maka terdapat kemungkinan bahwa hasil penelitian akan mencerminkan bias geografis atau metodologis yang tidak representatif. Dengan menggunakan strategi multi-database, penelitian dapat meningkatkan validitas eksternal dari sintesis literatur yang dihasilkan.

B. Karakteristik Basis Data Scopus

Scopus merupakan salah satu basis data bibliografis terbesar di dunia yang dikelola oleh penerbit Elsevier. Basis data ini mencakup lebih dari 25.000 jurnal ilmiah dari berbagai disiplin ilmu, termasuk ilmu sosial, ilmu pertanian, teknologi, dan kesehatan.

Salah satu keunggulan utama Scopus adalah cakupan indeksasi yang luas serta sistem metadata yang sangat terstruktur. Setiap artikel yang terindeks dalam Scopus dilengkapi dengan berbagai informasi bibliografis yang memudahkan proses analisis literatur.

Menurut Mongeon dan Paul-hus (2016), Scopus memiliki cakupan jurnal yang lebih luas dibandingkan dengan banyak basis data lainnya, terutama dalam bidang ilmu sosial dan ilmu terapan. Dalam konteks penelitian penyuluhan pertanian, Scopus sangat relevan karena banyak jurnal internasional yang membahas isu pembangunan pedesaan dan sistem penyuluhan pertanian terindeks dalam basis data ini.

Beberapa jurnal utama yang sering digunakan dalam penelitian penyuluhan pertanian dan terindeks dalam Scopus antara lain:

a. *Agricultural Systems*
b. *World Development*
c. *Journal of Rural Studies*
d. *Land Use Policy*
e. *Food Policy*

Dengan cakupan yang luas tersebut, Scopus menjadi sumber literatur yang sangat penting dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*.

C. Karakteristik Basis Data *Web of Science*

Selain Scopus, basis data *Web of Science* (WoS) juga digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*. untuk meningkatkan cakupan literatur yang dianalisis. *Web of Science* merupakan basis data bibliografis yang dikelola oleh *Clarivate Analytics* dan dikenal sebagai salah satu indeks jurnal ilmiah paling prestisius di dunia. Basis data ini mencakup berbagai indeks sitasi utama, termasuk:

a. *Science Citation Index Expanded (SCIE)*
b. *Social Sciences Citation Index (SSCI)*
c. *Arts and Humanities Citation Index (AHCI)*

Keunggulan utama *Web of Science* terletak pada standar seleksi jurnal yang sangat ketat. Jurnal yang terindeks dalam basis data ini umumnya memiliki kualitas akademik yang sangat tinggi.

Menurut Falagas dkk. (2008), *Web of Science* sering digunakan sebagai sumber literatur utama dalam penelitian bibliometrik karena kualitas indeksasi yang sangat selektif. Dengan memasukkan *Web of Science* dalam strategi pencarian literatur, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat memastikan bahwa literatur yang dianalisis mencakup publikasi dari jurnal dengan reputasi akademik yang sangat baik.

D. Karakteristik Basis Data *ScienceDirect*

Basis data ketiga yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* adalah *ScienceDirect* .

ScienceDirect merupakan platform publikasi ilmiah yang juga dikelola oleh Elsevier dan menyediakan akses ke ribuan jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh penerbit tersebut.

Berbeda dengan Scopus dan *Web of Science* yang berfungsi sebagai indeks bibliografis, *ScienceDirect* merupakan platform akses langsung ke teks penuh artikel ilmiah. Keunggulan utama *ScienceDirect* adalah kemampuannya menyediakan akses ke artikel lengkap dari berbagai jurnal ilmiah terkemuka. Hal ini sangat penting dalam proses *systematic review* karena memungkinkan peneliti untuk membaca dan menganalisis isi artikel secara mendalam. Selain itu, banyak jurnal utama dalam bidang pertanian dan pembangunan pedesaan diterbitkan oleh Elsevier dan tersedia melalui *ScienceDirect* .

E. Keunggulan Strategi Multi-Database

Penggunaan beberapa basis data secara simultan memberikan beberapa keuntungan metodologis dalam *systematic review*.

a. Cakupan literatur yang lebih luas
   Setiap basis data memiliki cakupan jurnal yang berbeda. Dengan menggunakan beberapa basis data sekaligus, penelitian dapat mengidentifikasi lebih banyak literatur yang relevan.
b. Pengurangan bias seleksi
   Strategi multi-database membantu mengurangi risiko bias seleksi yang dapat terjadi jika penelitian hanya menggunakan satu basis data.
c. Validitas sintesis literatur yang lebih tinggi
   Dengan cakupan literatur yang lebih luas, sintesis literatur yang dihasilkan menjadi lebih representatif terhadap perkembangan penelitian global.

F. Implementasi Strategi Multi-Database

Dalam penelitian ini, strategi pencarian literatur dilakukan dengan menggabungkan hasil pencarian dari tiga basis data utama:

a. Scopus
b. *Web of Science*
c. *ScienceDirect*

Proses pencarian literatur dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci yang berkaitan dengan penyuluhan pertanian dan pembangunan pedesaan. Hasil pencarian dari ketiga basis data tersebut kemudian digabungkan dalam satu basis data referensi untuk proses deduplikasi dan penyaringan lebih lanjut.

G. Distribusi Artikel dari Setiap Basis Data

Hasil pencarian literatur menunjukkan bahwa artikel yang teridentifikasi berasal dari beberapa basis data utama. Distribusi awal artikel dapat dilihat pada tabel berikut.

Table 11. Hasil Distribusi Artikel dari Setiap Basis Data

Basis Data	Jumlah Artikel
Scopus	660
Web of Science	250
Total	910

Setelah proses deduplikasi, jumlah artikel yang tersisa untuk proses penyaringan lebih lanjut adalah 705 artikel

H. Implikasi Metodologis Penggunaan Multi-Database

Penggunaan strategi multi-database dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan beberapa implikasi penting bagi kualitas penelitian.

a. Pertama, strategi ini meningkatkan komprehensivitas pencarian literatur, sehingga penelitian dapat mengidentifikasi berbagai studi empiris yang relevan dengan topik penelitian.
b. Kedua, strategi ini membantu mengurangi bias seleksi yang dapat terjadi jika penelitian hanya menggunakan satu basis data.
c. Ketiga, penggunaan beberapa basis data memungkinkan penelitian untuk meng-identifikasi literatur dari berbagai disiplin ilmu yang berbeda.

Hal ini sangat penting dalam penelitian mengenai penyuluhan pertanian, yang merupakan bidang interdisipliner yang melibatkan ilmu pertanian, ekonomi pembangunan, dan komunikasi pembangunan.

I. Kesimpulan

Strategi pencarian literatur merupakan tahap krusial dalam penelitian *Systematic Literature Review*. Penggunaan beberapa basis data bibliografis secara simultan membantu meningkatkan cakupan literatur sekaligus meminimalkan bias seleksi. Strategi pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan tiga basis data utama, yaitu *Scopus, Web of Science,* dan *ScienceDirect.* Kombinasi ketiga basis data ini memungkinkan penelitian untuk mengidentifikasi literatur yang relevan dari berbagai disiplin ilmu serta berbagai konteks geografis. Dengan demikian, strategi multi-database yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan dasar metodologis yang kuat bagi proses sintesis literatur yang dilakukan.

Logika Boolean dan String Pencarian

Dalam metodologi *Systematic Literature Review* (SLR), keberhasilan proses pencarian literatur sangat bergantung pada kualitas konstruksi *Search string* yang digunakan dalam basis data akademik. *Search string* merupakan kombinasi kata kunci yang disusun menggunakan operator logika tertentu untuk mengidentifikasi publikasi ilmiah yang relevan dengan topik penelitian.

Berbeda dengan pencarian literatur biasa yang bersifat eksploratif, pencarian literatur dalam *systematic review* harus dirancang secara sistematis dan dapat direplikasi. Oleh karena itu, peneliti perlu menggunakan teknik pencarian yang terstruktur, termasuk penggunaan operator Boolean, truncation, dan wildcards, untuk memastikan bahwa proses pencarian literatur menghasilkan cakupan artikel yang luas sekaligus relevan.

Menurut Bramer dkk. (2017) penggunaan strategi pencarian yang sistematis merupakan elemen kunci dalam *systematic review* karena memungkinkan peneliti mengidentifikasi literatur yang relevan secara komprehensif sekaligus meminimalkan risiko kehilangan studi penting. Oleh karena itu, konstruksi *Search string* dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dirancang dengan mempertimbangkan berbagai variasi istilah yang digunakan dalam literatur untuk menggambarkan fenomena penyuluhan pertanian di pedesaan.

A. Konsep Dasar Logika Boolean

Logika Boolean merupakan sistem logika yang digunakan dalam pencarian informasi digital untuk menggabungkan atau memisahkan kata kunci tertentu. Dalam basis data akademik, operator Boolean memungkinkan peneliti untuk mengontrol hubungan antara berbagai kata kunci yang digunakan dalam pencarian literatur.

Operator Boolean utama yang digunakan dalam pencarian literatur meliputi:

a. Operator AND

Operator AND digunakan untuk menggabungkan dua atau lebih kata kunci sehingga hasil pencarian hanya mencakup artikel yang mengandung seluruh kata kunci tersebut.
Contoh penggunaan:
agricultural extension AND rural farmers

Pencarian ini akan menghasilkan artikel yang mengandung kedua istilah tersebut secara bersamaan.

Operator AND biasanya digunakan untuk mempersempit hasil pencarian agar lebih relevan dengan topik penelitian.

b. Operator OR

Operator OR digunakan untuk menggabungkan kata kunci yang memiliki makna serupa atau sinonim.

Contoh penggunaan:

agricultural extension OR rural advisory services

Operator ini memperluas hasil pencarian karena sistem akan menampilkan artikel yang mengandung salah satu dari kata kunci tersebut.

Dalam *systematic review*, operator OR sering digunakan untuk mengakomodasi berbagai variasi istilah yang digunakan dalam literatur ilmiah.

c. Operator NOT

Operator NOT digunakan untuk mengecualikan istilah tertentu dari hasil pencarian.

Contoh:

agriculture NOT fisheries

Operator ini menghapus artikel yang mengandung kata kunci yang tidak relevan dengan topik penelitian.

Namun demikian, penggunaan operator NOT harus dilakukan dengan hati-hati karena dapat berpotensi menghilangkan artikel yang sebenarnya relevan.

B. Struktur Hierarki *Search String*

Dalam *systematic review*, konstruksi *Search string* biasanya disusun dalam struktur hierarki yang menggabungkan beberapa kelompok kata kunci. Setiap kelompok kata kunci mewakili dimensi tertentu dari topik penelitian. Konstruksi *Search string* disusun berdasarkan tiga kelompok kata kunci utama:

a. Kata kunci mengenai penyuluhan pertanian
b. Kata kunci mengenai konteks pedesaan
c. Kata kunci mengenai efektivitas atau dampak penyuluhan

Struktur umum *Search string* yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*dapat digambarkan sebagai berikut:

a. ("agricultural extension" OR "extension services" OR "rural advisory services")
AND
b. ("rural farmers" OR "smallholder farmers" OR "agricultural communities")
AND
c. ("technology adoption" OR productivity OR knowledge OR income)

Struktur ini memungkinkan sistem pencarian mengidentifikasi artikel yang membahas penyuluhan pertanian dalam konteks pedesaan serta dampaknya terhadap petani.

C. Teknik Truncation dalam Pencarian Literatur

Selain operator Boolean, teknik lain yang digunakan dalam pencarian literatur adalah truncation. Teknik ini memungkinkan sistem pencarian untuk mengidentifikasi berbagai variasi kata yang memiliki akar kata yang sama.

Truncation biasanya menggunakan simbol asterisk (*).

Sebagai contoh:

*farm**

Kata kunci ini dapat menghasilkan berbagai variasi kata seperti:

a. farm
b. farms
c. farming
d. farmer
e. farmers

Dengan menggunakan truncation, peneliti dapat memastikan bahwa pencarian literatur mencakup berbagai bentuk kata yang mungkin digunakan dalam artikel ilmiah. *Truncation* digunakan untuk mengidentifikasi berbagai variasi istilah yang berkaitan dengan petani dan sistem pertanian.

D. Penggunaan *Wildcards* dalam *Search String*

Selain *truncation*, teknik lain yang digunakan dalam pencarian literatur adalah *wildcards.* Wildcards memungkinkan sistem pencarian mengidentifikasi variasi ejaan kata tertentu. Sebagai contoh:

wom?n

Wildcard ini dapat menghasilkan dua variasi kata:

a. *woman*
b. *women*

Teknik ini sangat berguna dalam pencarian literatur karena beberapa istilah memiliki variasi ejaan yang berbeda.

E. Optimasi Precision dan *Recall* dalam Pencarian Literatur

Dalam pencarian literatur, terdapat dua konsep penting yang perlu dipertimbangkan, yaitu *precision* dan *recall.*

a. Precision merujuk pada proporsi artikel yang relevan dalam hasil pencarian. Semakin tinggi precision, semakin sedikit artikel yang tidak relevan yang muncul dalam hasil pencarian.
b. Recall merujuk pada kemampuan sistem pencarian untuk menemukan seluruh artikel yang relevan dengan topik penelitian.

Dalam *systematic review*, peneliti biasanya berusaha untuk memaksimalkan recall tanpa mengorbankan precision secara signifikan. Hal ini dilakukan dengan menggunakan kombinasi operator Boolean, truncation, dan wildcards secara strategis.

F. *Search string* yang Digunakan

Proses pencarian literatur dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dilakukan menggunakan *Search string* yang disesuaikan dengan karakteristik masing-masing basis data. Tabel berikut menunjukkan *Search string* yang digunakan dalam tiga basis data utama.

Tabel 12. *Search string* Pencarian Literatur

Database	*Search String*
Scopus	("agricultural extension" OR "extension services" OR "rural advisory services") AND ("rural farmers" OR "smallholder farmers") AND ("technology adoption" OR productivity OR knowledge OR income)
Web of Science	TS=("agricultural extension" OR "rural advisory services") AND TS=("smallholder farmers" OR "rural *agriculture*") AND TS=("technology adoption" OR productivity OR income)
ScienceDirect	("agricultural extension" AND rural AND farmers) AND ("technology adoption" OR productivity OR knowledge)

Search string tersebut dirancang untuk memastikan bahwa artikel yang ditemukan benar-benar berkaitan dengan topik penelitian.

G. Pengujian dan Validasi *Search String*

Sebelum digunakan secara penuh dalam proses pencarian literatur, *Search string* yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* terlebih dahulu diuji untuk memastikan efektivitasnya. Proses pengujian dilakukan dengan menjalankan pencarian literatur menggunakan beberapa kombinasi kata kunci yang berbeda. Hasil pencarian kemudian dianalisis untuk melihat apakah artikel yang ditemukan benar-benar relevan dengan topik penelitian. Jika hasil pencarian menghasilkan terlalu banyak artikel yang tidak relevan, maka *Search string* disesuaikan untuk meningkatkan precision. Sebaliknya, jika hasil pencarian terlalu sedikit, maka *Search string* diperluas untuk meningkatkan recall.

H. Integrasi *Search String* dengan Protokol PRISMA

Penggunaan *Search string* dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*juga terintegrasi dengan protokol PRISMA 2020, yang menekankan pentingnya transparansi dalam proses pencarian literatur. Menurut Page dkk., (2021) *systematic review* harus melaporkan secara jelas strategi pencarian literatur yang digunakan, termasuk:

a. basis data yang digunakan
b. kata kunci pencarian
c. periode pencarian

d. kriteria seleksi literatur

Dengan melaporkan *Search string* secara eksplisit, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*memastikan bahwa proses pencarian literatur dapat direplikasi oleh peneliti lain.

I. Implikasi Metodologis Strategi *Search String*

Penggunaan strategi pencarian literatur yang sistematis memiliki beberapa implikasi penting bagi kualitas penelitian.

a. Pertama, strategi ini meningkatkan transparansi metodologi penelitian.
b. Kedua, strategi ini memungkinkan proses pencarian literatur direplikasi oleh peneliti lain.
c. Ketiga, strategi ini membantu memastikan bahwa literatur yang dianalisis mencakup berbagai perspektif penelitian yang relevan.

J. Kesimpulan

Logika Boolean dan konstruksi *Search string* merupakan komponen penting dalam metodologi *Systematic Literature Review*. Dengan menggunakan operator Boolean, truncation, dan wildcards, peneliti dapat merancang strategi pencarian literatur yang sistematis dan komprehensif. Dalam penelitian SLR, *Search string* dirancang untuk mengidentifikasi literatur yang membahas penyuluhan pertanian di pedesaan serta dampaknya terhadap petani. Strategi pencarian ini diimplementasikan dalam tiga basis data utama, yaitu Scopus, *Web of Science*, dan *ScienceDirect* . Dengan menggunakan strategi pencarian yang sistematis, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mampu mengidentifikasi 910 artikel awal yang kemudian disaring melalui proses seleksi lebih lanjut.

Protokol Deduplikasi dan *Screening*

Setelah proses pencarian literatur dilakukan pada berbagai basis data akademik, tahap berikutnya dalam metodologi *Systematic Literature Review (SLR)* adalah melakukan proses deduplikasi dan *Screening* literatur. Tahap ini bertujuan untuk menyaring artikel yang benar-benar relevan dengan topik penelitian sekaligus menghilangkan publikasi yang tidak memenuhi kriteria metodologis yang telah ditetapkan.

Dalam praktik *systematic review*, proses *Screening* merupakan tahap yang sangat krusial karena menentukan kualitas sintesis literatur yang dihasilkan. Artikel yang dianalisis dalam tahap sintesis harus benar-benar relevan dengan pertanyaan penelitian serta memenuhi standar kualitas ilmiah yang memadai. Menurut Page dkk. (2021) proses *Screening* dalam *systematic review* biasanya dilakukan melalui beberapa tahap yang sistematis, yaitu:

a. Deduplikasi artikel
b. *Screening* judul
c. *Screening* abstrak
d. Evaluasi kelayakan *full-text*

Setiap tahap *Screening* memiliki fungsi yang berbeda dalam menyaring literatur. Dengan menerapkan prosedur *Screening* yang sistematis, peneliti dapat memastikan bahwa artikel yang dianalisis benar-benar mencerminkan fenomena penelitian yang ingin dipahami.

Dalam penelitian ini, proses deduplikasi dan *Screening* dilakukan mengikuti protokol PRISMA 2020, yang menekankan transparansi dalam setiap tahap seleksi literatur.

A. Identifikasi Awal Literatur

Tahap pertama dalam proses *systematic review* adalah identifikasi literatur dari berbagai basis data akademik. Pencarian literatur dilakukan menggunakan tiga basis data utama:

a. Scopus
b. Web of Science
c. ScienceDirect

Hasil pencarian awal menghasilkan total 910 artikel yang relevan dengan kata kunci penelitian. Distribusi awal artikel adalah sebagai berikut:

Tabel 13. Hasil Basis Data

Basis Data	Jumlah Artikel
Scopus	660
Web of Science	250
Total	910

Artikel yang ditemukan pada tahap ini mencakup berbagai jenis publikasi ilmiah, termasuk artikel jurnal, prosiding konferensi, dan laporan penelitian. Namun demikian, tidak semua artikel tersebut dapat langsung dianalisis karena beberapa artikel merupakan duplikasi yang muncul pada lebih dari satu basis data.

B. Proses Deduplikasi Artikel

Tahap deduplikasi bertujuan untuk mengidentifikasi dan menghapus artikel yang muncul lebih dari satu kali dalam hasil pencarian literatur. Duplikasi sering terjadi karena banyak jurnal ilmiah yang terindeks dalam lebih dari satu basis data akademik. Sebagai contoh, artikel yang terindeks dalam Scopus sering kali juga terindeks dalam *Web of Science*.

Jika artikel duplikat tidak dihapus, maka proses *Screening* selanjutnya dapat menghasilkan bias dalam analisis literatur. Proses deduplikasi dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dilakukan menggunakan perangkat lunak manajemen referensi seperti Mendeley dan Zotero. Perangkat lunak tersebut memiliki fitur deduplikasi otomatis yang mampu mengidentifikasi artikel yang memiliki metadata identik, seperti:

a. judul artikel
b. nama penulis
c. tahun publikasi
d. DOI

Setelah proses deduplikasi dilakukan, sebanyak 205 artikel duplikat berhasil diidentifikasi dan dihapus dari basis data literatur. Tabel berikut menunjukkan hasil proses deduplikasi.

Tabel 14. Hasil Duplikasi Artiket

Tahap Seleksi	Jumlah Artikel
Artikel awal	910
Duplikasi dihapus	205
Artikel tersisa	705

Dengan demikian, jumlah artikel yang masuk ke tahap *Screening* berikutnya adalah 705 artikel.

C. *Screening* Judul (Title *Screening*)

Tahap berikutnya dalam proses seleksi literatur adalah *Screening* judul. Pada tahap ini, peneliti melakukan evaluasi awal terhadap judul artikel untuk menentukan apakah artikel tersebut relevan dengan topik penelitian. *Screening* judul bertujuan untuk mengeliminasi artikel yang secara jelas tidak berkaitan dengan topik penyuluhan pertanian di pedesaan.
Beberapa kategori artikel yang dieliminasi pada tahap ini antara lain:

a. artikel yang membahas sektor non-pertanian
b. artikel yang berfokus pada konteks perkotaan
c. artikel yang membahas teknologi pertanian tanpa kaitan dengan penyuluhan
d. artikel yang berfokus pada sektor perikanan atau kehutanan

Proses *Screening* judul dilakukan oleh dua peneliti secara independen untuk meningkatkan reliabilitas seleksi. Jika terdapat perbedaan pendapat mengenai relevansi suatu artikel, maka artikel tersebut dibahas bersama hingga mencapai konsensus. Melalui proses *Screening* judul ini, sejumlah besar artikel yang tidak relevan berhasil dieliminasi.

D. *Screening* Abstrak (*Abstract Screening*)

Setelah proses *Screening* judul selesai, tahap berikutnya adalah *Screening* abstrak. Pada tahap ini, peneliti membaca abstrak artikel untuk menentukan apakah artikel tersebut benar-benar relevan dengan pertanyaan penelitian.
Screening abstrak memberikan informasi yang lebih rinci mengenai:

a. tujuan penelitian
b. metode penelitian
c. konteks geografis penelitian
d. hasil penelitian

Melalui analisis abstrak, peneliti dapat menentukan apakah artikel tersebut memenuhi kriteria inklusi yang telah ditetapkan. Beberapa kriteria eksklusi yang digunakan dalam tahap *Screening* abstrak meliputi:

a. Artikel yang tidak membahas penyuluhan pertanian
b. Artikel yang tidak berfokus pada petani atau komunitas pedesaan
c. Artikel yang tidak melaporkan hasil penelitian empiris
d. Artikel yang tidak tersedia dalam bahasa Inggris
e. Artikel yang diterbitkan sebelum tahun 2015
f. Artikel yang tidak memenuhi kriteria tersebut dieliminasi dari proses seleksi.

E. Evaluasi *Full-Text (Full-Text Screening*)

Tahap terakhir dalam proses seleksi literatur adalah evaluasi *full-text.* Pada tahap ini, peneliti membaca seluruh isi artikel untuk memastikan bahwa penelitian tersebut benar-benar memenuhi kriteria inklusi. Evaluasi *full-text* memungkinkan peneliti untuk menilai berbagai aspek metodologi penelitian, termasuk:

a. desain penelitian
b. metode pengumpulan data
c. teknik analisis data
d. relevansi hasil penelitian

Artikel yang tidak memenuhi standar kualitas metodologis dieliminasi pada tahap ini. Selain itu, beberapa artikel juga dieliminasi karena tidak tersedia dalam bentuk *full-text.*

F. Hasil Akhir Proses *Screening*

Setelah melalui seluruh tahapan seleksi literatur, jumlah artikel yang memenuhi kriteria penelitian adalah 80 artikel. Tabel berikut menunjukkan ringkasan proses seleksi literatur.

Tabel 15. Hasil Akhir Proses *Screening*sil Akhir Proses *Screening*

Tahap PRISMA	Jumlah Artikel
Artikel teridentifikasi	910
Duplikasi dihapus	205
Artikel disaring	705
Artikel tidak dapat diakses	37
Artikel dianalisis	80

Artikel-artikel ini kemudian dianalisis lebih lanjut dalam proses sintesis literatur.

G. Reliabilitas Proses *Screening*

Untuk meningkatkan reliabilitas proses *Screening*, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan pendekatan double *Screening*, di mana dua peneliti melakukan proses seleksi literatur secara independen. Pendekatan ini membantu mengurangi risiko bias subjektif dalam proses seleksi literatur. Jika terdapat perbedaan keputusan antara dua peneliti mengenai relevansi suatu artikel, maka artikel tersebut didiskusikan hingga mencapai keputusan bersama. Menurut Kitchenham dan Brereton (2013), pendekatan ini merupakan praktik terbaik dalam *systematic review* karena dapat meningkatkan konsistensi dalam proses seleksi literatur.

H. Integrasi *Screening* dengan Protokol PRISMA

Seluruh proses seleksi literatur dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mengikuti kerangka PRISMA 2020, yang menyediakan panduan standar untuk pelaporan *systematic review*. Kerangka PRISMA menekankan pentingnya transparansi dalam proses seleksi literatur, sehingga setiap tahap *Screening* harus dilaporkan secara jelas. Dengan melaporkan jumlah artikel pada setiap tahap seleksi, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memastikan bahwa proses seleksi literatur dapat direplikasi oleh peneliti lain.

I. Kesimpulan

Protokol deduplikasi dan *Screening* merupakan tahap penting dalam metodologi *Systematic Literature Review*. Melalui proses seleksi literatur yang sistematis, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* berhasil menyaring 910 artikel awal menjadi 80 artikel yang relevan dengan topik penelitian. Tahapan seleksi literatur dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu deduplikasi, *Screening* judul, *Screening* abstrak, dan evaluasi full-text. Dengan menggunakan protokol seleksi yang transparan dan sistematis, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memastikan bahwa literatur yang dianalisis benar-benar mencerminkan fenomena penyuluhan pertanian.

Desain Formulir Ekstraksi Data

Dalam metodologi *Systematic Literature Review* (SLR), tahap ekstraksi data merupakan proses penting yang bertujuan untuk mengidentifikasi, mengorganisasi, dan mengkodekan informasi utama dari setiap artikel yang telah lolos tahap seleksi literatur. Data yang diekstraksi dari setiap artikel kemudian digunakan sebagai dasar dalam proses sintesis literatur serta analisis tematik yang dilakukan dalam penelitian.

Berbeda dengan tinjauan pustaka konvensional yang cenderung bersifat naratif, *systematic review* memerlukan pendekatan yang lebih sistematis dalam pengumpulan dan pengolahan data literatur. Oleh karena itu, peneliti perlu merancang formulir ekstraksi data (data extraction form) yang mampu menangkap berbagai karakteristik penelitian secara konsisten dan terstruktur.

Menurut Kitchenham dan Brereton (2013), formulir ekstraksi data merupakan instrumen penting dalam *systematic review* karena membantu peneliti memastikan bahwa seluruh artikel dianalisis menggunakan kerangka evaluasi yang sama. Dengan menggunakan formulir ekstraksi yang terstandarisasi, peneliti dapat meningkatkan konsistensi analisis serta meminimalkan risiko bias interpretasi.

Dalam penelitian ini, formulir ekstraksi data dirancang untuk mengidentifikasi berbagai aspek utama dari setiap artikel yang dianalisis, termasuk karakteristik penelitian, metode penelitian, konteks geografis, serta indikator efektivitas penyuluhan pertanian.

A. Prinsip Desain Formulir Ekstraksi Data

Desain formulir ekstraksi data dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*didasarkan pada beberapa prinsip metodologis utama yang direkomendasikan dalam literatur *systematic review*.

a. Konsistensi pengumpulan data
b. Formulir ekstraksi data harus memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan informasi dari berbagai artikel dengan cara yang konsisten. Hal ini penting untuk memastikan bahwa proses sintesis literatur dapat dilakukan secara sistematis.
c. Relevansi terhadap pertanyaan penelitian
d. Variabel yang dimasukkan dalam formulir ekstraksi harus relevan dengan pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan sebelumnya. Hal ini memastikan bahwa data yang dikumpulkan benar-benar mendukung proses analisis penelitian.
e. Kemudahan analisis data
f. Formulir ekstraksi data juga harus dirancang sedemikian rupa sehingga data yang dikumpulkan dapat dianalisis dengan mudah menggunakan metode analisis tematik.

B. Struktur Formulir Ekstraksi Data

Dalam penelitian ini, formulir ekstraksi data dibagi menjadi empat kelompok variabel utama, yaitu:

a. Informasi bibliografis
b. Karakteristik penelitian
c. Metode penyuluhan yang dianalisis
d. Indikator efektivitas penyuluhan

Keempat kelompok variabel ini memungkinkan peneliti untuk melakukan analisis literatur secara komprehensif.

C. Variabel Ekstraksi Data

Tabel berikut menunjukkan variabel utama yang diekstraksi dari setiap artikel yang dianalisis dalam penelitian ini.

Tabel 16.Variabel Ekstraksi Data

No	Variabel	Deskripsi
1	Penulis	Nama penulis utama artikel
2	Tahun publikasi	Tahun artikel diterbitkan
3	Judul artikel	Judul penelitian
4	Jurnal	Nama jurnal publikasi
5	Negara penelitian	Lokasi geografis penelitian
6	Wilayah penelitian	Asia, Afrika, Amerika, atau Eropa

7	Konteks pedesaan	Karakteristik wilayah penelitian
8	Populasi penelitian	Petani kecil, kelompok tani, penyuluh
9	Jumlah responden	Ukuran sampel penelitian
10	Metode penelitian	Kuantitatif, kualitatif, atau mixed methods
11	Jenis intervensi	Digital, tradisional, atau hibrid
12	Platform teknologi	SMS, aplikasi *mobile*, media sosial
13	Model penyuluhan	Demonstrasi, sekolah lapang, pelatihan
14	Indikator pengetahuan	Perubahan pengetahuan petani
15	Indikator adopsi	Tingkat adopsi teknologi pertanian
16	Indikator produktivitas	Peningkatan hasil panen
17	Indikator pendapatan	Dampak ekonomi bagi petani
18	Indikator sosial	Partisipasi kelompok tani
19	Indikator keberlanjutan	Keberlanjutan praktik pertanian
20	Temuan utama	Ringkasan hasil penelitian

Variabel-variabel tersebut dipilih karena dianggap relevan untuk memahami efektivitas berbagai pendekatan penyuluhan pertanian.

D. Prosedur Ekstraksi Data

Proses ekstraksi data dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahap.

a. Pembacaan artikel secara menyeluruh
   Setiap artikel yang lolos tahap seleksi literatur dibaca secara menyeluruh untuk memahami konteks penelitian serta metodologi yang digunakan.
b. Pengisian formulir ekstraksi data
   Setelah membaca artikel, peneliti mengisi formulir ekstraksi data dengan informasi yang relevan.
c. Verifikasi data
   Data yang diekstraksi kemudian diverifikasi oleh peneliti lain untuk memastikan akurasi informasi.

E. Integrasi Ekstraksi Data dengan Analisis Tematik

Data yang diekstraksi dari setiap artikel kemudian dianalisis menggunakan pendekatan analisis tematik. Analisis tematik merupakan metode analisis kualitatif yang bertujuan untuk mengidentifikasi pola atau tema yang muncul dalam data penelitian. Dalam penelitian ini, analisis tematik digunakan untuk mengidentifikasi tema-tema utama yang muncul dalam literatur mengenai penyuluhan pertanian. Tema-tema tersebut meliputi:

a. efektivitas metode penyuluhan
b. adopsi teknologi pertanian
c. dampak ekonomi penyuluhan
d. keberlanjutan praktik pertanian

F. Penggunaan Perangkat Lunak NVivo

Untuk memfasilitasi proses analisis tematik, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*menggunakan perangkat lunak analisis kualitatif NVivo 14.

NVivo memungkinkan peneliti untuk mengorganisasi dan mengkodekan data literatur secara sistematis. Beberapa fungsi NVivo yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*antara lain:

a. pengkodean tema penelitian
b. analisis frekuensi kata kunci
c. visualisasi hubungan antar tema

Dengan menggunakan NVivo, peneliti dapat mengidentifikasi pola tematik yang muncul dalam literatur secara lebih sistematis.

G. Validasi Data Ekstraksi

Untuk memastikan kualitas data ekstraksi, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menerapkan beberapa strategi validasi.

a. Double extraction
   Dua peneliti secara independen melakukan proses ekstraksi data dari beberapa artikel untuk memastikan konsistensi pengkodean.
b. Diskusi konsensus
   Jika terdapat perbedaan interpretasi antara peneliti, maka keputusan akhir ditentukan melalui diskusi bersama.
c. Audit trail
   Seluruh proses ekstraksi data didokumentasikan secara rinci untuk memastikan transparansi metodologi penelitian.

H. Kontribusi Metodologis Formulir Ekstraksi Data

Desain formulir ekstraksi data dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan beberapa kontribusi metodologis penting.

a. Pertama, formulir ekstraksi data memungkinkan peneliti mengidentifikasi karakteristik penelitian secara sistematis.
b. Kedua, formulir ini membantu memastikan bahwa proses sintesis literatur dilakukan secara konsisten.
c. Ketiga, struktur formulir ekstraksi data mempermudah integrasi antara analisis kuantitatif dan analisis kualitatif dalam penelitian.

I. Kesimpulan

Desain formulir ekstraksi data merupakan komponen penting dalam metodologi *Systematic Literature Review*. Dengan menggunakan formulir ekstraksi data yang terstruktur, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mampu mengidentifikasi berbagai karakteristik penelitian dari 80 artikel yang dianalisis. Variabel yang diekstraksi mencakup berbagai aspek penelitian, mulai dari informasi bibliografis hingga indikator efektivitas penyuluhan pertanian. Data yang diperoleh dari proses ekstraksi kemudian dianalisis menggunakan pendekatan analisis tematik dengan bantuan perangkat lunak NVivo. Dengan demikian, formulir ekstraksi data yang dirancang dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan dasar metodologis yang kuat bagi proses sintesis literatur yang dilakukan dalam penelitian.

Penutup

Dalam penelitian berbasis *Systematic Literature Review* (SLR), transparansi metodologi merupakan prinsip fundamental yang menentukan kredibilitas dan reliabilitas hasil penelitian. Berbeda dengan tinjauan pustaka naratif konvensional yang sering kali bergantung pada interpretasi subjektif peneliti, *systematic review* menuntut prosedur penelitian yang dapat ditelusuri, diverifikasi, dan direplikasi oleh peneliti lain.

Salah satu aspek paling penting dalam menjamin transparansi metodologi adalah proses ekstraksi data literatur. Proses ini menentukan bagaimana informasi utama dari setiap artikel dikumpulkan, dianalisis, dan diintegrasikan dalam sintesis literatur. Jika proses ekstraksi data dilakukan secara tidak sistematis atau tidak terdokumentasi dengan baik, maka hasil penelitian berpotensi mengandung bias interpretasi yang dapat mengurangi validitas temuan penelitian.

Menurut Kitchenham dan Brereton (2013), transparansi dalam proses ekstraksi data merupakan prasyarat utama bagi auditabilitas penelitian. Auditabilitas merujuk pada kemampuan penelitian untuk ditelusuri secara metodologis sehingga peneliti lain dapat memahami bagaimana data dikumpulkan, dianalisis, dan diinterpretasikan.

Dalam konteks penelitian ini, transparansi metodologi diwujudkan melalui beberapa langkah utama, yaitu:

a. dokumentasi lengkap strategi pencarian literatur
b. pelaporan transparan proses seleksi artikel
c. penggunaan formulir ekstraksi data yang terstandarisasi
d. penerapan analisis tematik yang sistematis

Melalui pendekatan ini, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*berupaya memastikan bahwa seluruh proses penelitian dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

A. Konsep Auditabilitas dalam *Systematic review*

Auditabilitas merupakan konsep metodologis yang berasal dari tradisi penelitian kualitatif dan kemudian diadopsi secara luas dalam *systematic review*. Konsep ini merujuk pada kemampuan penelitian untuk diaudit secara metodologis oleh peneliti lain.

Dalam *systematic review*, auditabilitas dicapai melalui dokumentasi rinci setiap tahap penelitian, mulai dari proses pencarian literatur hingga analisis temuan penelitian.

Menurut Page dkk., (2021), *systematic review* yang berkualitas tinggi harus menyediakan informasi yang cukup mengenai proses penelitian sehingga peneliti lain dapat mereplikasi proses tersebut jika diperlukan. Beberapa elemen penting dalam auditabilitas *systematic review* meliputi:

a. transparansi strategi pencarian literatur
b. pelaporan jumlah artikel pada setiap tahap seleksi
c. dokumentasi kriteria inklusi dan eksklusi
d. pelaporan variabel ekstraksi data
e. deskripsi metode sintesis literatur

Dengan menyediakan informasi tersebut secara rinci, penelitian dapat memastikan bahwa hasil penelitian tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga dapat diverifikasi secara ilmiah.

A. Transparansi Proses Ekstraksi Data

Dalam penelitian ini, transparansi proses ekstraksi data dijamin melalui penggunaan formulir ekstraksi data yang terstruktur. Formulir ini memungkinkan peneliti untuk mengumpulkan informasi dari setiap artikel secara sistematis. Setiap artikel yang lolos tahap seleksi literatur dianalisis menggunakan kerangka ekstraksi data yang mencakup berbagai variabel penelitian, termasuk:

a. karakteristik penelitian
b. metode penelitian
c. konteks geografis penelitian
d. indikator efektivitas penyuluhan

Penggunaan formulir ekstraksi data memastikan bahwa setiap artikel dianalisis menggunakan kerangka evaluasi yang sama. Selain itu, seluruh proses ekstraksi data didokumentasikan secara rinci untuk memastikan bahwa proses analisis dapat ditelusuri kembali jika diperlukan.

B. Peran Perangkat Lunak Manajemen Referensi

Untuk mendukung transparansi proses penelitian, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*menggunakan perangkat lunak manajemen referensi seperti Mendeley dan Zotero. Perangkat lunak ini memiliki beberapa fungsi penting dalam *systematic review*, antara lain:

a. Manajemen literatur
   Perangkat lunak referensi memungkinkan peneliti mengorganisasi ratusan artikel dalam satu basis data literatur yang terstruktur.
b. Deduplikasi artikel
   Fitur deduplikasi otomatis membantu peneliti mengidentifikasi artikel yang muncul lebih dari satu kali dalam hasil pencarian literatur.
c. Sinkronisasi metadata
   Perangkat lunak referensi memungkinkan peneliti mengelola metadata artikel seperti judul, penulis, dan DOI secara sistematis.

Dengan menggunakan perangkat lunak manajemen referensi, proses pengelolaan literatur menjadi lebih efisien dan transparan.

C. Integrasi Ekstraksi Data dengan Analisis Tematik

Data yang diperoleh dari proses ekstraksi literatur kemudian dianalisis menggunakan pendekatan analisis tematik. Analisis tematik merupakan metode analisis kualitatif yang bertujuan untuk mengidentifikasi pola atau tema yang muncul dalam data penelitian. Menurut Braun dan Clarke (2020), analisis tematik melibatkan beberapa tahap utama, yaitu:

a. familiarisasi dengan data
b. pengkodean awal
c. identifikasi tema

d. pengembangan struktur tematik
e. interpretasi hasil analisis

Dalam penelitian ini, analisis tematik digunakan untuk mengidentifikasi pola temuan penelitian yang muncul dalam literatur mengenai penyuluhan pertanian.

D. Penggunaan NVivo dalam Analisis Literatur

Untuk mendukung proses analisis tematik, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan perangkat lunak analisis kualitatif NVivo 14.

NVivo merupakan perangkat lunak yang banyak digunakan dalam penelitian kualitatif untuk mengorganisasi dan menganalisis data tekstual. Beberapa fungsi NVivo yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* meliputi:

a. pengkodean tema penelitian
b. analisis frekuensi kata kunci
c. pemetaan hubungan antar konsep

Dengan menggunakan NVivo, peneliti dapat mengidentifikasi pola tematik dalam literatur secara lebih sistematis dibandingkan dengan analisis manual.

E. Validasi Proses Analisis Literatur

Untuk memastikan kualitas analisis literatur, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menerapkan beberapa strategi validasi metodologis.

a. Triangulasi peneliti
   Beberapa peneliti terlibat dalam proses analisis literatur untuk memastikan bahwa interpretasi data tidak bergantung pada perspektif satu peneliti saja.
b. Verifikasi data ekstraksi
   Data yang diekstraksi dari setiap artikel diperiksa kembali untuk memastikan akurasi informasi.
c. Diskusi consensus
   Jika terdapat perbedaan interpretasi dalam proses analisis literatur, maka keputusan akhir ditentukan melalui diskusi bersama.

Pendekatan ini membantu meningkatkan reliabilitas hasil penelitian.

F. Kontribusi Metodologis Penelitian

Pendekatan metodologis yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan beberapa kontribusi penting dalam penelitian penyuluhan pertanian.

a. Pertama, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan pendekatan *systematic review* yang memungkinkan sintesis literatur dilakukan secara sistematis dan transparan.
b. Kedua, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mengintegrasikan berbagai teknik analisis literatur, termasuk analisis tematik dan analisis bibliometrik.
c. Ketiga, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan kerangka metodologis yang dapat digunakan oleh peneliti lain yang ingin melakukan penelitian *systematic review* dalam bidang penyuluhan pertanian.

G. Implikasi bagi Penelitian Mendatang

Pendekatan metodologis yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* juga memiliki implikasi penting bagi penelitian di masa depan. Peneliti yang ingin melakukan *systematic review* dalam bidang penyuluhan pertanian dapat menggunakan pendekatan metodologis yang serupa untuk memastikan transparansi penelitian. Selain itu, penelitian mendatang juga dapat mengembangkan metode analisis literatur yang lebih canggih, seperti meta-analysis atau bibliometric analysis, untuk memperluas pemahaman mengenai perkembangan penelitian dalam bidang penyuluhan pertanian.

H. Kesimpulan

Transparansi metodologi merupakan prinsip utama dalam penelitian *Systematic Literature Review*. Melalui dokumentasi rinci setiap tahap penelitian, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* berupaya memastikan bahwa proses penelitian dapat ditelusuri dan direplikasi oleh peneliti lain. Penggunaan formulir ekstraksi data yang terstruktur, perangkat lunak manajemen referensi, serta analisis tematik berbasis NVivo memungkinkan penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menghasilkan sintesis literatur yang sistematis dan transparan.

Dengan demikian, metodologi yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan dasar yang kuat bagi analisis temuan penelitian yang akan disajikan dalam bab berikutnya. Bab selanjutnya akan menyajikan hasil sintesis literatur dari 80 artikel yang dianalisis, termasuk identifikasi indikator efektivitas penyuluhan pertanian serta perbandingan antara metode penyuluhan digital, tradisional, dan hibrid.

➢ Penilaian Kualitas Studi (MMAT) dan Sintesis Tematik NVivo

Evaluasi Kualitas dengan MMAT

Dalam penelitian berbasis *Systematic Literature Review* (SLR), tahap sintesis literatur tidak hanya bertujuan mengidentifikasi temuan penelitian sebelumnya, tetapi juga memastikan bahwa studi yang dianalisis memiliki kualitas metodologis yang memadai. Tanpa proses penilaian kualitas studi yang sistematis, hasil sintesis literatur berisiko dipengaruhi oleh penelitian dengan metodologi yang lemah atau bias yang tinggi.

Oleh karena itu, banyak penelitian *systematic review* modern menggunakan instrumen penilaian kualitas studi (*quality appraisal tools)* untuk mengevaluasi kelayakan metodologis setiap artikel yang dianalisis. Instrumen tersebut membantu peneliti menentukan apakah suatu studi memenuhi standar kualitas tertentu sehingga layak dimasukkan dalam proses sintesis literatur.

Dalam penelitian ini, evaluasi kualitas studi dilakukan menggunakan *Mixed Methods Appraisal Tool* (MMAT) versi 2018. MMAT dipilih karena mampu mengevaluasi berbagai desain penelitian secara simultan, termasuk penelitian kualitatif, penelitian kuantitatif, dan penelitian *mixed-methods.*

Menurut Hong dkk., (2018), MMAT dirancang untuk mendukung penelitian *systematic review* yang mencakup berbagai pendekatan metodologis. Hal ini sangat relevan dalam penelitian mengenai penyuluhan pertanian, karena literatur dalam bidang ini sering kali menggunakan kombinasi metode kuantitatif dan kualitatif. Dengan menggunakan MMAT, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat mengevaluasi kualitas metodologis dari 80 artikel yang dianalisis secara sistematis dan konsisten.

A. *Evolusi Mixed Methods Appraisal Tool* (MMAT)

Mixed Methods Appraisal Tool pertama kali dikembangkan oleh tim peneliti dari *McGill University* untuk mendukung *systematic review* yang melibatkan berbagai desain penelitian. Instrumen ini dirancang untuk menjawab tantangan metodologis dalam *systematic review* yang melibatkan studi dengan pendekatan metodologis yang berbeda. Versi terbaru dari instrumen ini adalah MMAT 2018, yang dikembangkan oleh Hong dkk. (2018). Versi ini memperkenalkan struktur evaluasi yang lebih sederhana namun tetap komprehensif.

MMAT 2018 memungkinkan peneliti mengevaluasi lima kategori desain penelitian:

a. penelitian kualitatif
b. randomized controlled trials
c. non-randomized studies
d. quantitative descriptive studies
e. mixed-methods studies

Pendekatan ini memungkinkan peneliti mengevaluasi berbagai jenis penelitian menggunakan satu instrumen evaluasi yang konsisten.

B. Keunggulan MMAT dalam *Systematic review*

Penggunaan MMAT dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* didasarkan pada beberapa keunggulan metodologis.

a. Fleksibilitas desain penelitian

MMAT memungkinkan evaluasi kualitas studi dengan berbagai desain penelitian, termasuk penelitian kualitatif dan kuantitatif.

Hal ini sangat penting dalam penelitian penyuluhan pertanian karena literatur dalam bidang ini sering kali menggunakan berbagai pendekatan metodologis.

b. Konsistensi evaluasi
   MMAT menyediakan kerangka evaluasi yang konsisten untuk menilai kualitas penelitian. Hal ini membantu peneliti menghindari bias subjektif dalam proses evaluasi literatur.
c. Efisiensi metodologis
   Dibandingkan dengan beberapa instrumen penilaian kualitas lainnya, MMAT memiliki struktur yang relatif sederhana sehingga memudahkan peneliti dalam melakukan evaluasi kualitas studi.

C. Struktur Penilaian MMAT

Instrumen MMAT terdiri dari beberapa tahap evaluasi. Tahap pertama adalah *Screening* questions, yang bertujuan untuk memastikan bahwa penelitian yang dianalisis memiliki desain penelitian yang jelas serta menggunakan metode pengumpulan data yang sesuai. Setelah tahap *Screening*, peneliti kemudian mengevaluasi kualitas penelitian menggunakan kriteria evaluasi yang disesuaikan dengan jenis desain penelitian. Tabel berikut menunjukkan struktur evaluasi dalam MMAT.

Tabel 17. Struktur Penilaian MMAT

Jenis Penelitian	Kriteria Penilaian
Penelitian kualitatif	Kejelasan desain penelitian, metode pengumpulan data, analisis data
Randomized trials	Randomisasi, kontrol bias, validitas internal
Non-randomized studies	Kesetaraan kelompok, kontrol variabel pengganggu
Descriptive quantitative	Validitas instrumen, representativitas sampel
Mixed methods	Integrasi data kualitatif dan kuantitatif

D. Implementasi MMAT dalam Penelitian Ini

Dalam penelitian ini, evaluasi kualitas dilakukan terhadap 80 artikel yang lolos tahap *Screening* literatur. Setiap artikel dianalisis menggunakan kriteria evaluasi MMAT yang sesuai dengan desain penelitian yang digunakan dalam artikel tersebut. Proses penilaian dilakukan melalui beberapa tahap.

a. Identifikasi desain penelitian
   Peneliti terlebih dahulu mengidentifikasi jenis desain penelitian yang digunakan dalam setiap artikel.
b. Penilaian kualitas metodologis
   Setelah desain penelitian diidentifikasi, peneliti kemudian mengevaluasi kualitas metodologis artikel menggunakan kriteria MMAT.
c. Dokumentasi hasil penilaian
   Hasil evaluasi kualitas studi kemudian didokumentasikan dalam matriks penilaian kualitas.

E. Matriks Penilaian Kualitas Studi

Berikut adalah contoh struktur matriks penilaian kualitas studi menggunakan MMAT.

Tabel 18. Matriks Penilaian Kualitas Studi

Artikel	Desain Penelitian	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3	Kriteria 4	Kriteria 5
Study 1	Kuantitatif	Ya	Ya	Ya	Tidak	Ya
Study 2	Kualitatif	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Study 3	Mixed methods	Ya	Tidak	Ya	Ya	Ya

Artikel yang tidak memenuhi sebagian besar kriteria kualitas tidak dimasukkan dalam proses sintesis literatur.

F. Validasi Proses Penilaian

Untuk memastikan reliabilitas evaluasi kualitas studi, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan pendekatan double appraisal. Dua peneliti secara independen melakukan penilaian kualitas terhadap setiap artikel. Jika terdapat perbedaan penilaian antara kedua peneliti, maka dilakukan diskusi untuk mencapai konsensus. Pendekatan ini membantu meningkatkan konsistensi penilaian kualitas studi.

G. Peran Penilaian Kualitas dalam Sintesis Literatur

Penilaian kualitas studi memainkan peran penting dalam proses sintesis literatur. Artikel dengan kualitas metodologis yang tinggi memberikan bukti empiris yang lebih kuat dibandingkan dengan artikel yang memiliki desain penelitian yang lemah. Dengan mengevaluasi kualitas studi secara sistematis, penelitian *Systematic Literature Review*

*(SLR)*dapat memastikan bahwa temuan yang disintesis berasal dari penelitian yang memiliki standar metodologis yang memadai.

H. Kesimpulan

Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) merupakan instrumen evaluasi kualitas studi yang sangat relevan untuk *systematic review* yang melibatkan berbagai desain penelitian. Dengan menggunakan MMAT versi 2018, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat mengevaluasi kualitas metodologis dari 80 artikel yang dianalisis secara sistematis dan konsisten.

Penilaian kualitas studi ini memastikan bahwa sintesis literatur yang dilakukan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* didasarkan pada penelitian yang memiliki standar metodologis yang memadai. Dengan demikian, penggunaan MMAT memberikan fondasi metodologis yang kuat bagi proses analisis tematik yang akan dilakukan pada tahap berikutnya menggunakan perangkat lunak NVivo.

Protokol Penilaian

Setelah artikel yang relevan berhasil diidentifikasi melalui proses pencarian literatur dan seleksi sistematis, langkah penting berikutnya dalam *Systematic Literature Review (SLR)* adalah melakukan evaluasi kualitas metodologis terhadap setiap studi yang akan dianalisis. Evaluasi kualitas ini bertujuan untuk memastikan bahwa sintesis literatur yang dihasilkan didasarkan pada penelitian yang memiliki standar metodologis yang memadai.

Dalam penelitian ini, evaluasi kualitas studi dilakukan menggunakan Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) versi 2018, sebuah instrumen yang dirancang untuk menilai kualitas metodologis berbagai desain penelitian secara simultan, termasuk penelitian kualitatif, kuantitatif, dan mixed-methods. MMAT dipilih karena fleksibilitasnya dalam mengevaluasi studi dengan pendekatan metodologis yang beragam, yang merupakan karakteristik umum dalam literatur penyuluhan pertanian.

Menurut Hong dkk. (2018), MMAT dikembangkan untuk mendukung *systematic review* yang mencakup berbagai jenis desain penelitian tanpa harus menggunakan instrumen evaluasi yang berbeda untuk setiap desain metodologi. Hal ini memungkinkan peneliti melakukan penilaian kualitas secara lebih efisien sekaligus menjaga konsistensi dalam proses evaluasi.

Dalam penelitian ini, protokol penilaian MMAT digunakan untuk mengevaluasi 80 artikel yang lolos tahap *Screening* literatur. Setiap artikel dinilai menggunakan lima kriteria evaluasi yang dirancang untuk menilai validitas metodologis penelitian.

A. Tahap *Screening* Awal MMAT

Sebelum melakukan evaluasi kualitas yang lebih rinci, MMAT terlebih dahulu menerapkan dua pertanyaan *Screening* awal yang bertujuan untuk memastikan bahwa studi yang dianalisis memenuhi syarat dasar penelitian empiris.

Pertanyaan *Screening* tersebut meliputi:

1. Apakah penelitian memiliki pertanyaan penelitian yang jelas?
2. Apakah data yang dikumpulkan relevan untuk menjawab pertanyaan penelitian?

Jika suatu artikel tidak memenuhi salah satu dari kedua kriteria ini, maka artikel tersebut dianggap tidak layak untuk dianalisis lebih lanjut dalam proses *systematic review*. Dalam penelitian ini, seluruh artikel yang lolos tahap seleksi literatur telah memenuhi kedua kriteria *Screening* awal tersebut.

B. Kategori Desain Penelitian dalam MMAT

MMAT membagi desain penelitian menjadi lima kategori utama, yaitu:

a. penelitian kualitatif
b. randomized controlled trials
c. non-randomized quantitative studies
d. quantitative descriptive studies
e. mixed-methods studies

Setiap kategori desain penelitian memiliki seperangkat kriteria evaluasi yang berbeda. Dalam penelitian ini, mayoritas artikel yang dianalisis termasuk dalam kategori berikut:

a. penelitian kuantitatif non-eksperimental
b. penelitian deskriptif kuantitatif
c. penelitian kualitatif
d. penelitian *mixed-methods*

Distribusi desain penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mencerminkan karakter interdisipliner dari penelitian penyuluhan pertanian.

C. Lima Kriteria Evaluasi MMAT

Setiap studi yang dianalisis menggunakan MMAT dievaluasi berdasarkan lima kriteria utama yang menilai kualitas metodologis penelitian. Kriteria tersebut meliputi:

a. kejelasan desain penelitian
b. kesesuaian metode pengumpulan data
c. validitas analisis data
d. kontrol terhadap bias penelitian
e. koherensi interpretasi hasil penelitian

Kelima kriteria ini dirancang untuk menilai berbagai aspek metodologis penelitian secara komprehensif.

D. Kriteria Penilaian untuk Studi Kualitatif

Untuk penelitian kualitatif, MMAT mengevaluasi beberapa aspek penting dari desain penelitian. Kriteria evaluasi tersebut meliputi:

a. Kesesuaian pendekatan penelitian
   Penelitian harus menggunakan pendekatan kualitatif yang sesuai dengan tujuan penelitian, seperti studi kasus, etnografi, atau grounded theory.
b. Kejelasan metode pengumpulan data
   Metode pengumpulan data seperti wawancara mendalam, observasi partisipatif, atau diskusi kelompok harus dijelaskan secara rinci.
c. Validitas analisis data
   Peneliti harus menjelaskan bagaimana data dianalisis, misalnya melalui analisis tematik atau analisis naratif.
d. Keterkaitan antara data dan interpretasi
   Interpretasi hasil penelitian harus didukung oleh bukti empiris dari data penelitian.
e. Refleksivitas peneliti
   Penelitian harus mempertimbangkan potensi bias peneliti dalam proses interpretasi data.

E. Kriteria Penilaian untuk Studi Kuantitatif

Untuk penelitian kuantitatif, MMAT menilai kualitas metodologis berdasarkan beberapa aspek utama. Kriteria evaluasi tersebut meliputi:

a. Representativitas sampel
   Sampel penelitian harus mewakili populasi yang diteliti.
b. Validitas instrumen penelitian
   Instrumen pengumpulan data seperti kuesioner harus memiliki validitas dan reliabilitas yang memadai.
c. Kejelasan prosedur pengumpulan data
   Penelitian harus menjelaskan secara rinci bagaimana data dikumpulkan.
d. Kesesuaian metode analisis statistik
   Metode analisis data harus sesuai dengan desain penelitian.
e. Pengendalian variabel pengganggu
   Penelitian harus mempertimbangkan potensi variabel yang dapat mempengaruhi hasil penelitian.

F. Kriteria Penilaian untuk Studi *Mixed-Methods*

Untuk penelitian *mixed-methods*, MMAT mengevaluasi integrasi antara metode kualitatif dan kuantitatif. Kriteria evaluasi meliputi:

a. Justifikasi penggunaan desain *mixed-methods*
   Penelitian harus menjelaskan alasan penggunaan kombinasi metode penelitian.
b. Integrasi data kualitatif dan kuantitatif
   Hasil analisis dari kedua metode harus diintegrasikan secara sistematis.
c. Konsistensi interpretasi data
   Interpretasi hasil penelitian harus mempertimbangkan kedua jenis data.
d. Kejelasan prosedur analisis
   Penelitian harus menjelaskan bagaimana data dari kedua metode dianalisis.
e. Kontribusi integrasi metode
   Penggunaan metode campuran harus memberikan nilai tambah bagi penelitian.

G. Skema Penilaian Kualitas Studi

Dalam penelitian ini, setiap kriteria evaluasi diberi skor sebagai berikut:

Tabel 19. Skema Penilaian Kualitas Studi

Skor	Interpretasi
Ya	Kriteria terpenuhi
Tidak	Kriteria tidak terpenuhi
Tidak jelas	Informasi tidak cukup

Skor ini digunakan untuk menentukan kualitas metodologis setiap artikel. Artikel yang memenuhi sebagian besar kriteria dianggap memiliki kualitas metodologis yang tinggi.

H. Eliminasi Studi Berkualitas Rendah

Dalam beberapa *systematic review*, studi dengan kualitas metodologis yang sangat rendah dapat dieliminasi dari proses sintesis literatur. Namun, dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* pendekatan yang digunakan adalah quality weighting, yaitu mempertimbangkan kualitas metodologis studi dalam proses interpretasi hasil penelitian. Pendekatan ini memungkinkan penelitian tetap mempertimbangkan berbagai studi yang relevan tanpa mengabaikan potensi bias metodologis.

I. Matriks Penilaian Kualitas Studi

Hasil evaluasi kualitas studi kemudian disusun dalam matriks penilaian kualitas berikut.

Tabel 20. Skema Penilaian Kualitas Studi

Artikel	Desain Penelitian	K1	K2	K3	K4	K5	Kualitas
Study A	Kuantitatif	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Tinggi
Study B	Kualitatif	Ya	Ya	Tidak	Ya	Ya	Sedang
Study C	*Mixed-methods*	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Tinggi

Matriks ini memungkinkan peneliti melihat distribusi kualitas metodologis dari studi yang dianalisis.

J. Validasi Proses Penilaian

Untuk memastikan reliabilitas penilaian kualitas studi, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan pendekatan double appraisal. Dua peneliti secara independen mengevaluasi kualitas setiap artikel menggunakan MMAT. Jika terdapat perbedaan penilaian antara kedua peneliti, maka keputusan akhir ditentukan melalui diskusi konsensus. Pendekatan ini membantu meningkatkan konsistensi evaluasi kualitas studi.

K. Kesimpulan

Protokol penilaian kualitas menggunakan MMAT memberikan kerangka evaluasi metodologis yang sistematis untuk menilai kualitas penelitian yang dianalisis dalam *systematic review*. Dengan menggunakan lima kriteria evaluasi utama, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat mengevaluasi kualitas metodologis dari berbagai desain penelitian secara konsisten. Proses penilaian kualitas ini memastikan bahwa sintesis literatur yang dilakukan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* didasarkan pada penelitian yang memiliki standar metodologis yang memadai. Langkah berikutnya dalam metodologi penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* adalah melakukan analisis tematik menggunakan perangkat lunak NVivo, yang akan memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola temuan penelitian dalam literatur penyuluhan pertanian.

Analisis Tematik Berbasis NVivo 14

Setelah tahap seleksi literatur dan penilaian kualitas studi dilakukan, langkah metodologis berikutnya dalam *Systematic Literature Review* adalah melakukan sintesis tematik (*thematic synthesis)* terhadap artikel yang terpilih. Sintesis tematik merupakan pendekatan analisis kualitatif yang bertujuan mengidentifikasi pola, konsep, serta hubungan antar temuan penelitian dalam literatur yang dianalisis.

Dalam penelitian ini, sintesis tematik dilakukan menggunakan perangkat lunak NVivo 14, yang merupakan salah satu platform analisis data kualitatif paling banyak digunakan dalam penelitian sosial dan kebijakan publik. NVivo memungkinkan peneliti melakukan pengkodean data secara sistematis, mengorganisasi konsep, serta mengidentifikasi pola tematik dari kumpulan dokumen penelitian yang besar.

Menurut Braun dan Clarke (2020), analisis tematik merupakan metode analisis data kualitatif yang bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan melaporkan pola tematik dalam data penelitian. Pendekatan ini sangat relevan dalam *systematic review* karena memungkinkan peneliti mengintegrasikan temuan dari berbagai studi dengan desain metodologis yang berbeda.

Dalam konteks penelitian ini, analisis tematik digunakan untuk mensintesis temuan dari 80 artikel empiris mengenai penyuluhan pertanian, dengan tujuan mengidentifikasi indikator efektivitas penyuluhan, perbandingan metode penyuluhan digital dan tradisional, serta faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan program penyuluhan.

A. Konsep Dasar Analisis Tematik

Analisis tematik merupakan metode analisis kualitatif yang berfokus pada identifikasi pola makna dalam data penelitian. Metode ini banyak digunakan dalam penelitian sosial karena fleksibilitasnya dalam menginterpretasikan berbagai jenis data tekstual. Menurut Braun dan Clarke (2020), analisis tematik memiliki beberapa karakteristik utama:

a. fleksibilitas metodologis
b. kemampuan mengintegrasikan berbagai sumber data
c. fokus pada pola tematik dalam data

Dalam *systematic review*, analisis tematik memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola temuan penelitian yang muncul secara konsisten dalam literatur yang dianalisis. Pendekatan ini sangat relevan dalam penelitian penyuluhan pertanian karena literatur dalam bidang ini sering kali memiliki variasi metodologis yang tinggi.

B. Peran NVivo dalam Analisis Literatur

NVivo merupakan perangkat lunak analisis data kualitatif yang dirancang untuk membantu peneliti mengorganisasi dan menganalisis data tekstual secara sistematis. Perangkat lunak ini memungkinkan peneliti melakukan beberapa aktivitas analisis utama, termasuk:

a. pengkodean data teks
b. pengorganisasian konsep penelitian
c. analisis hubungan antar tema
d. visualisasi data penelitian

Dalam penelitian ini, NVivo digunakan untuk mengelola dan menganalisis data dari 80 artikel yang dianalisis dalam *systematic review*. Setiap artikel yang dianalisis diimpor ke dalam NVivo sebagai dokumen sumber, yang kemudian dianalisis melalui proses pengkodean tematik.

C. Tahap-Tahap Analisis Tematik

Proses analisis tematik dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mengikuti kerangka analisis tematik yang dikembangkan oleh Braun dan Clarke (2020), yang terdiri dari enam tahap utama. Tahapan tersebut meliputi:

a. familiarisasi data
b. pengkodean awal
c. pengembangan tema
d. peninjauan tema
e. definisi dan penamaan tema
f. penyusunan laporan analisis

Setiap tahap memainkan peran penting dalam memastikan bahwa sintesis tematik dilakukan secara sistematis.

D. Familiarisasi Data

Tahap pertama dalam analisis tematik adalah familiarisasi data, yaitu proses memahami isi dokumen penelitian yang dianalisis. Pada tahap ini, peneliti membaca setiap artikel secara mendalam untuk memahami konteks penelitian, tujuan penelitian, metode penelitian, serta temuan utama dari setiap studi. Proses familiarisasi ini memungkinkan peneliti memperoleh pemahaman awal mengenai pola temuan yang muncul dalam literatur penyuluhan pertanian.

E. Pengkodean Awal (*Open Coding)*

Tahap kedua dalam analisis tematik adalah open coding, yaitu proses mengidentifikasi konsep-konsep penting dalam data penelitian. Dalam penelitian ini, proses pengkodean awal dilakukan dengan mengidentifikasi bagian teks dalam artikel yang relevan dengan fokus penelitian. Contoh konsep yang diidentifikasi pada tahap *open coding* antara lain:

a. adopsi teknologi pertanian
b. interaksi penyuluh dan petani
c. peningkatan produktivitas
d. literasi digital petani
e. kepercayaan terhadap penyuluh

Konsep-konsep ini kemudian dikodekan sebagai node dalam NVivo.

F. *Inductive Coding* dan *Deductive Coding*

Dalam penelitian ini, proses pengkodean dilakukan menggunakan kombinasi dua pendekatan analisis:

a. Inductive coding

Pendekatan induktif mengidentifikasi tema penelitian secara langsung dari data penelitian. Dengan pendekatan ini, tema-tema analisis muncul secara alami dari literatur yang dianalisis.

b. Deductive coding

Pendekatan deduktif menggunakan kerangka teori yang telah ditetapkan sebelumnya untuk mengorganisasi data penelitian. Dalam penelitian ini, kerangka teoritis yang digunakan meliputi:

a) *Diffusion of Innovations Theory* (Rogers, 2003)
b) *Human Capital Theory* (Schultz, 1964)
c) *Institutional Theory* (North, 1990)

c. Penggabungan pendekatan induktif dan deduktif memungkinkan analisis yang lebih komprehensif.

G. Pengembangan Tema Penelitian

Setelah proses pengkodean selesai, langkah berikutnya adalah mengorganisasi kode penelitian ke dalam tema-tema utama. Tema-tema ini mewakili pola temuan penelitian yang muncul secara konsisten dalam literatur. Dalam penelitian ini, beberapa tema utama yang muncul antara lain:

a. indikator efektivitas penyuluhan
b. perbandingan metode penyuluhan digital dan tradisional
c. peran teknologi dalam penyuluhan pertanian
d. hambatan adopsi inovasi pertanian
e. pentingnya pendekatan hibrid dalam penyuluhan

Tema-tema ini kemudian dianalisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi hubungan antar konsep penelitian.

H. Struktur Node dalam NVivo

Dalam NVivo, tema penelitian diorganisasi dalam bentuk node hierarchy. Node merupakan unit analisis yang mewakili konsep penelitian tertentu. Contoh struktur node dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* adalah sebagai berikut:

├── Efektivitas Penyuluhan
├── Adopsi Teknologi
├── Produktivitas
├── Pendapatan Petani
├── Pengetahuan Petani

Struktur node ini memungkinkan peneliti mengorganisasi data penelitian secara sistematis.

I. Peninjauan Tema

Setelah tema penelitian diidentifikasi, langkah berikutnya adalah melakukan peninjauan tema (*theme review).* Pada tahap ini, peneliti mengevaluasi apakah tema yang diidentifikasi benar-benar mencerminkan pola temuan dalam data penelitian. Jika diperlukan, beberapa tema dapat digabungkan atau dipecah menjadi sub-tema yang lebih spesifik.

J. Interpretasi Tema

Setelah tema penelitian diverifikasi, langkah berikutnya adalah menginterpretasikan hubungan antar tema penelitian. Dalam penelitian ini, interpretasi tema bertujuan untuk menjelaskan bagaimana berbagai faktor mempengaruhi efektivitas penyuluhan pertanian. Interpretasi ini kemudian menjadi dasar bagi penyusunan kerangka konseptual penelitian.

K. Validasi Analisis Tematik

Untuk memastikan validitas analisis tematik, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan beberapa strategi validasi. Strategi tersebut meliputi:

a. peer review coding
b. audit trail analisis data
c. *cross-checking* antar peneliti

Pendekatan ini membantu memastikan bahwa interpretasi temuan penelitian tidak dipengaruhi oleh bias subjektif peneliti.

L. Integrasi Analisis Tematik dalam Sintesis Literatur

Analisis tematik memungkinkan peneliti mengintegrasikan temuan penelitian dari berbagai konteks geografis dan metodologis. Melalui pendekatan ini, penelitian dapat mengidentifikasi pola temuan yang muncul secara konsisten dalam literatur global. Dalam konteks penelitian ini, analisis tematik membantu mengidentifikasi indikator efektivitas penyuluhan pertanian yang muncul dalam literatur global.

M. Kontribusi Analisis Tematik terhadap Penelitian

Penggunaan analisis tematik dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan beberapa kontribusi metodologis penting.

a. Pertama, analisis tematik memungkinkan integrasi temuan penelitian dari berbagai studi dengan pendekatan metodologis yang berbeda.
b. Kedua, analisis tematik memungkinkan identifikasi pola temuan penelitian yang tidak selalu terlihat dalam studi individual.
c. Ketiga, analisis tematik memungkinkan pengembangan kerangka konseptual yang lebih komprehensif mengenai efektivitas penyuluhan pertanian.

N. Kesimpulan

Analisis tematik berbasis NVivo merupakan pendekatan metodologis yang sangat penting dalam *Systematic Literature Review* karena memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola temuan penelitian dalam literatur yang dianalisis. Melalui proses pengkodean sistematis, pengembangan tema, serta interpretasi hubungan antar konsep penelitian, analisis tematik memungkinkan sintesis literatur yang lebih mendalam. Dalam penelitian ini, analisis tematik berbasis NVivo digunakan untuk mensintesis temuan dari 80 artikel empiris mengenai penyuluhan pertanian, sehingga menghasilkan kerangka konseptual yang komprehensif mengenai efektivitas penyuluhan pertanian di pedesaan. Dengan demikian, analisis tematik tidak hanya berfungsi sebagai metode analisis data, tetapi juga sebagai alat untuk mengintegrasikan berbagai temuan penelitian menjadi pemahaman yang lebih sistematis mengenai fenomena yang diteliti.

Visualisasi Data dan Sintesis

Dalam penelitian berbasis *Systematic Literature Review*, sintesis temuan penelitian sering kali menghasilkan data yang kompleks dan multidimensional. Data tersebut dapat berupa hubungan antar variabel, pola kemunculan konsep, distribusi indikator penelitian, serta variasi temuan penelitian dalam berbagai konteks geografis dan metodologis.

Oleh karena itu, visualisasi data menjadi instrumen penting dalam membantu peneliti memahami pola temuan penelitian secara lebih sistematis dan intuitif. Visualisasi memungkinkan informasi yang kompleks disajikan dalam bentuk grafis yang mudah dipahami, sehingga membantu peneliti mengidentifikasi pola, hubungan, serta perbedaan antar kategori data. Dalam penelitian ini, visualisasi data digunakan untuk mendukung proses sintesis tematik terhadap 80 artikel empiris mengenai penyuluhan pertanian. Tiga jenis visualisasi utama digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

a. Radar *Chart*
b. Heatmap
c. Word Cloud

Ketiga jenis visualisasi ini dipilih karena mampu menggambarkan dimensi data yang berbeda dalam proses analisis literatur. Radar *Chart* digunakan untuk membandingkan efektivitas berbagai metode penyuluhan pada berbagai indikator kinerja. Heatmap digunakan untuk mengidentifikasi pola intensitas kemunculan indikator penelitian dalam literatur. Sementara itu, *word cloud* digunakan untuk memvisualisasikan frekuensi kemunculan konsep-konsep utama dalam literatur yang dianalisis. Penggunaan visualisasi data ini membantu memperkuat interpretasi temuan penelitian sekaligus meningkatkan transparansi analisis dalam *systematic review*.

A. Peran Visualisasi Data dalam *Systematic Literature Review*

Visualisasi data memainkan peran penting dalam proses sintesis literatur karena membantu peneliti memahami hubungan antar konsep penelitian secara lebih komprehensif. Menurut Chen dkk., (2018), visualisasi data merupakan alat analitik yang memungkinkan peneliti menginterpretasikan data kompleks secara lebih efektif dibandingkan dengan penyajian data dalam bentuk tabel atau teks. Dalam konteks *systematic review*, visualisasi data memiliki beberapa fungsi utama:

a. mengidentifikasi pola temuan penelitian
b. membandingkan hasil penelitian antar studi
c. menunjukkan distribusi konsep penelitian
d. memfasilitasi interpretasi hubungan antar variabel

Dengan menggunakan visualisasi data, peneliti dapat mengidentifikasi pola temuan penelitian yang mungkin tidak terlihat secara langsung dalam analisis teks.

B. Radar *Chart* sebagai Instrumen Analisis Komparatif

Radar *chart* merupakan salah satu teknik visualisasi data yang digunakan untuk membandingkan beberapa variabel secara simultan. Grafik ini biasanya digunakan untuk menunjukkan perbandingan performa beberapa objek pada berbagai indikator. Dalam penelitian ini, radar *Chart* digunakan untuk membandingkan efektivitas tiga pendekatan penyuluhan pertanian, yaitu:

a. Metode Penyuluhan Tradisional
b. Penyuluhan Berbasis Digital
c. Pendekatan Penyuluhan Hibrid

Perbandingan ini dilakukan berdasarkan beberapa indikator efektivitas penyuluhan, seperti:

a. tingkat adopsi teknologi
b. peningkatan pengetahuan petani
c. produktivitas pertanian
d. pendapatan petani
e. kualitas interaksi dengan penyuluh

Radar *Chart* memungkinkan peneliti melihat secara langsung bagaimana setiap metode penyuluhan berkinerja pada berbagai indikator.

C. Interpretasi Radar *Chart*

Dalam radar *chart*, setiap indikator direpresentasikan sebagai sumbu yang memancar dari pusat grafik. Nilai setiap indikator kemudian diplot pada sumbu tersebut. Semakin jauh posisi titik dari pusat grafik, semakin tinggi nilai indikator tersebut. Dalam penelitian ini, radar *chart* menunjukkan bahwa pendekatan penyuluhan hibrid memiliki performa yang lebih seimbang pada berbagai indikator dibandingkan metode penyuluhan digital atau tradisional. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi metode penyuluhan digital dan tatap muka memiliki potensi terbesar dalam meningkatkan efektivitas penyuluhan pertanian.

D. Heatmap sebagai Instrumen Analisis Intensitas Temuan

Selain radar *chart*, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* juga menggunakan heatmap untuk memvisualisasikan distribusi temuan penelitian dalam literatur yang dianalisis. Heatmap merupakan teknik visualisasi yang menggunakan gradasi warna untuk menunjukkan intensitas suatu variabel. Dalam penelitian ini, heatmap digunakan untuk menunjukkan seberapa sering indikator tertentu muncul dalam literatur yang dianalisis. Misalnya, indikator seperti adopsi teknologi, produktivitas pertanian, dan interaksi dengan penyuluh muncul lebih sering dalam literatur dibandingkan indikator lainnya. Melalui heatmap, peneliti dapat mengidentifikasi indikator yang paling dominan dalam penelitian penyuluhan pertanian.

E. Interpretasi *Heatmap* dalam Penelitian

Hasil heatmap menunjukkan bahwa beberapa indikator efektivitas penyuluhan muncul secara konsisten dalam literatur global. Indikator tersebut meliputi:

a. adopsi teknologi pertanian
b. peningkatan produktivitas
c. peningkatan pengetahuan petani
d. kualitas interaksi dengan penyuluh

Sebaliknya, beberapa indikator lain seperti partisipasi perempuan, inklusi sosial, dan efisiensi biaya penyuluhan muncul lebih jarang dalam literatur. Temuan ini menunjukkan adanya bias penelitian yang lebih berfokus pada indikator teknis dibandingkan indikator sosial.

F. Word Cloud sebagai Instrumen Analisis Konsep

Selain radar *chart* dan heatmap, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*juga menggunakan word cloud untuk memvisualisasikan konsep-konsep utama dalam literatur yang dianalisis. Word cloud merupakan teknik visualisasi teks yang menampilkan kata-kata dengan ukuran yang proporsional terhadap frekuensi kemunculannya dalam data. Dalam penelitian ini, word cloud digunakan untuk mengidentifikasi konsep-konsep utama yang sering muncul dalam artikel yang dianalisis. Kata-kata seperti:

a. extension
b. adoption
c. technology
d. farmers
e. productivity

Muncul dengan ukuran yang lebih besar dalam word cloud karena frekuensinya yang tinggi dalam literatur.

G. Interpretasi *Word Cloud*

Word cloud memberikan gambaran visual mengenai fokus utama penelitian dalam literatur penyuluhan pertanian. Hasil word cloud menunjukkan bahwa penelitian penyuluhan pertanian banyak berfokus pada beberapa tema utama, seperti:

a. adopsi teknologi
b. peningkatan produktivitas
c. penyebaran inovasi
d. peran penyuluh

Selain itu, kata-kata yang berkaitan dengan digitalisasi pertanian juga mulai muncul dengan frekuensi yang meningkat dalam literatur terbaru. Hal ini mencerminkan meningkatnya perhatian penelitian terhadap transformasi digital dalam sektor pertanian.

H. Integrasi Visualisasi dalam Analisis Tematik

Visualisasi data tidak hanya berfungsi sebagai alat presentasi hasil penelitian, tetapi juga sebagai bagian dari proses analisis. Dalam penelitian ini, radar *chart*, heatmap, dan word cloud digunakan untuk mendukung proses interpretasi temuan penelitian dalam analisis tematik. Visualisasi membantu peneliti mengidentifikasi hubungan antara berbagai tema penelitian serta memahami distribusi konsep dalam literatur yang dianalisis.

I. Validasi Visualisasi Data

Untuk memastikan akurasi visualisasi data, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan beberapa strategi validasi. Strategi tersebut meliputi:

a. verifikasi data sumber sebelum visualisasi
b. cross-check hasil analisis NVivo
c. validasi interpretasi visualisasi oleh tim peneliti

Pendekatan ini membantu memastikan bahwa visualisasi yang dihasilkan mencerminkan pola data yang sebenarnya.

J. Kontribusi Visualisasi terhadap Interpretasi Hasil

Penggunaan visualisasi data dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan beberapa kontribusi penting bagi interpretasi hasil *systematic review*.

a. Pertama, visualisasi memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola temuan penelitian secara lebih intuitif.
b. Kedua, visualisasi membantu peneliti mengkomunikasikan hasil penelitian kepada pembaca secara lebih jelas.
c. Ketiga, visualisasi memungkinkan pembaca memahami hubungan antar variabel penelitian secara lebih cepat.

K. Kesimpulan

Visualisasi data merupakan komponen penting dalam analisis *Systematic Literature Review* karena membantu peneliti memahami pola temuan penelitian secara lebih sistematis. Dalam penelitian ini, tiga jenis visualisasi utama digunakan untuk mendukung proses analisis literatur, yaitu radar *chart*, *heatmap*, dan *word cloud*. Radar *chart* digunakan untuk membandingkan efektivitas berbagai metode penyuluhan pertanian. Heatmap digunakan untuk memvisualisasikan distribusi indikator penelitian dalam literatur. Sementara itu, word cloud digunakan untuk mengidentifikasi konsep-konsep utama dalam literatur yang dianalisis. Penggunaan visualisasi ini tidak hanya membantu memperkuat interpretasi hasil penelitian, tetapi juga meningkatkan transparansi analisis dalam *systematic review*. Dengan demikian, visualisasi data memainkan peran penting dalam menjembatani analisis tematik dengan interpretasi hasil penelitian yang akan dibahas secara lebih mendalam dalam bab hasil penelitian.

Penutup

Dalam penelitian berbasis *Systematic Literature Review* (SLR), tahap metodologi tidak hanya berfungsi sebagai prosedur teknis pengumpulan dan analisis literatur, tetapi juga sebagai fondasi epistemologis yang menentukan validitas dan kredibilitas interpretasi ilmiah yang dihasilkan. Oleh karena itu, integrasi antara evaluasi kualitas studi dan analisis tematik merupakan komponen penting yang memastikan bahwa sintesis literatur dilakukan secara sistematis, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan secara akademik. Dalam penelitian ini, dua pendekatan metodologis utama digunakan untuk menjamin integritas analisis literatur, yaitu:

a. Penilaian kualitas studi menggunakan *Mixed Methods Appraisal Tool (*MMAT)
b. Analisis tematik berbasis perangkat lunak NVivo

Kedua pendekatan tersebut memiliki fungsi metodologis yang berbeda namun saling melengkapi. MMAT berperan sebagai instrumen evaluasi kualitas metodologis penelitian yang dianalisis, sementara analisis tematik memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola temuan penelitian secara sistematis. Integrasi kedua pendekatan ini menghasilkan kerangka metodologis yang kuat untuk memahami dinamika penyuluhan pertanian dalam literatur global.

A. Peran Penilaian Kualitas Studi dalam Sintesis Literatur

Dalam *systematic review*, tidak semua penelitian memiliki kualitas metodologis yang sama. Beberapa penelitian mungkin memiliki desain penelitian yang kuat, sementara yang lain mungkin memiliki keterbatasan metodologis. Oleh karena itu, evaluasi kualitas studi menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa sintesis literatur didasarkan pada penelitian yang memiliki standar metodologis yang memadai.

Penggunaan *Mixed Methods Appraisal Tool* (MMAT) dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memungkinkan peneliti mengevaluasi kualitas metodologis dari berbagai desain penelitian secara konsisten. Dengan menggunakan lima kriteria evaluasi utama, MMAT memungkinkan peneliti menilai berbagai aspek metodologis penelitian, termasuk:

a. validitas desain penelitian
b. kesesuaian metode pengumpulan data
c. kualitas analisis data
d. kontrol terhadap bias penelitian

Evaluasi kualitas ini memastikan bahwa artikel yang dianalisis dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memiliki tingkat kredibilitas metodologis yang memadai.

B. Fungsi Analisis Tematik dalam Sintesis Bukti

Sementara MMAT berfungsi mengevaluasi kualitas metodologis penelitian, analisis tematik memiliki peran berbeda dalam proses sintesis literatur. Analisis tematik bertujuan untuk mengidentifikasi pola temuan penelitian yang muncul secara konsisten dalam literatur yang dianalisis. Dalam penelitian ini, analisis tematik dilakukan menggunakan perangkat lunak NVivo 14, yang memungkinkan peneliti melakukan pengkodean data secara sistematis.

Melalui proses pengkodean tematik, berbagai temuan penelitian dalam literatur penyuluhan pertanian dapat diorganisasi ke dalam tema-tema analisis yang lebih luas. Pendekatan ini memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola temuan penelitian yang tidak selalu terlihat dalam studi individual.

C. Integrasi Evaluasi Kualitas dan Analisis Tematik

Integrasi antara evaluasi kualitas studi dan analisis tematik merupakan langkah metodologis penting dalam penelitian ini. Kedua pendekatan tersebut memiliki fungsi yang berbeda dalam proses analisis literatur. Evaluasi kualitas studi memastikan bahwa penelitian yang dianalisis memiliki standar metodologis yang memadai. Sementara itu, analisis tematik memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola temuan penelitian yang muncul dalam literatur. Dengan menggabungkan kedua pendekatan ini, penelitian dapat menghasilkan sintesis literatur yang lebih kredibel dan komprehensif.

D. Fondasi Interpretasi Sosiologis

Salah satu tujuan utama penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* adalah memahami dinamika penyuluhan pertanian dari perspektif sosial dan kelembagaan. Oleh karena itu, interpretasi temuan penelitian tidak hanya berfokus pada aspek teknis penyuluhan pertanian, tetapi juga pada konteks sosial yang mempengaruhi efektivitas penyuluhan.

Analisis tematik memungkinkan peneliti mengidentifikasi berbagai faktor sosial yang mempengaruhi keberhasilan penyuluhan pertanian. Faktor-faktor tersebut meliputi:

a. kepercayaan petani terhadap penyuluh
b. akses petani terhadap informasi pertanian
c. peran kelompok tani dalam proses difusi inovasi
d. kesenjangan digital dalam akses teknologi

Dengan mengintegrasikan analisis tematik dengan perspektif sosiologis, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai dinamika penyuluhan pertanian.

E. Relevansi Metodologi bagi Analisis Penyuluhan Pertanian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dirancang untuk menjawab kompleksitas penelitian mengenai penyuluhan pertanian. Penyuluhan pertanian merupakan fenomena sosial yang melibatkan berbagai aktor, termasuk:

a. petani
b. penyuluh
c. institusi pemerintah
d. organisasi swasta

Selain itu, penyuluhan pertanian juga dipengaruhi oleh berbagai faktor struktural, seperti:

a. akses teknologi
b. kebijakan pertanian
c. infrastruktur digital

Dengan menggunakan pendekatan *systematic review* yang terintegrasi dengan analisis tematik, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mampu mengidentifikasi berbagai faktor yang mempengaruhi efektivitas penyuluhan pertanian secara lebih komprehensif.

F. Kontribusi Metodologi terhadap Kredibilitas Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam buku ini memberikan beberapa kontribusi penting bagi kredibilitas penelitian.

a. Pertama, penggunaan kerangka PRISMA 2020 memastikan bahwa proses seleksi literatur dilakukan secara transparan dan dapat direplikasi.
b. Kedua, penggunaan MMAT memungkinkan evaluasi kualitas metodologis penelitian secara sistematis.
c. Ketiga, penggunaan analisis tematik berbasis NVivo memungkinkan sintesis temuan penelitian dilakukan secara lebih mendalam.

Dengan mengintegrasikan berbagai pendekatan metodologis tersebut, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menghasilkan sintesis literatur yang memiliki tingkat kredibilitas ilmiah yang tinggi.

G. Implikasi Metodologis bagi Penelitian Kebijakan

Metodologi yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* juga memiliki implikasi penting bagi penelitian kebijakan publik. Dalam konteks kebijakan pembangunan pertanian, keputusan kebijakan sering kali didasarkan pada bukti ilmiah yang tersedia. Oleh karena itu, penelitian berbasis *systematic review* memiliki peran penting dalam menyediakan bukti ilmiah yang komprehensif bagi pembuat kebijakan. Dengan menggunakan pendekatan *systematic review* yang terintegrasi dengan evaluasi kualitas studi dan analisis tematik, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat memberikan dasar empiris yang kuat bagi perumusan kebijakan penyuluhan pertanian.

H. Hubungan Metodologi dengan Bab Hasil

Metodologi yang dijelaskan dalam bab ini menjadi dasar bagi analisis temuan penelitian yang akan disajikan dalam bab hasil. Analisis tematik yang dilakukan menggunakan NVivo menghasilkan berbagai tema penelitian yang akan dibahas secara lebih mendalam dalam bab berikutnya. Tema-tema tersebut meliputi:

a. indikator efektivitas penyuluhan pertanian
b. perbandingan metode penyuluhan digital dan tradisional
c. peran pendekatan hibrid dalam penyuluhan pertanian
d. faktor sosial dan kelembagaan yang mempengaruhi efektivitas penyuluhan

Dengan demikian, metodologi yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* tidak hanya berfungsi sebagai prosedur analisis literatur, tetapi juga sebagai kerangka analitis yang membimbing interpretasi temuan penelitian.

I. Keterbatasan Metodologis

Meskipun pendekatan metodologis yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memiliki berbagai keunggulan, beberapa keterbatasan tetap perlu diakui.

a. Pertama, *systematic review* sangat bergantung pada kualitas literatur yang tersedia. Jika literatur yang dianalisis memiliki keterbatasan metodologis, maka sintesis literatur juga dapat dipengaruhi oleh keterbatasan tersebut.
b. Kedua, meskipun analisis tematik memungkinkan identifikasi pola temuan penelitian, interpretasi tema tetap memerlukan pertimbangan subjektif dari peneliti.

Oleh karena itu, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan berbagai strategi validasi untuk meminimalkan potensi bias interpretasi.

J. Kesimpulan

Integrasi antara evaluasi kualitas studi menggunakan MMAT dan analisis tematik berbasis NVivo memberikan fondasi metodologis yang kuat bagi penelitian ini. Evaluasi kualitas studi memastikan bahwa penelitian yang dianalisis memiliki standar metodologis yang memadai, sementara analisis tematik memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola temuan penelitian dalam literatur secara sistematis. Dengan menggabungkan kedua pendekatan tersebut, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mampu menghasilkan sintesis literatur yang tidak hanya komprehensif tetapi juga memiliki tingkat kredibilitas ilmiah yang tinggi.

Pendekatan metodologis ini juga memungkinkan interpretasi temuan penelitian dilakukan dari perspektif sosiologis yang lebih luas, sehingga memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai dinamika penyuluhan pertanian dalam konteks global. Dengan demikian, metodologi yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan landasan yang kuat bagi analisis temuan penelitian yang akan dibahas dalam bab berikutnya.

BAB 4
Taksonomi Indikator Efektivitas: Perspektif Kognitif dan Perilaku

Analisis Hierarki Indikator: Sintesis Global Berdasarkan Data SLR

Evaluasi efektivitas penyuluhan pertanian mengalami transformasi konseptual yang signifikan dalam dua dekade terakhir. Pada periode awal pembangunan pertanian modern, indikator keberhasilan penyuluhan cenderung diukur melalui indikator administratif seperti jumlah kunjungan penyuluh, jumlah kegiatan pelatihan, atau jumlah petani yang mengikuti program penyuluhan. Pendekatan tersebut didasarkan pada model transfer teknologi linear, di mana inovasi diasumsikan mengalir dari lembaga penelitian kepada petani sebagai pengguna akhir teknologi (Anderson & Feder, 2004). Namun, literatur kontemporer menunjukkan bahwa pendekatan ini tidak cukup untuk menjelaskan dinamika perubahan dalam sistem pertanian yang semakin kompleks.

Dalam paradigma sistem inovasi pertanian modern, penyuluhan tidak hanya dipandang sebagai mekanisme transfer teknologi, tetapi sebagai proses transformasi pengetahuan dan perilaku petani melalui interaksi sosial dan pembelajaran kolektif (Klerkx dkk., 2012) Oleh karena itu, kajian mengenai efektivitas penyuluhan semakin menekankan indikator yang mampu menggambarkan perubahan pengetahuan, kualitas interaksi sosial, dan perubahan perilaku produksi petani.

Untuk memahami bagaimana indikator efektivitas penyuluhan digunakan dalam studi global, studi ini menganalisis 80 artikel internasional yang dipilih melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR). Artikel-artikel tersebut berasal dari jurnal internasional bereputasi yang terindeks Scopus dan *Web of Science*, termasuk *Agricultural Systems*, *Food Policy*, *World Development*, dan *Journal of Agricultural Economics*. Analisis frekuensi terhadap indikator yang digunakan dalam artikel-artikel tersebut menghasilkan distribusi indikator sebagaimana disajikan pada

Tabel 21. Frekuensi Indikator Efektivitas Penyuluhan dalam Literatur SLR (n = 80)

Indikator Efektivitas	Frekuensi Artikel	Persentase
Adopsi teknologi pertanian	16	20%
Interaksi penyuluh petani	14	17.5%
Peningkatan pengetahuan petani	13	16%
Partisipasi petani	12	15%
Kepercayaan terhadap penyuluh	10	12.5%
Kinerja kelompok tani	9	11%
Produktivitas pertanian	6	8%

Sebagai Data Scientist Pertanian, distribusi indikator tersebut menunjukkan pola yang jelas mengenai prioritas studi global dalam mengevaluasi efektivitas penyuluhan. Indikator adopsi teknologi muncul sebagai indikator paling dominan dengan frekuensi 16 artikel (20%). Hal ini menunjukkan bahwa studi global mengenai penyuluhan pertanian lebih banyak berfokus pada perubahan perilaku petani sebagai outcome utama dari intervensi penyuluhan.

Dominasi indikator adopsi teknologi dapat dijelaskan melalui pendekatan ekonomi pembangunan pertanian. Kassie dkk. (2013) menunjukkan bahwa adopsi teknologi merupakan mekanisme utama yang memungkinkan peningkatan produktivitas pertanian di negara berkembang. Praktik pertanian seperti konservasi tanah, varietas unggul, dan manajemen hama terpadu terbukti mampu meningkatkan produktivitas apabila diadopsi

secara luas oleh petani. Oleh karena itu, tingkat adopsi teknologi sering digunakan sebagai indikator utama dalam mengevaluasi keberhasilan program penyuluhan.

Selain indikator adopsi teknologi, indikator interaksi penyuluh petani juga muncul secara signifikan dengan frekuensi 14 artikel (17,5%). Dari perspektif sosiologi pedesaan, interaksi sosial memainkan peran penting dalam membangun kepercayaan dan memfasilitasi proses pembelajaran kolektif dalam komunitas petani. Baloch dkk., (2022) menunjukkan bahwa kualitas hubungan sosial antara petani dan sumber informasi merupakan faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan difusi inovasi pertanian.

Jika distribusi indikator pada Tabel 21 divisualisasikan dalam bentuk donut *chart*, maka akan terlihat bahwa indikator perubahan perilaku (adopsi teknologi) menempati proporsi terbesar dalam literatur penyuluhan pertanian global. Indikator transformasi kognitif (peningkatan pengetahuan) menempati lapisan kedua, sementara indikator interaksi sosial berada pada lapisan ketiga. Visualisasi ini menunjukkan bahwa studi global mengenai penyuluhan pertanian semakin bergeser dari fokus pada indikator administratif menuju indikator yang mencerminkan perubahan nyata dalam sistem pengetahuan dan praktik produksi petani.

Berdasarkan distribusi indikator tersebut, dapat disusun suatu hierarki indikator efektivitas penyuluhan yang menggambarkan tahapan perubahan dalam sistem pertanian berbasis pengetahuan. Pada tingkat pertama terdapat indikator transformasi kognitif, yang mencakup peningkatan pengetahuan dan pemahaman petani mengenai teknologi pertanian. Pada tingkat kedua terdapat indikator interaksi sosial, yang mencerminkan kualitas komunikasi antara penyuluh dan petani. Pada tingkat ketiga terdapat indikator perubahan perilaku, yang tercermin dalam tingkat adopsi teknologi pertanian oleh petani.

Transformasi Kognitif: Peningkatan Pengetahuan sebagai Indikator Awal Keberhasilan

Transformasi kognitif merupakan tahap awal dalam proses perubahan perilaku petani yang dihasilkan melalui kegiatan penyuluhan pertanian. Dalam perspektif ekonomi pembangunan, peningkatan pengetahuan petani dipandang sebagai bentuk investasi dalam modal manusia (*human capital*) yang berkontribusi pada peningkatan produktivitas sektor pertanian.

Teori modal manusia yang dikembangkan oleh Schultz, (1964) menekankan bahwa investasi dalam pendidikan, pelatihan, dan peningkatan keterampilan manusia merupakan faktor utama dalam meningkatkan produktivitas sektor pertanian di negara berkembang. Schultz berargumen bahwa petani tradisional sebenarnya merupakan aktor ekonomi yang rasional, namun sering kali menghadapi keterbatasan akses terhadap informasi dan teknologi. Oleh karena itu, peningkatan pengetahuan melalui pendidikan dan penyuluhan menjadi mekanisme penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian.

Dalam konteks penyuluhan pertanian, kegiatan pelatihan, demonstrasi teknologi, serta konsultasi teknis dapat dipahami sebagai bentuk investasi dalam modal manusia yang bertujuan meningkatkan kapasitas kognitif petani. Penyuluhan tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme penyampaian informasi teknis, tetapi juga sebagai proses pembelajaran yang memungkinkan petani memahami prinsip ilmiah di balik teknologi pertanian yang mereka gunakan.

Peningkatan pengetahuan memiliki hubungan yang kuat dengan kemampuan petani dalam mengadopsi praktik pertanian berkelanjutan. (Novotny dkk., 2024) .menemukan bahwa petani yang memperoleh akses terhadap layanan penyuluhan dan informasi iklim memiliki probabilitas yang lebih tinggi untuk mengadopsi praktik climate-smart *agricultur*e.

Selain meningkatkan kemampuan teknis petani, transformasi kognitif juga mempengaruhi cara petani memandang risiko dan peluang dalam kegiatan pertanian. Pengetahuan yang diperoleh melalui kegiatan penyuluhan memungkinkan petani untuk memahami berbagai strategi manajemen risiko yang dapat mereka gunakan untuk menghadapi ketidakpastian produksi. Dalam perspektif sosiologi pedesaan, transformasi kognitif juga dipengaruhi oleh pembelajaran sosial dalam jaringan petani. Diskusi kelompok tani, pertemuan komunitas, serta demonstrasi lapangan menciptakan ruang sosial bagi petani untuk berbagi pengalaman mengenai penerapan teknologi baru.

Perubahan Perilaku (Adopsi): Determinan Utama Efektivitas Penyuluhan

Perubahan perilaku petani dalam mengadopsi teknologi pertanian merupakan indikator paling konkret dari keberhasilan program penyuluhan. Dalam teori difusi inovasi, keputusan adopsi teknologi dipengaruhi oleh sejumlah karakteristik inovasi (Rogers, 2003) Dua variabel yang paling dominan mengenai adopsi teknologi adalah relative advantage dan *complexity.* Relative advantage merujuk pada sejauh mana teknologi baru dianggap memberikan manfaat yang lebih besar dibandingkan praktik pertanian sebelumnya. Kassie dkk., (2013) menunjukkan bahwa petani lebih cenderung mengadopsi teknologi yang secara nyata meningkatkan produktivitas atau efisiensi produksi. Sebaliknya, *complexity* merujuk pada tingkat kesulitan dalam memahami dan menerapkan teknologi baru. Teknologi yang dianggap terlalu kompleks sering kali mengalami tingkat adopsi yang rendah karena memerlukan keterampilan teknis yang tinggi.

Analisis Kualitas Interaksi: Pergeseran dari Frekuensi Kunjungan ke Kualitas Dialog

Literatur terbaru menunjukkan adanya pergeseran paradigma dalam evaluasi penyuluhan dari indikator frekuensi kunjungan penyuluh menuju indikator kualitas interaksi. Ragasa dkk., (2021) menunjukkan bahwa frekuensi kunjungan penyuluh tidak selalu berkorelasi dengan tingkat adopsi teknologi. Interaksi yang bersifat satu arah sering kali kurang efektif dalam mendorong perubahan perilaku petani. Sebaliknya, interaksi yang bersifat dialogis dan partisipatif terbukti lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman teknologi serta membangun kepercayaan petani. Mahlangu dkk., (2021) menunjukkan bahwa kualitas komunikasi antara penyuluh dan petani memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat kepercayaan petani terhadap informasi yang disampaikan oleh penyuluh.

Taksonomi Indikator sebagai Kerangka Evaluasi Penyuluhan Modern

Berdasarkan sintesis literatur dan hasil SLR, efektivitas penyuluhan pertanian merupakan fenomena multidimensional yang mencakup tiga dimensi utama:

a. Transformasi kognitif
b. Kualitas interaksi sosial
c. Perubahan perilaku (adopsi teknologi)

Ketiga dimensi tersebut membentuk taksonomi indikator efektivitas penyuluhan yang menggambarkan tahapan perubahan dalam sistem pertanian berbasis pengetahuan. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi program penyuluhan tidak hanya berfokus pada *output* administratif, tetapi juga pada proses transformasi sosial dan kognitif yang mendasari keberhasilan difusi inovasi pertanian.

➢ Dimensi Ekonomi: Produktivitas, Pendapatan, dan Kesejahteraan

Eskalasi Produktivitas: Peran Penyuluhan *Hybrid* dan Digital dalam Mempersempit *Yield Gap*

Dalam ekonomi pertanian global, peningkatan produktivitas merupakan indikator utama transformasi sektor pertanian. Sebagian besar negara berkembang masih menghadapi kesenjangan yang signifikan antara produktivitas potensial dan produktivitas aktual yang dicapai oleh petani. Kesenjangan ini dikenal sebagai yield gap, yaitu perbedaan antara hasil panen yang secara teoritis dapat dicapai melalui praktik agronomi optimal dengan hasil aktual yang diperoleh petani dalam kondisi produksi nyata.

Yield gap biasanya disebabkan oleh berbagai faktor struktural, termasuk keterbatasan akses terhadap teknologi pertanian, rendahnya kapasitas manajerial petani, serta kurangnya akses terhadap layanan penyuluhan yang efektif. Dalam banyak sistem pertanian kecil di Afrika dan Asia, produktivitas aktual tanaman pangan utama sering kali hanya mencapai 40–60 persen dari potensi maksimum yang dapat dicapai melalui penggunaan teknologi modern (Ittersum dkk., 2016).

Dalam konteks ini, sistem penyuluhan pertanian memainkan peran penting sebagai mekanisme difusi inovasi teknologi. Penyuluhan memungkinkan petani memperoleh informasi mengenai praktik agronomi yang lebih efisien, penggunaan varietas unggul, serta teknik

pengelolaan sumber daya alam yang lebih berkelanjutan. Namun demikian, keterbatasan jumlah penyuluh dan luasnya wilayah pedesaan sering kali membatasi efektivitas sistem penyuluhan konvensional.

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi dalam dua dekade terakhir telah membuka peluang baru dalam meningkatkan efektivitas penyuluhan melalui integrasi teknologi digital. Pendekatan ini sering disebut sebagai hybrid extension system, yaitu sistem penyuluhan yang menggabungkan interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani dengan penyampaian informasi melalui platform digital seperti aplikasi pertanian, layanan pesan singkat (SMS), dan portal informasi berbasis internet.

Analisis *Systematic Literature Review (SLR)* yang dilakukan oleh Alzahrani dkk., (2023) menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan pertanian secara signifikan meningkatkan adopsi teknologi produksi di berbagai negara berkembang. Studi tersebut menganalisis lebih dari 90 publikasi ilmiah yang terindeks *Scopus dan Web of Science* yang diterbitkan antara tahun 2010–2022. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan layanan penyuluhan digital mampu meningkatkan tingkat adopsi teknologi pertanian antara 20 hingga 35 persen dibandingkan dengan pendekatan penyuluhan konvensional.

Peningkatan adopsi teknologi ini berdampak langsung terhadap produktivitas tanaman. Dalam beberapa studi kasus yang dianalisis dalam SLR tersebut, petani yang memperoleh akses terhadap layanan informasi digital mampu meningkatkan produktivitas tanaman pangan seperti padi, jagung, dan gandum antara 15 hingga 30 persen. Hal ini menunjukkan bahwa keterbatasan akses informasi merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan rendahnya produktivitas pertanian di negara berkembang.

Temuan serupa juga dilaporkan oleh Zeweld dkk., (2019) dalam studi mengenai adopsi praktik pertanian berkelanjutan di Afrika Timur. Petani yang memiliki akses terhadap layanan penyuluhan cenderung lebih cepat mengadopsi teknologi seperti konservasi tanah, rotasi tanaman, dan penggunaan pupuk organik. Praktik-praktik tersebut terbukti meningkatkan kesuburan tanah serta produktivitas pertanian dalam jangka panjang.

Selain meningkatkan produktivitas, penyuluhan hybrid juga berperan penting dalam meningkatkan efisiensi penggunaan input produksi. Informasi mengenai dosis pupuk yang optimal, jadwal tanam yang sesuai dengan kondisi iklim, serta teknik pengendalian hama terpadu memungkinkan petani untuk mengurangi pemborosan input produksi. Efisiensi penggunaan input ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga mengurangi dampak lingkungan dari kegiatan pertanian.

Dalam perspektif ekonomi pembangunan, peningkatan produktivitas pertanian memiliki implikasi yang luas terhadap pertumbuhan ekonomi pedesaan. Sektor pertanian masih menjadi sumber mata pencaharian utama bagi sebagian besar populasi pedesaan di negara berkembang. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas pertanian dapat meningkatkan pendapatan petani serta memperkuat ketahanan pangan masyarakat.

Secara keseluruhan, temuan dari berbagai studi SLR menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan pertanian memiliki potensi besar dalam mempersempit yield gap. Dengan meningkatkan akses petani terhadap informasi teknologi serta memperkuat kapasitas mereka dalam mengelola sistem produksi pertanian, penyuluhan hybrid dapat menjadi instrumen penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan.

Profitabilitas vs Pendapatan: Analisis Kritis Hubungan Produktivitas dan Pendapatan Petani

Dalam literatur ekonomi pertanian, peningkatan produktivitas sering dianggap sebagai mekanisme utama dalam meningkatkan kesejahteraan petani. Namun demikian, hubungan antara produktivitas dan pendapatan petani tidak selalu bersifat linear. Peningkatan hasil panen tidak selalu menghasilkan peningkatan pendapatan riil bagi rumah tangga petani. Fenomena ini sering disebut sebagai productivity–income paradox, yaitu kondisi ketika peningkatan *output* pertanian tidak secara otomatis meningkatkan kesejahteraan ekonomi petani. Paradoks ini muncul karena hubungan antara produktivitas dan pendapatan

dipengaruhi oleh berbagai faktor ekonomi yang kompleks, termasuk harga pasar komoditas, biaya produksi, struktur rantai nilai pertanian, serta akses petani terhadap pasar.

Analisis yang dilakukan oleh Biradar dkk., (2019) menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas pertanian melalui adopsi teknologi modern sering kali menghasilkan dampak ekonomi yang beragam. Dalam beberapa kasus, peningkatan produksi justru menyebabkan penurunan harga komoditas di pasar lokal akibat meningkatnya pasokan. Kondisi ini menyebabkan petani memperoleh harga jual yang lebih rendah meskipun volume produksi mereka meningkat.

Fenomena ini dapat dijelaskan melalui teori price transmission dalam pasar komoditas pertanian. Ketika produksi meningkat secara signifikan dalam suatu wilayah, harga komoditas cenderung mengalami penurunan akibat kelebihan pasokan. Situasi ini sering disebut sebagai price squeeze, yaitu kondisi di mana harga *output* pertanian mengalami tekanan sementara biaya input produksi tetap tinggi atau bahkan meningkat. Selain faktor harga pasar, biaya produksi juga memainkan peran penting dalam menentukan apakah peningkatan produktivitas akan menghasilkan peningkatan pendapatan bagi petani. Banyak teknologi pertanian modern memerlukan penggunaan input produksi yang lebih intensif seperti pupuk kimia, pestisida, dan benih hibrida. Meskipun teknologi tersebut dapat meningkatkan hasil panen, biaya tambahan yang diperlukan untuk membeli input tersebut sering kali mengurangi keuntungan bersih yang diperoleh petani.

Struktur rantai nilai pertanian juga mempengaruhi distribusi keuntungan dalam sistem agribisnis. Dalam banyak negara berkembang, petani kecil memiliki posisi tawar yang relatif lemah dalam rantai pasok pertanian. Produk pertanian biasanya dijual kepada pedagang perantara yang memiliki akses lebih baik terhadap pasar dan informasi harga. Akibatnya, sebagian besar nilai tambah dari produk pertanian sering kali dinikmati oleh pelaku rantai pasok di luar tingkat petani. Distribusi keuntungan dalam sistem agribisnis sering kali tidak merata. Petani sebagai produsen primer hanya memperoleh sebagian kecil dari nilai akhir produk yang dijual kepada konsumen. Sementara itu, pelaku rantai pasok seperti pedagang, pengolah, dan distributor memperoleh porsi keuntungan yang lebih besar karena mereka memiliki akses terhadap infrastruktur pasar dan informasi yang lebih baik.

Dalam konteks ini, sistem penyuluhan pertanian perlu mengintegrasikan aspek produksi dan aspek ekonomi. Penyuluhan yang berorientasi pada agribisnis tidak hanya mengajarkan teknik budidaya tetapi juga membantu petani memahami strategi pemasaran, pengelolaan biaya produksi, serta diversifikasi sumber pendapatan. Teknologi digital juga memainkan peran penting dalam meningkatkan pendapatan petani melalui peningkatan akses terhadap informasi pasar. Platform digital yang menyediakan informasi harga komoditas secara *real-time* memungkinkan petani untuk membuat keputusan pemasaran yang lebih rasional.

Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan bahwa peningkatan produktivitas merupakan kondisi yang penting tetapi tidak selalu cukup untuk meningkatkan kesejahteraan ekonomi petani. Kebijakan pembangunan pertanian perlu mempertimbangkan berbagai faktor struktural yang mempengaruhi distribusi nilai dalam sistem pertanian.

Kesejahteraan Rumah Tangga: Penyuluhan dan Resiliensi Ekonomi Petani

Dalam analisis pembangunan pertanian modern, peningkatan kesejahteraan rumah tangga petani tidak hanya diukur melalui peningkatan pendapatan moneter tetapi juga melalui kemampuan rumah tangga untuk menghadapi berbagai risiko ekonomi dan lingkungan. Konsep ini sering disebut sebagai resiliensi ekonomi rumah tangga.

Teshome dkk. (2021) akses terhadap layanan penyuluhan pertanian memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan resiliensi ekonomi rumah tangga petani. Rumah tangga petani yang memperoleh akses terhadap penyuluhan memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengelola risiko produksi serta lebih mampu mempertahankan tingkat konsumsi rumah tangga ketika menghadapi guncangan ekonomi.

Penyuluhan pertanian meningkatkan resiliensi ekonomi melalui beberapa mekanisme utama. Pertama, penyuluhan meningkatkan produktivitas pertanian melalui peningkatan adopsi teknologi produksi yang lebih efisien. Kedua, penyuluhan membantu petani memahami strategi diversifikasi usaha yang dapat meningkatkan stabilitas pendapatan rumah tangga.

Diversifikasi sumber pendapatan merupakan strategi penting dalam meningkatkan resiliensi ekonomi rumah tangga pedesaan. Rumah tangga yang memiliki sumber pendapatan yang lebih beragam cenderung lebih mampu menghadapi fluktuasi pendapatan dari sektor pertanian.

Selain aspek ekonomi, kesejahteraan rumah tangga petani juga berkaitan dengan akses terhadap layanan sosial seperti pendidikan dan kesehatan. Rumah tangga yang memiliki pendapatan yang lebih stabil cenderung memiliki kemampuan yang lebih baik untuk berinvestasi dalam pendidikan anak serta menjaga kesehatan anggota keluarga.

Studi Komparatif Regional: Ethiopia vs Vietnam

Perbandingan antara Ethiopia dan Vietnam memberikan wawasan penting mengenai bagaimana sistem penyuluhan dan kebijakan pertanian mempengaruhi produktivitas petani kecil. Di Ethiopia, sistem penyuluhan dikembangkan melalui program *Agricultural Development Led Industrialization* (ADLI). Program ini menempatkan penyuluhan sebagai instrumen utama dalam meningkatkan kapasitas produksi petani kecil.

Sebaliknya, Vietnam mengembangkan sistem penyuluhan yang lebih terintegrasi dengan kebijakan inovasi teknologi dan reformasi pasar pertanian melalui program Farmer Field School (FFS). Perbandingan kedua negara menunjukkan bahwa keberhasilan peningkatan produktivitas tidak hanya bergantung pada penyuluhan tetapi juga pada integrasi dengan kebijakan pasar dan inovasi teknologi.

Tabel 22. SLR: Peningkatan Pendapatan Petani

Negara	Intervensi Penyuluhan	Peningkatan Pendapatan
Ethiopia	Extension + teknologi produksi	12–18%
Vietnam	Farmer Field School	25–35%
India	*Mobile* advisory services	15–20%
Kenya	SMS agricultural extension	10–17%
Bangladesh	Digital advisory platform	18–28%

➢ Resiliensi Sosial-Ekologis: Adaptasi Iklim dan Keberlanjutan

Perubahan iklim telah menjadi salah satu tantangan paling signifikan bagi keberlanjutan sistem pertanian global. Variabilitas iklim yang meningkat, termasuk perubahan pola curah hujan, peningkatan suhu rata-rata global, serta meningkatnya frekuensi kejadian cuaca ekstrem, menciptakan ketidakpastian yang tinggi dalam sistem produksi pangan. Bagi petani kecil di negara berkembang, perubahan iklim tidak hanya mempengaruhi produktivitas pertanian tetapi juga stabilitas pendapatan rumah tangga dan ketahanan pangan masyarakat pedesaan (IPPC, 2022)

Dalam literatur pembangunan pertanian, konsep resiliensi sosial-ekologis (*social-ecological resilience)* semakin digunakan sebagai kerangka analitis untuk memahami bagaimana sistem pertanian dapat bertahan dan beradaptasi terhadap perubahan lingkungan. Resiliensi sosial-ekologis merujuk pada kemampuan sistem yang terdiri dari interaksi antara manusia dan lingkungan untuk menyerap gangguan, menyesuaikan diri terhadap perubahan, serta mempertahankan fungsi utama sistem tersebut dalam jangka panjang (Folke dkk., 2016) Dalam konteks pertanian, resiliensi tidak hanya berkaitan dengan stabilitas ekosistem pertanian tetapi juga dengan kapasitas adaptasi komunitas petani. Sistem pertanian yang resilien adalah sistem yang mampu:

a. Menyesuaikan praktik produksi terhadap perubahan iklim,
b. Mempertahankan keberlanjutan inovasi setelah intervensi pembangunan berakhir,
c. Memperkuat jaringan sosial dalam komunitas petani,
d. Menjaga keberlanjutan sumber daya alam.

Berdasarkan *Systematic Literature Review (SLR)* terhadap berbagai penelitian yang terindeks dalam basis data Scopus dan *Web of Science*, resiliensi sistem pertanian terhadap perubahan iklim dapat dianalisis melalui empat dimensi utama:

a. Perubahan perilaku adaptasi petani,

b. Keberlanjutan praktik pertanian,
c. Penguatan modal sosial,
d. Mitigasi risiko ekologis.

Keempat dimensi ini saling terkait dan membentuk fondasi bagi sistem pertanian yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

Perubahan Perilaku Adaptasi Iklim: Transformasi Kalender Tanam dan Diversifikasi Berbasis Informasi Digital

Perubahan perilaku adaptasi petani merupakan salah satu mekanisme paling penting dalam meningkatkan ketahanan sistem pertanian terhadap perubahan iklim. Dalam literatur adaptasi iklim, perubahan perilaku petani sering dipahami sebagai proses pembelajaran sosial yang memungkinkan petani menyesuaikan praktik produksi mereka terhadap dinamika lingkungan yang berubah. Berdasarkan sintesis temuan *Systematic Literature Review*, dua bentuk adaptasi perilaku yang paling sering ditemukan dalam berbagai penelitian adalah:

a. Penyesuaian kalender tanam
b. Diversifikasi sistem produksi pertanian.

Kedua strategi ini merupakan bentuk adaptasi yang relatif fleksibel karena dapat diterapkan oleh petani kecil tanpa memerlukan investasi teknologi yang sangat besar.

Kalender tanam merupakan instrumen manajemen produksi yang menentukan waktu penanaman, pemeliharaan tanaman, serta panen berdasarkan kondisi agroklimat tertentu. Dalam sistem pertanian tradisional, kalender tanam biasanya didasarkan pada pola musim yang relatif stabil. Namun perubahan iklim telah menyebabkan pergeseran pola musim yang membuat kalender tanam tradisional menjadi kurang dapat diandalkan.

Asrat dkk. (2023) akses terhadap *climate information services* (CIS) secara signifikan meningkatkan kemampuan petani dalam menyesuaikan kalender tanam mereka. Studi tersebut menemukan bahwa petani yang memperoleh informasi prakiraan curah hujan musiman memiliki probabilitas lebih tinggi untuk menyesuaikan waktu tanam dibandingkan petani yang tidak memiliki akses terhadap informasi tersebut.

Temuan ini menunjukkan bahwa informasi iklim memainkan peran penting dalam pengambilan keputusan produksi oleh petani. Dengan memperoleh informasi mengenai kondisi iklim yang akan datang, petani dapat mengurangi ketidakpastian dalam perencanaan produksi serta mengembangkan strategi manajemen risiko yang lebih efektif. Perkembangan teknologi digital telah membuka peluang baru dalam meningkatkan kapasitas adaptasi petani terhadap perubahan iklim. Meena dkk. (2022) layanan digital agricultural advisory services dapat meningkatkan efektivitas penyampaian informasi iklim kepada petani kecil. Melalui platform digital seperti aplikasi pertanian dan layanan pesan singkat, petani dapat memperoleh informasi mengenai:

a. Prakiraan cuaca
b. Rekomendasi varietas tanaman
c. Teknik pengelolaan air
d. Strategi mitigasi risiko iklim.

Teknologi digital memungkinkan penyediaan informasi secara *real-time* dan berbasis lokasi, sehingga meningkatkan akurasi pengambilan keputusan produksi oleh petani.

Selain penyesuaian kalender tanam, strategi adaptasi lain yang banyak diadopsi oleh petani adalah diversifikasi sistem produksi pertanian. Diversifikasi memungkinkan petani mengurangi risiko kegagalan panen dengan menanam beberapa jenis tanaman yang memiliki toleransi berbeda terhadap kondisi iklim.

Diversifikasi dapat dilakukan melalui:

a. Diversifikasi tanaman
b. Integrasi tanaman-ternak
c. Agroforestri.

Sistem produksi yang lebih beragam memiliki ketahanan ekologis yang lebih tinggi dibandingkan sistem monokultur intensif Pretty dkk., (2018). Berdasarkan sintesis literatur, perubahan perilaku adaptasi petani merupakan komponen penting dalam meningkatkan resiliensi sosial-ekologis sistem pertanian. Petani yang memiliki akses terhadap informasi iklim

serta dukungan kelembagaan dari sistem penyuluhan cenderung lebih mampu mengembangkan strategi adaptasi yang efektif. Dengan demikian, penguatan sistem penyuluhan yang mengintegrasikan teknologi digital dan pendekatan partisipatif menjadi strategi penting dalam meningkatkan ketahanan sistem pertanian terhadap perubahan iklim.

Keberlanjutan Praktik (*Sustainability*): Tantangan *Post-Project Sustainability* dalam Program Penyuluhan

Keberlanjutan praktik pertanian merupakan salah satu indikator penting dalam menilai keberhasilan program pembangunan pertanian. Dalam banyak proyek penyuluhan, keberhasilan sering diukur melalui indikator jangka pendek seperti peningkatan produktivitas, jumlah petani yang mengikuti pelatihan, atau tingkat adopsi teknologi selama periode proyek berlangsung. Namun demikian, berbagai studi menunjukkan bahwa indikator tersebut tidak selalu mencerminkan keberlanjutan praktik inovasi dalam jangka panjang. Banyak teknologi atau praktik pertanian yang diadopsi oleh petani selama proyek berlangsung justru ditinggalkan setelah dukungan eksternal berakhir. Fenomena ini dikenal dalam literatur pembangunan sebagai *post-project sustainability challenge*.

Konsep *post-project sustainability* merujuk pada kemampuan suatu inovasi atau praktik pembangunan untuk tetap digunakan dan dipertahankan oleh masyarakat setelah dukungan eksternal dari proyek pembangunan berakhir. Dalam konteks penyuluhan pertanian, keberlanjutan praktik menjadi indikator penting untuk menilai apakah inovasi yang diperkenalkan benar-benar terintegrasi dalam sistem produksi petani atau hanya diadopsi sementara selama periode proyek. Oleh karena itu, analisis mengenai keberlanjutan praktik pertanian memerlukan pendekatan yang lebih komprehensif yang mempertimbangkan berbagai faktor sosial, ekonomi, kelembagaan, dan ekologis yang mempengaruhi keputusan petani dalam mempertahankan inovasi produksi.

Mahlangu dkk. (2021) memberikan kontribusi penting dalam memahami dinamika keberlanjutan praktik pertanian setelah proyek penyuluhan berakhir. Studi tersebut menemukan bahwa keberlanjutan praktik inovasi pertanian dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu keterjangkauan ekonomi teknologi, kesesuaian teknologi dengan kondisi lokal, dukungan kelembagaan yang berkelanjutan, serta akses terhadap pasar. Keempat faktor tersebut saling berinteraksi dalam menentukan apakah suatu inovasi pertanian dapat dipertahankan dalam jangka panjang oleh petani kecil.

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi keberlanjutan praktik adalah keterjangkauan ekonomi teknologi yang diperkenalkan. Banyak inovasi pertanian modern yang diperkenalkan melalui program penyuluhan memerlukan investasi awal yang relatif tinggi, seperti penggunaan benih hibrida, pupuk kimia, pestisida sintetis, atau teknologi irigasi modern. Selama proyek berlangsung, biaya tersebut sering kali ditanggung sebagian oleh program pembangunan atau lembaga donor melalui skema subsidi input atau bantuan teknis. Namun setelah proyek berakhir, petani harus menanggung seluruh biaya produksi secara mandiri.

Bagi petani kecil yang memiliki keterbatasan modal dan akses terhadap layanan keuangan, biaya investasi tersebut dapat menjadi hambatan besar dalam mempertahankan penggunaan teknologi baru. Jika keuntungan ekonomi yang dihasilkan oleh teknologi tersebut tidak cukup besar untuk menutupi biaya investasi tambahan, petani cenderung kembali menggunakan praktik produksi tradisional yang lebih murah meskipun produktivitasnya lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa keberlanjutan inovasi pertanian sangat bergantung pada kelayakan ekonomi teknologi dalam konteks sistem produksi petani kecil.

Selain faktor ekonomi, kesesuaian teknologi dengan kondisi agroekologi lokal juga memainkan peran penting dalam menentukan keberlanjutan praktik pertanian. Banyak teknologi pertanian yang dikembangkan oleh lembaga penelitian dirancang berdasarkan kondisi agroekologi tertentu yang tidak selalu sama dengan kondisi yang dihadapi petani di tingkat lapangan. Jika teknologi tersebut tidak sepenuhnya sesuai dengan karakteristik tanah, iklim, atau sistem produksi lokal, petani mungkin mengalami kesulitan dalam menerapkannya secara konsisten. Dalam beberapa kasus, teknologi yang terlihat efektif dalam percobaan lapangan atau demonstrasi proyek justru tidak dapat diterapkan secara optimal dalam kondisi

nyata di tingkat petani. Hal ini sering terjadi karena demonstrasi teknologi biasanya dilakukan dengan dukungan input produksi dan bimbingan teknis yang lebih intensif dibandingkan dengan kondisi yang dihadapi petani dalam praktik sehari-hari. Oleh karena itu, keberlanjutan inovasi pertanian memerlukan pendekatan pengembangan teknologi yang lebih partisipatif sehingga teknologi yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan kondisi lokal.

Faktor lain yang sangat penting dalam menentukan keberlanjutan praktik pertanian adalah dukungan kelembagaan setelah proyek berakhir. Selama periode proyek, petani biasanya memperoleh dukungan intensif dari penyuluh, fasilitator proyek, atau organisasi pembangunan yang membantu mereka dalam mengatasi berbagai kendala teknis yang muncul dalam proses adopsi teknologi. Namun setelah proyek selesai, dukungan tersebut sering kali berkurang secara signifikan karena keterbatasan sumber daya lembaga penyuluhan atau perubahan prioritas kebijakan pembangunan.

Tanpa dukungan teknis yang memadai, petani mungkin mengalami kesulitan dalam mempertahankan penggunaan teknologi baru, terutama jika teknologi tersebut memerlukan keterampilan teknis yang relatif kompleks. Dalam konteks ini, kapasitas sistem penyuluhan lokal menjadi faktor kunci dalam memastikan keberlanjutan inovasi pertanian. Sistem penyuluhan yang kuat tidak hanya berfungsi sebagai sarana transfer teknologi, tetapi juga sebagai infrastruktur pengetahuan yang mendukung pembelajaran jangka panjang dalam komunitas petani.

Selain dukungan kelembagaan, akses terhadap pasar juga memainkan peran penting dalam menentukan apakah suatu inovasi pertanian dapat dipertahankan dalam jangka panjang. Jika teknologi baru menghasilkan produk pertanian yang memiliki nilai pasar tinggi atau akses pasar yang lebih luas, petani cenderung lebih termotivasi untuk mempertahankan penggunaan teknologi tersebut. Sebaliknya, jika pasar untuk produk tersebut terbatas atau harga komoditas tidak stabil, petani mungkin memilih untuk kembali menggunakan sistem produksi yang lebih sederhana.

Literatur mengenai sistem inovasi pertanian juga menekankan pentingnya kepemilikan lokal (*local ownership*) dalam menentukan keberlanjutan suatu inovasi. Ketika petani terlibat secara aktif dalam proses pengembangan dan adaptasi teknologi, mereka cenderung memiliki rasa kepemilikan yang lebih kuat terhadap inovasi tersebut. Rasa kepemilikan ini dapat meningkatkan motivasi petani untuk mempertahankan praktik baru bahkan setelah proyek pembangunan berakhir.

Sebaliknya, inovasi yang diperkenalkan melalui pendekatan top-down tanpa melibatkan partisipasi aktif petani sering kali memiliki tingkat keberlanjutan yang lebih rendah. Petani mungkin mengadopsi teknologi tersebut selama proyek berlangsung karena adanya tekanan sosial atau insentif eksternal, tetapi tidak memiliki komitmen jangka panjang untuk mempertahankannya.

Dalam konteks perubahan iklim, keberlanjutan praktik pertanian juga berkaitan erat dengan konsep *climate-smart agriculture* (CSA). Pendekatan CSA menekankan pentingnya inovasi pertanian yang tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga meningkatkan kapasitas adaptasi sistem pertanian terhadap perubahan iklim serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (FAO, 2021). Teknologi pertanian yang berkelanjutan harus mampu memberikan manfaat ekonomi bagi petani sekaligus menjaga keberlanjutan sumber daya alam.

Perkembangan teknologi digital juga membuka peluang baru dalam meningkatkan keberlanjutan praktik pertanian setelah proyek pembangunan berakhir. Platform digital memungkinkan petani untuk memperoleh informasi teknis dan dukungan pembelajaran bahkan setelah proyek selesai. Melalui forum diskusi daring, aplikasi pertanian, atau jaringan komunikasi digital, petani dapat terus berbagi pengalaman serta memperoleh solusi atas berbagai masalah teknis yang mereka hadapi.

Namun demikian, penting untuk dicatat bahwa teknologi digital tidak dapat sepenuhnya menggantikan peran interaksi sosial dalam sistem penyuluhan. Hubungan interpersonal antara penyuluh dan petani tetap menjadi elemen penting dalam membangun kepercayaan serta memastikan keberlanjutan inovasi pertanian. Oleh karena itu, pendekatan penyuluhan

yang paling efektif adalah pendekatan yang mengintegrasikan teknologi digital dengan jaringan sosial dalam komunitas pertanian.

Berdasarkan sintesis temuan *Systematic Literature Review*, dapat disimpulkan bahwa keberlanjutan praktik pertanian setelah proyek penyuluhan berakhir merupakan fenomena yang kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling terkait. Keberlanjutan inovasi tidak hanya bergantung pada kualitas teknologi yang diperkenalkan, tetapi juga pada kondisi sosial, ekonomi, dan kelembagaan yang membentuk sistem pertanian lokal.

Oleh karena itu, program pembangunan pertanian perlu dirancang dengan pendekatan yang lebih holistik yang tidak hanya berfokus pada peningkatan produktivitas jangka pendek tetapi juga pada pembangunan sistem inovasi pertanian yang berkelanjutan. Pendekatan tersebut mencakup penguatan kapasitas kelembagaan penyuluhan, peningkatan akses petani terhadap pasar dan layanan keuangan, serta pengembangan teknologi pertanian yang sesuai dengan kondisi agroekologi lokal.

Dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut, sistem penyuluhan pertanian dapat berkontribusi secara lebih efektif dalam mendukung transformasi sistem pertanian menuju arah yang lebih berkelanjutan dan resilien terhadap perubahan lingkungan.

Penguatan Modal Sosial: Peran Kelompok Tani dan *Farmer Field School* dalam Keberlanjutan Praktik Adaptasi Iklim

Dalam literatur pembangunan pedesaan dan sosiologi pertanian, modal sosial (social capital) sering dipandang sebagai salah satu faktor kunci yang menentukan keberhasilan dan keberlanjutan inovasi pertanian. Modal sosial merujuk pada jaringan hubungan sosial, norma kolektif, serta tingkat kepercayaan yang memungkinkan individu dalam suatu komunitas bekerja sama untuk mencapai tujuan Bersama Putnam, (2009) Dalam konteks pertanian, modal sosial memainkan peran penting dalam memperkuat proses pembelajaran kolektif, difusi inovasi, serta keberlanjutan praktik produksi yang diperkenalkan melalui program penyuluhan.

Inovasi pertanian cenderung lebih berkelanjutan ketika diadopsi melalui mekanisme sosial yang melibatkan interaksi antarpetani dibandingkan melalui pendekatan transfer teknologi yang bersifat individual. Hal ini disebabkan karena jaringan sosial dalam komunitas pedesaan memungkinkan petani untuk saling bertukar pengalaman, mendiskusikan kendala teknis, serta mengevaluasi efektivitas suatu praktik produksi secara kolektif. Dengan demikian, modal sosial tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme penyebaran informasi tetapi juga sebagai sarana pembelajaran adaptif (*adaptive learning*) yang memperkuat kapasitas komunitas dalam menghadapi perubahan lingkungan.

Dalam konteks adaptasi perubahan iklim, penguatan modal sosial menjadi semakin penting karena proses adaptasi sering kali memerlukan koordinasi kolektif dalam pengelolaan sumber daya alam. Praktik seperti konservasi tanah, pengelolaan air, serta agroforestri tidak dapat diterapkan secara efektif oleh petani secara individual tetapi memerlukan kerja sama dalam skala komunitas atau lanskap. Oleh karena itu, keberadaan institusi sosial seperti kelompok tani dan *Farmer Field School (FFS)* menjadi faktor penting dalam mendukung keberlanjutan praktik adaptasi iklim.

Kelompok tani merupakan salah satu institusi sosial yang paling umum ditemukan dalam komunitas pedesaan di berbagai negara berkembang. Dalam banyak program pembangunan pertanian, kelompok tani digunakan sebagai sarana untuk menyampaikan informasi teknologi, mengorganisasi kegiatan pelatihan, serta memperkuat kerja sama ekonomi antarpetani.

Tadesse dkk. (2022) menunjukkan bahwa keberadaan kelompok tani memiliki pengaruh signifikan terhadap kemampuan petani dalam mengadopsi strategi adaptasi terhadap perubahan iklim. Studi tersebut menemukan bahwa petani yang tergabung dalam organisasi kelompok memiliki akses yang lebih baik terhadap layanan penyuluhan, informasi iklim, serta jaringan pasar dibandingkan petani yang tidak tergabung dalam organisasi tersebut.

Dalam kerangka *Systematic Literature Review*, kelompok tani berfungsi sebagai platform pembelajaran sosial (*social learning platform*) yang memungkinkan petani untuk berbagi pengetahuan dan pengalaman mengenai praktik adaptasi iklim. Diskusi rutin dalam pertemuan kelompok memungkinkan petani untuk mengevaluasi berbagai strategi produksi

yang mereka terapkan serta mengidentifikasi praktik yang paling efektif dalam menghadapi variabilitas iklim.

Selain meningkatkan akses terhadap informasi, kelompok tani juga berperan dalam mengurangi ketidakpastian yang terkait dengan adopsi inovasi pertanian. Dalam banyak kasus, keputusan petani untuk mengadopsi teknologi baru tidak hanya dipengaruhi oleh informasi yang mereka terima dari penyuluh, tetapi juga oleh pengamatan terhadap praktik yang dilakukan oleh petani lain dalam jaringan sosial mereka. Ketika petani melihat bahwa anggota kelompok lain berhasil meningkatkan produktivitas atau mengurangi risiko produksi melalui teknologi tertentu, mereka cenderung lebih percaya terhadap manfaat teknologi tersebut.

Fenomena ini sering dijelaskan melalui teori difusi inovasi yang dikemukakan oleh Rogers, (2003) yang menyatakan bahwa keputusan adopsi inovasi sangat dipengaruhi oleh interaksi sosial dalam komunitas. Dalam konteks ini, kelompok tani berfungsi sebagai jaringan komunikasi yang mempercepat proses difusi inovasi pertanian.

Selain fungsi pembelajaran, kelompok tani juga berperan dalam memperkuat posisi tawar petani dalam rantai nilai pertanian. Dengan bekerja secara kolektif, petani dapat mengakses pasar yang lebih luas, memperoleh harga yang lebih baik untuk produk pertanian mereka, serta mengurangi biaya transaksi dalam kegiatan pemasaran. Akses pasar yang lebih baik ini dapat meningkatkan insentif ekonomi bagi petani untuk mempertahankan praktik produksi yang lebih berkelanjutan.

Selain kelompok tani, pendekatan *Farmer Field School (FFS)* juga menjadi salah satu metode penyuluhan yang banyak digunakan untuk memperkuat pembelajaran kolektif dalam komunitas petani. Pendekatan ini pertama kali dikembangkan oleh Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO) pada akhir 1980-an sebagai strategi untuk meningkatkan kapasitas petani dalam mengelola hama secara terpadu melalui pendekatan pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*).

Berbeda dengan metode penyuluhan konvensional yang sering bersifat *top-down,* pendekatan FFS menempatkan petani sebagai aktor utama dalam proses pembelajaran. Dalam sekolah lapang, petani melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi tanaman di lapangan, melakukan eksperimen sederhana, serta mendiskusikan hasil pengamatan mereka secara kolektif. Melalui proses ini, petani tidak hanya menerima informasi dari penyuluh tetapi juga mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai dinamika ekosistem pertanian.

Muzorewa & Chitakira (2025) menunjukkan bahwa pendekatan *Farmer Field School* memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan kapasitas adaptasi petani terhadap perubahan iklim. Studi tersebut menemukan bahwa petani yang mengikuti program FFS memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam mengidentifikasi risiko lingkungan serta mengembangkan strategi adaptasi yang sesuai dengan kondisi lokal.

Salah satu keunggulan utama pendekatan FFS adalah kemampuannya dalam membangun kapasitas analitis petani. Melalui proses pembelajaran berbasis pengalaman, petani memperoleh keterampilan untuk mengamati kondisi agroekosistem secara sistematis, menganalisis berbagai faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, serta mengevaluasi efektivitas berbagai praktik produksi.

Selain meningkatkan kapasitas teknis petani, sekolah lapang juga berkontribusi terhadap penguatan jaringan sosial dalam komunitas pedesaan. Interaksi intensif antara petani selama proses pembelajaran menciptakan hubungan sosial yang lebih kuat serta meningkatkan solidaritas dalam komunitas. Jaringan sosial yang kuat ini menjadi modal penting dalam mempertahankan praktik inovasi setelah program penyuluhan berakhir.

Dalam kerangka resiliensi sosial-ekologis, modal sosial memiliki peran strategis dalam meningkatkan kemampuan komunitas pertanian untuk menghadapi perubahan lingkungan. Komunitas yang memiliki jaringan sosial yang kuat cenderung lebih mampu menghadapi berbagai guncangan lingkungan karena mereka memiliki akses terhadap dukungan sosial dan informasi yang lebih luas.

Ketika terjadi perubahan kondisi iklim yang mempengaruhi sistem produksi pertanian, petani dalam jaringan sosial yang kuat dapat saling berbagi strategi adaptasi serta membantu satu sama lain dalam mengatasi berbagai tantangan yang muncul. Proses pertukaran informasi ini mempercepat difusi praktik adaptasi yang efektif dalam komunitas.

Selain itu, modal sosial juga berperan dalam memperkuat koordinasi kolektif dalam pengelolaan sumber daya alam. Banyak praktik adaptasi iklim seperti konservasi tanah, pengelolaan air, serta agroforestri memerlukan kerja sama antarpetani dalam skala lanskap. Tanpa koordinasi kolektif yang baik, praktik-praktik tersebut sulit diterapkan secara efektif. Kelompok tani dan sekolah lapang dapat berfungsi sebagai institusi yang memfasilitasi koordinasi kolektif tersebut. Melalui diskusi kelompok dan kegiatan bersama, petani dapat merencanakan strategi pengelolaan sumber daya yang lebih terintegrasi serta memastikan bahwa praktik konservasi dilakukan secara konsisten oleh seluruh anggota komunitas.

Penguatan modal sosial menjadi semakin penting dalam sistem penyuluhan pertanian modern yang menghadapi tantangan perubahan iklim dan degradasi lingkungan. Pendekatan penyuluhan yang hanya berfokus pada transfer teknologi sering kali gagal mempertahankan inovasi dalam jangka panjang karena tidak memperhatikan dinamika sosial dalam komunitas petani. Sebaliknya, pendekatan penyuluhan yang berbasis pada penguatan jaringan sosial dan pembelajaran kolektif memiliki peluang yang lebih besar untuk menghasilkan perubahan yang berkelanjutan. Dengan memperkuat hubungan sosial antarpetani serta meningkatkan kapasitas mereka dalam belajar secara mandiri, sistem penyuluhan dapat menciptakan lingkungan inovasi yang lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan.

Selain itu, integrasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan juga membuka peluang baru dalam memperluas jaringan sosial petani. Platform komunikasi digital memungkinkan petani untuk terhubung dengan komunitas pertanian yang lebih luas, berbagi informasi mengenai praktik adaptasi iklim, serta memperoleh akses terhadap pengetahuan yang sebelumnya sulit dijangkau. Namun demikian, penting untuk memastikan bahwa penggunaan teknologi digital tidak menggantikan peran interaksi sosial secara langsung dalam komunitas pedesaan. Interaksi tatap muka dalam kelompok tani dan sekolah lapang tetap menjadi elemen penting dalam membangun kepercayaan dan solidaritas sosial yang mendukung keberlanjutan inovasi pertanian.

Mitigasi Risiko Ekologis: Peran Penyuluhan Hibrid dalam Manajemen Kesuburan Tanah dan Penghematan Air

Perubahan iklim tidak hanya mempengaruhi stabilitas produksi pertanian melalui variabilitas curah hujan dan suhu, tetapi juga berdampak langsung terhadap kualitas sumber daya alam yang menjadi fondasi sistem pertanian, khususnya tanah dan air. Degradasi kesuburan tanah, erosi lahan, penurunan kandungan bahan organik, serta meningkatnya tekanan terhadap sumber daya air merupakan tantangan utama bagi keberlanjutan sistem produksi pangan global. Dalam banyak wilayah pertanian tropis, degradasi tanah bahkan telah menjadi salah satu penyebab utama menurunnya produktivitas pertanian dalam jangka panjang (Eid & Galal, 2020).

Dalam konteks perubahan iklim, mitigasi risiko ekologis menjadi komponen penting dalam strategi pembangunan pertanian yang berkelanjutan. Mitigasi ekologis dalam sektor pertanian tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dalam jangka pendek, tetapi juga untuk menjaga stabilitas fungsi ekosistem pertanian dalam jangka panjang. Oleh karena itu, strategi adaptasi perubahan iklim dalam sektor pertanian perlu diintegrasikan dengan praktik pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan.

Dalam literatur agroekologi, pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan biasanya mencakup dua aspek utama, yaitu manajemen kesuburan tanah dan pengelolaan air yang efisien. Kedua aspek ini memiliki peran penting dalam meningkatkan ketahanan sistem pertanian terhadap variabilitas iklim serta mengurangi risiko degradasi lingkungan. Namun demikian, adopsi praktik pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan sering kali menghadapi berbagai kendala di tingkat petani. Banyak petani kecil yang masih mengandalkan praktik budidaya konvensional karena keterbatasan akses terhadap informasi teknis, keterbatasan sumber daya ekonomi, serta kurangnya dukungan kelembagaan dalam

sistem penyuluhan pertanian. Dalam konteks ini, penyuluhan pertanian memainkan peran strategis sebagai mekanisme pembelajaran yang membantu petani memahami hubungan antara praktik budidaya, kondisi ekosistem, serta keberlanjutan produktivitas lahan.

Perkembangan teknologi digital dalam sektor pertanian telah mendorong munculnya konsep penyuluhan hibrid (*hybrid agricultural extension*), yaitu integrasi antara metode penyuluhan konvensional berbasis interaksi tatap muka dan penggunaan teknologi digital dalam penyebaran informasi. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan untuk menjangkau lebih banyak petani sekaligus meningkatkan kualitas informasi yang disampaikan mengenai praktik konservasi sumber daya alam.

Kesuburan tanah merupakan salah satu faktor paling penting yang menentukan produktivitas pertanian. Tanah yang sehat tidak hanya menyediakan nutrisi bagi tanaman tetapi juga memiliki kemampuan untuk menyimpan air serta mendukung aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam siklus nutrisi. Namun, intensifikasi produksi pertanian yang tidak diimbangi dengan praktik pengelolaan tanah yang berkelanjutan sering menyebabkan degradasi kesuburan tanah.

Penggunaan pupuk kimia secara berlebihan, pengolahan tanah yang intensif, serta hilangnya bahan organik tanah telah menyebabkan penurunan kualitas tanah di banyak wilayah pertanian dunia. Penurunan kandungan bahan organik tanah tidak hanya mempengaruhi ketersediaan nutrisi tetapi juga mengurangi kemampuan tanah dalam menyimpan air, sehingga tanaman menjadi lebih rentan terhadap kekeringan. Dalam literatur agroekologi, berbagai praktik telah dikembangkan untuk meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan. Praktik-praktik tersebut antara lain:

a. Penggunaan pupuk organik dan kompos
b. Rotasi tanaman
c. Penanaman tanaman penutup tanah (*cover crops*)
d. Sistem agroforestri.

Praktik-praktik tersebut bertujuan untuk meningkatkan kandungan bahan organik tanah, memperbaiki struktur tanah, serta meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air dan nutrisi. Pretty dkk. (2018) menunjukkan bahwa sistem pertanian yang menerapkan praktik agroekologi memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mempertahankan kesuburan tanah dibandingkan sistem pertanian konvensional. Agroekologi meningkatkan keanekaragaman biologis dalam agroekosistem serta memperkuat siklus nutrisi alami yang mendukung produktivitas tanaman.

Namun demikian, adopsi praktik pengelolaan tanah yang berkelanjutan tidak selalu mudah dilakukan oleh petani kecil. Banyak praktik agroekologi memerlukan perubahan signifikan dalam sistem produksi yang telah lama digunakan oleh petani. Oleh karena itu, proses pembelajaran yang difasilitasi oleh penyuluhan pertanian menjadi sangat penting dalam mendukung adopsi praktik konservasi tanah.

Melalui kegiatan pelatihan, demonstrasi lapangan, serta sekolah lapang petani, penyuluh dapat membantu petani memahami manfaat jangka panjang dari praktik pengelolaan tanah yang berkelanjutan. Demonstrasi teknologi di lapangan memungkinkan petani untuk melihat secara langsung bagaimana praktik tersebut mempengaruhi pertumbuhan tanaman serta produktivitas lahan. Selain kesuburan tanah, ketersediaan air merupakan faktor penting dalam menentukan resiliensi sistem pertanian terhadap perubahan iklim. Di banyak wilayah dunia, perubahan pola curah hujan telah menyebabkan meningkatnya frekuensi kekeringan yang berdampak pada penurunan produktivitas pertanian.

Untuk mengatasi tantangan ini, berbagai praktik pengelolaan air yang lebih efisien telah dikembangkan dalam sistem pertanian adaptif. Praktik tersebut meliputi:

a. Teknik irigasi hemat air seperti irigasi tetes (*drip irrigation*)
b. Pemanenan air hujan (*rainwater harvesting*)
c. Penggunaan mulsa untuk menjaga kelembaban tanah
d. Konservasi air melalui pengolahan tanah minimum.

Praktik-praktik ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air serta mengurangi kehilangan air akibat evaporasi atau aliran permukaan. Namun seperti halnya praktik pengelolaan tanah, adopsi teknologi pengelolaan air yang efisien juga sangat

bergantung pada akses petani terhadap informasi teknis dan dukungan kelembagaan. Banyak petani kecil yang belum memiliki pengetahuan yang memadai mengenai teknik konservasi air atau menghadapi keterbatasan sumber daya untuk mengimplementasikan teknologi tersebut. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan pertanian memiliki peran penting dalam memperkenalkan teknologi pengelolaan air yang sesuai dengan kondisi lokal. Demonstrasi teknologi seperti irigasi tetes atau sistem pemanenan air hujan dapat membantu petani memahami manfaat teknologi tersebut serta meningkatkan kepercayaan mereka dalam mengadopsinya. Integrasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan pertanian membuka peluang baru dalam meningkatkan efektivitas penyampaian informasi mengenai praktik konservasi sumber daya alam. Melalui platform digital seperti aplikasi pertanian atau sistem informasi berbasis internet, penyuluh dapat menyediakan materi pembelajaran yang dapat diakses secara berulang oleh petani. Teknologi digital juga memungkinkan pengembangan soil information systems, yaitu sistem informasi yang menyediakan data mengenai kondisi tanah serta rekomendasi pemupukan yang lebih tepat. Melalui sistem ini, petani dapat memperoleh rekomendasi pengelolaan tanah yang disesuaikan dengan karakteristik lahan mereka.

Selain itu, teknologi digital juga memungkinkan penyediaan informasi mengenai kondisi cuaca dan ketersediaan air secara *real-time.* Informasi ini membantu petani dalam menentukan jadwal irigasi atau penanaman yang lebih efisien sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam sistem produksi pertanian. Pendekatan penyuluhan hibrid yang menggabungkan interaksi tatap muka dengan teknologi digital menciptakan sistem pembelajaran yang lebih fleksibel dan adaptif. Interaksi langsung dengan penyuluh tetap penting dalam membangun kepercayaan serta memberikan bimbingan teknis secara langsung, sementara teknologi digital memungkinkan penyebaran informasi secara lebih luas. Mitigasi risiko ekologis melalui pengelolaan tanah dan air yang berkelanjutan tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas pertanian tetapi juga terhadap peningkatan ketahanan sistem pertanian terhadap perubahan iklim. Tanah yang memiliki kandungan bahan organik tinggi memiliki kapasitas lebih besar dalam menyimpan air serta nutrisi, sehingga tanaman lebih tahan terhadap kondisi kekeringan. Selain itu, praktik konservasi tanah juga dapat mengurangi erosi lahan serta meningkatkan kualitas ekosistem pertanian secara keseluruhan. Sistem pertanian yang sehat secara ekologis cenderung lebih stabil dan produktif dalam jangka panjang dibandingkan sistem produksi yang bergantung pada eksploitasi sumber daya alam secara intensif. Dengan demikian, integrasi praktik agroekologi dalam sistem penyuluhan pertanian menjadi strategi penting dalam memperkuat resiliensi sosial-ekologis komunitas petani. Penyuluhan yang efektif tidak hanya berfokus pada peningkatan produksi dalam jangka pendek tetapi juga pada pembangunan sistem pertanian yang mampu mempertahankan produktivitas dan keberlanjutan ekosistem dalam jangka panjang.

Resiliensi Sosial-Ekologis sebagai Indikator Keberhasilan Penyuluhan di Era Krisis Iklim

Perubahan iklim global telah mengubah secara fundamental cara para ilmuwan dan pembuat kebijakan memahami keberhasilan pembangunan pertanian. Jika pada masa lalu keberhasilan penyuluhan pertanian sering diukur melalui peningkatan produktivitas atau tingkat adopsi teknologi tertentu, saat ini perhatian semakin bergeser menuju kemampuan sistem pertanian untuk bertahan, beradaptasi, dan berkembang dalam menghadapi tekanan lingkungan yang semakin kompleks. Dalam konteks ini, konsep resiliensi sosial-ekologis muncul sebagai kerangka analitis yang penting untuk mengevaluasi keberhasilan sistem penyuluhan pertanian modern.

Resiliensi sosial-ekologis merujuk pada kemampuan sistem yang terdiri dari interaksi antara manusia dan lingkungan untuk menyerap gangguan, menyesuaikan diri terhadap perubahan, serta mempertahankan fungsi utama sistem tersebut. Dalam sistem pertanian, resiliensi mencerminkan kemampuan komunitas petani untuk mempertahankan produksi pangan, stabilitas ekonomi rumah tangga, serta keberlanjutan ekosistem pertanian di tengah tekanan perubahan iklim, degradasi lingkungan, dan dinamika pasar global (Folke dkk., 2016)

Dalam kerangka analisis yang dikembangkan dalam sub-bab ini, resiliensi sosial-ekologis tidak dipahami sebagai kondisi statis, melainkan sebagai proses dinamis yang melibatkan perubahan perilaku, pembelajaran kolektif, serta adaptasi kelembagaan dalam komunitas pertanian. Penyuluhan pertanian memainkan peran penting dalam memfasilitasi proses tersebut melalui penyediaan informasi, penguatan kapasitas petani, serta pembangunan jaringan sosial yang mendukung inovasi berkelanjutan.

Pembahasan pada bagian sebelumnya menunjukkan bahwa resiliensi sistem pertanian dibangun melalui kombinasi berbagai elemen yang saling terkait. Pertama, kemampuan petani untuk menyesuaikan kalender tanam dan melakukan diversifikasi produksi memungkinkan mereka mengurangi risiko yang terkait dengan variabilitas iklim. Penyesuaian strategi produksi ini merupakan bentuk adaptasi perilaku yang penting dalam menjaga stabilitas produksi pangan di tengah perubahan kondisi lingkungan.

Kedua, keberlanjutan praktik pertanian sangat dipengaruhi oleh faktor kelembagaan dan ekonomi yang menentukan apakah inovasi yang diperkenalkan melalui program penyuluhan dapat dipertahankan setelah proyek pembangunan berakhir. Analisis mengenai post-project sustainability menunjukkan bahwa inovasi pertanian hanya dapat bertahan dalam jangka panjang apabila teknologi tersebut sesuai dengan kondisi lokal, memiliki manfaat ekonomi yang jelas bagi petani, serta didukung oleh sistem kelembagaan yang kuat (Mahlangu dkk., 2021)

Ketiga, penguatan modal sosial melalui kelompok tani dan sekolah lapang petani berperan penting dalam membangun kapasitas kolektif komunitas pertanian. Jaringan sosial yang kuat memungkinkan petani untuk berbagi informasi, belajar dari pengalaman satu sama lain, serta mengembangkan strategi adaptasi yang lebih efektif terhadap perubahan lingkungan. Dalam banyak kasus, keberhasilan inovasi pertanian tidak hanya bergantung pada teknologi yang diperkenalkan tetapi juga pada kekuatan jaringan sosial dalam komunitas petani (Tadesse dkk., 2022)

Keempat, praktik mitigasi ekologis seperti konservasi tanah dan pengelolaan air yang berkelanjutan menjadi fondasi penting bagi stabilitas sistem produksi pertanian dalam jangka panjang. Tanah yang sehat dan sistem pengelolaan air yang efisien meningkatkan kemampuan sistem pertanian untuk bertahan terhadap kekeringan, erosi, serta degradasi lingkungan. Ketika keempat elemen tersebut terintegrasi dalam sistem penyuluhan pertanian, maka sistem pertanian memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menghadapi tekanan perubahan iklim. Dengan kata lain, keberhasilan penyuluhan pertanian tidak lagi hanya diukur melalui peningkatan hasil panen, tetapi juga melalui peningkatan kapasitas adaptasi dan keberlanjutan sistem pertanian.

Dalam era digital, sistem penyuluhan pertanian mengalami transformasi signifikan melalui integrasi teknologi komunikasi modern. Konsep penyuluhan hibrid yang menggabungkan interaksi tatap muka dengan platform digital memungkinkan penyebaran informasi yang lebih luas dan cepat kepada petani. Melalui teknologi digital, petani dapat memperoleh akses terhadap informasi mengenai prakiraan cuaca, rekomendasi teknologi pertanian, serta praktik konservasi sumber daya alam yang relevan dengan kondisi lokal mereka. Akses terhadap informasi yang tepat waktu memungkinkan petani untuk mengantisipasi risiko iklim serta menyesuaikan strategi produksi mereka secara lebih efektif. Namun demikian, teknologi digital tidak dapat sepenuhnya menggantikan peran interaksi sosial dalam sistem penyuluhan. Interaksi langsung antara penyuluh dan petani tetap menjadi elemen penting dalam membangun kepercayaan serta memastikan bahwa teknologi yang diperkenalkan dapat diterapkan secara efektif dalam praktik pertanian. Oleh karena itu, penyuluhan hibrid harus dipahami sebagai sistem pembelajaran adaptif yang mengintegrasikan keunggulan teknologi digital dengan kekuatan jaringan sosial dalam komunitas pedesaan.

Dalam kerangka resiliensi sosial-ekologis, penyuluhan hibrid berfungsi sebagai infrastruktur pengetahuan adaptif yang memungkinkan petani untuk terus memperbarui strategi produksi mereka sesuai dengan perubahan kondisi lingkungan dan pasar. Di Kenya, berbagai program konservasi tanah dikembangkan melalui pendekatan berbasis komunitas yang melibatkan kelompok tani dalam pengelolaan sumber daya lahan. Praktik konservasi

seperti pembuatan terasering, penggunaan tanaman penutup tanah, serta sistem agroforestri menjadi strategi utama dalam mengurangi erosi tanah di wilayah perbukitan.

Program penyuluhan yang diterapkan di Kenya menekankan pentingnya partisipasi komunitas dalam perencanaan dan implementasi praktik konservasi. Melalui kelompok tani dan sekolah lapang, petani dilibatkan dalam proses pembelajaran mengenai teknik konservasi tanah serta manfaat jangka panjang dari praktik tersebut. Pendekatan partisipatif ini terbukti meningkatkan tingkat adopsi dan keberlanjutan praktik konservasi di tingkat komunitas.

Sementara itu, program konservasi tanah di India banyak didukung oleh penggunaan teknologi digital dan sistem informasi geospasial. Pemerintah India mengembangkan berbagai platform digital yang menyediakan informasi mengenai kondisi tanah, rekomendasi pemupukan, serta teknik pengelolaan air yang efisien. Melalui integrasi antara penyuluhan konvensional dan teknologi digital, petani di berbagai wilayah India dapat memperoleh rekomendasi pengelolaan tanah yang lebih presisi sesuai dengan kondisi lahan mereka. Pendekatan ini meningkatkan efisiensi penggunaan input pertanian sekaligus membantu petani dalam mengurangi degradasi tanah.

Perbandingan antara Kenya dan India menunjukkan bahwa keberhasilan praktik konservasi tanah tidak hanya bergantung pada teknologi yang digunakan tetapi juga pada pendekatan kelembagaan yang mendukung pembelajaran kolektif dalam komunitas petani. Integrasi antara teknologi, penyuluhan, dan modal sosial menjadi faktor penting dalam memastikan keberlanjutan praktik konservasi sumber daya alam.

Berdasarkan analisis dalam seluruh sub-bab ini, dapat disimpulkan bahwa resiliensi sosial-ekologis merupakan indikator paling krusial dalam mengevaluasi keberhasilan sistem penyuluhan pertanian di era krisis iklim. Sistem pertanian yang resilien tidak hanya mampu mempertahankan produktivitas dalam jangka pendek, tetapi juga memiliki kapasitas untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan serta mempertahankan keberlanjutan ekosistem dalam jangka panjang. Oleh karena itu, kebijakan pembangunan pertanian perlu mengadopsi pendekatan yang lebih holistik dalam merancang program penyuluhan. Pendekatan tersebut harus mencakup penguatan kapasitas adaptasi petani, pengembangan inovasi teknologi yang berkelanjutan, serta pembangunan jaringan sosial yang mendukung pembelajaran kolektif dalam komunitas pertanian.

Melalui integrasi antara adaptasi iklim, penguatan modal sosial, serta praktik agroekologi yang berkelanjutan, sistem penyuluhan pertanian dapat berfungsi sebagai instrumen penting dalam membangun sistem pertanian yang tangguh dan berkelanjutan. Dalam menghadapi tantangan perubahan iklim yang semakin kompleks, resiliensi sosial-ekologis bukan lagi sekadar konsep teoretis, melainkan menjadi fondasi utama bagi keberlanjutan produksi pangan dan kesejahteraan masyarakat pedesaan di masa depan.

Inklusivitas *Gender* dalam Penyuluhan Pertanian: Hambatan Struktural dan Transformasi melalui Model Penyuluhan *Hibrid*

Dalam literatur pembangunan pertanian global, isu *gender* telah berkembang menjadi salah satu fokus utama dalam analisis sistem produksi pangan. Hal ini didasarkan pada pengakuan bahwa perempuan memainkan peran yang sangat signifikan dalam berbagai aktivitas pertanian, terutama di negara berkembang. Perempuan terlibat dalam hampir seluruh tahapan produksi pangan, mulai dari pengolahan lahan, penanaman, pemeliharaan tanaman, pengolahan pascapanen, hingga distribusi pangan dalam rumah tangga. Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (FAO) memperkirakan bahwa perempuan menyumbang sekitar 40–50 persen tenaga kerja pertanian global, bahkan di beberapa wilayah Afrika Sub-Sahara kontribusinya dapat mencapai lebih dari 60 persen (FAO, 2023)

Namun demikian, kontribusi besar tersebut tidak selalu diikuti oleh akses yang setara terhadap sumber daya produktif. Literatur pembangunan pertanian menunjukkan bahwa perempuan sering menghadapi berbagai bentuk ketimpangan struktural dalam mengakses lahan, teknologi, kredit pertanian, pelatihan, serta layanan penyuluhan. Ketimpangan ini mencerminkan struktur sosial yang lebih luas dalam masyarakat pedesaan yang masih dipengaruhi oleh norma patriarki serta sistem distribusi sumber daya yang tidak setara (Meza dkk., 2023)

Dalam konteks ini, sistem penyuluhan pertanian memainkan peran penting sebagai mekanisme penyebaran inovasi teknologi. Penyuluhan berfungsi sebagai jembatan antara lembaga penelitian dengan petani dalam sistem inovasi pertanian. Namun, apabila sistem penyuluhan tidak dirancang secara inklusif, maka inovasi teknologi yang dikembangkan oleh lembaga penelitian berpotensi hanya menjangkau sebagian kelompok petani saja, terutama laki-laki yang memiliki akses lebih besar terhadap sumber daya produksi (Meinzen-dick dkk., 2019).

Kajian *rural sociology* menunjukkan bahwa sistem penyuluhan yang tidak sensitif terhadap *gender* dapat memperkuat ketimpangan struktural yang sudah ada dalam masyarakat pedesaan. Oleh karena itu, inklusivitas *gender* dalam penyuluhan pertanian tidak hanya merupakan isu keadilan sosial tetapi juga menjadi faktor penting dalam meningkatkan efektivitas pembangunan pertanian secara keseluruhan.

Analisis sistematis terhadap literatur mengenai *gender* dan penyuluhan pertanian menunjukkan bahwa perempuan menghadapi berbagai hambatan struktural yang kompleks dalam mengakses teknologi pertanian. Berdasarkan kajian *Systematic Literature Review (SLR)* terhadap berbagai studi pembangunan pertanian global, hambatan tersebut dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama: hambatan kelembagaan, hambatan sosial budaya, dan hambatan ekonomi.

Doss (2018) menekankan bahwa kesenjangan *gender* dalam sektor pertanian bukan hanya disebabkan oleh perbedaan kapasitas individu, tetapi juga oleh struktur kelembagaan yang membatasi akses perempuan terhadap sumber daya produktif. Dalam banyak sistem pertanian kecil di negara berkembang, perempuan sering tidak diakui sebagai petani utama meskipun mereka berperan aktif dalam kegiatan produksi.

Kajian SLR yang dilakukan oleh Ragasa dkk., (2021) menunjukkan bahwa sistem penyuluhan konvensional sering kali dirancang berdasarkan asumsi bahwa petani utama adalah laki-laki pemilik lahan. Akibatnya, program pelatihan, demonstrasi teknologi, serta distribusi input produksi sering ditujukan kepada laki-laki sebagai kepala rumah tangga petani. Hal ini menyebabkan perempuan memiliki akses yang lebih terbatas terhadap inovasi teknologi pertanian.

Selain itu, literatur pembangunan pertanian juga menunjukkan bahwa penyuluhan pertanian sering kali dilakukan melalui kelompok tani formal yang didominasi oleh laki-laki. Dalam banyak komunitas pedesaan, perempuan tidak selalu menjadi anggota aktif kelompok tani, sehingga akses mereka terhadap informasi teknologi menjadi lebih terbatas. Salah satu hambatan utama yang dihadapi oleh perempuan dalam mengakses layanan penyuluhan adalah keterbatasan akses terhadap kepemilikan lahan. Di banyak negara berkembang, sistem kepemilikan lahan masih didominasi oleh laki-laki. Perempuan sering mengelola lahan pertanian tetapi tidak memiliki hak kepemilikan formal terhadap lahan tersebut.

Kondisi ini memiliki implikasi langsung terhadap akses perempuan terhadap layanan penyuluhan. Banyak program penyuluhan dirancang dengan asumsi bahwa pemilik lahan adalah penerima utama teknologi pertanian. Akibatnya, perempuan yang tidak memiliki kepemilikan lahan formal sering tidak diikutsertakan dalam kegiatan pelatihan atau demonstrasi teknologi. *World Development* menjelaskan bahwa petani yang memiliki hak kepemilikan lahan formal memiliki peluang lebih besar untuk memperoleh akses terhadap layanan penyuluhan, kredit pertanian, serta program subsidi pemerintah Ragasa dkk., (2021) Oleh karena itu, ketimpangan kepemilikan lahan menjadi salah satu faktor yang memperkuat kesenjangan *gender* dalam sistem inovasi pertanian.

Selain hambatan kelembagaan, norma sosial dan budaya juga memainkan peran penting dalam membatasi partisipasi perempuan dalam kegiatan penyuluhan pertanian. Dalam banyak masyarakat pedesaan, perempuan memiliki tanggung jawab domestik yang besar seperti mengurus rumah tangga, merawat anak, serta mengelola kebutuhan keluarga. Tanggung jawab domestik ini sering membatasi waktu yang tersedia bagi perempuan untuk mengikuti kegiatan pelatihan atau pertemuan kelompok tani. Banyak kegiatan penyuluhan diselenggarakan pada waktu yang tidak sesuai dengan jadwal kerja perempuan, sehingga partisipasi perempuan dalam kegiatan tersebut menjadi rendah.

Selain itu, norma sosial yang membatasi interaksi antara laki-laki dan perempuan dalam ruang publik juga dapat mempengaruhi hubungan antara penyuluh dan perempuan petani. Karena sebagian besar penyuluh pertanian di banyak negara berkembang adalah laki-laki, perempuan sering merasa kurang nyaman untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan pelatihan yang dipimpin oleh penyuluh laki-laki. Faktor budaya ini menjadi salah satu hambatan utama dalam meningkatkan partisipasi perempuan dalam sistem penyuluhan pertanian di berbagai wilayah Afrika dan Asia (Meinzen-dick dkk., 2019).

Faktor lain yang memperkuat kesenjangan *gender* dalam sektor pertanian adalah keterbatasan akses perempuan terhadap pendidikan formal dan pelatihan teknis. Tingkat literasi yang lebih rendah di kalangan perempuan pedesaan dapat menghambat kemampuan mereka untuk memahami informasi teknis yang disampaikan melalui program penyuluhan. Dalam banyak kasus, materi penyuluhan disampaikan dalam format yang tidak mempertimbangkan perbedaan tingkat pendidikan antara peserta pelatihan. Informasi teknis mengenai penggunaan pupuk, manajemen hama, atau teknik budidaya sering disampaikan dalam bahasa teknis yang sulit dipahami oleh petani dengan tingkat literasi rendah.

Hal ini menunjukkan bahwa desain sistem penyuluhan perlu mempertimbangkan dimensi sosial dan pendidikan dalam komunitas petani. Tanpa pendekatan yang inklusif, program penyuluhan berpotensi hanya menjangkau kelompok petani yang sudah memiliki akses pendidikan dan informasi yang lebih baik. Ketimpangan akses perempuan terhadap sumber daya pertanian tidak hanya berdampak pada kesejahteraan individu tetapi juga pada produktivitas sistem pertanian secara keseluruhan. Literatur pembangunan pertanian menunjukkan bahwa kesenjangan *gender* dalam akses terhadap input produksi merupakan salah satu penyebab utama rendahnya produktivitas pertanian di banyak negara berkembang. Doss (2018) menunjukkan bahwa apabila perempuan memiliki akses yang sama terhadap sumber daya produktif seperti benih unggul, pupuk, teknologi mekanisasi, serta layanan penyuluhan, produktivitas pertanian dapat meningkat secara signifikan.

FAO memperkirakan bahwa mengurangi kesenjangan *gender* dalam akses terhadap sumber daya pertanian dapat meningkatkan produksi pangan global hingga 4 persen dan mengurangi jumlah penduduk yang mengalami kelaparan hingga 150 juta orang FAO, (2023). Selain itu, ketimpangan *gender* juga dapat mempengaruhi distribusi manfaat ekonomi dalam rumah tangga petani. Dalam banyak sistem pertanian kecil, perempuan bertanggung jawab atas produksi tanaman pangan untuk konsumsi keluarga. Ketika perempuan tidak memperoleh akses terhadap teknologi produksi yang lebih efisien, stabilitas pangan rumah tangga dapat terancam. Dengan demikian, peningkatan inklusivitas *gender* dalam sistem penyuluhan pertanian tidak hanya berkontribusi terhadap keadilan sosial tetapi juga terhadap peningkatan produktivitas pertanian dan ketahanan pangan.

Perkembangan teknologi digital membuka peluang baru dalam mengatasi berbagai hambatan yang dihadapi oleh perempuan petani dalam mengakses layanan penyuluhan. Salah satu pendekatan yang semakin banyak dibahas dalam literatur pembangunan pertanian adalah model penyuluhan hibrid (*hybrid extension systems*). Model penyuluhan hibrid merupakan integrasi antara interaksi tatap muka tradisional dengan platform komunikasi digital seperti aplikasi *mobile*, layanan pesan singkat, dan media sosial. Pendekatan ini memungkinkan penyampaian informasi pertanian secara lebih fleksibel dan adaptif terhadap kebutuhan petani.

Ragasa dkk. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan teknologi komunikasi dalam sistem penyuluhan dapat meningkatkan partisipasi perempuan dalam kegiatan pembelajaran pertanian. Teknologi digital memungkinkan perempuan memperoleh informasi teknologi tanpa harus menghadiri pertemuan fisik yang sering sulit mereka ikuti karena keterbatasan waktu atau mobilitas.

Teknologi digital memungkinkan perempuan memperoleh informasi pertanian melalui telepon seluler tanpa harus meninggalkan pekerjaan domestik. Informasi mengenai teknik budidaya, manajemen hama, serta strategi pemasaran dapat diakses kapan saja dan di mana saja. Selain itu, teknologi digital memungkinkan penyampaian informasi dalam format yang lebih mudah dipahami seperti video tutorial dan ilustrasi visual. Format ini sangat membantu petani dengan tingkat literasi rendah dalam memahami informasi teknis.

Teknologi digital juga memungkinkan terbentuknya jaringan sosial baru di antara perempuan petani. Melalui grup komunikasi digital seperti WhatsApp atau platform media sosial, perempuan dapat berbagi pengalaman, mendiskusikan masalah produksi, serta saling memberikan dukungan dalam menghadapi tantangan pertanian. Jaringan sosial ini memperkuat proses pembelajaran kolektif dalam komunitas petani dan meningkatkan kemampuan perempuan dalam mengakses informasi pertanian secara mandiri.

Inklusivitas *gender* dalam sistem penyuluhan tidak hanya berkaitan dengan peningkatan akses perempuan terhadap teknologi pertanian tetapi juga dengan transformasi hubungan sosial dalam komunitas pedesaan. Ketika perempuan memperoleh akses yang lebih besar terhadap pengetahuan dan sumber daya produksi, posisi mereka dalam pengambilan keputusan rumah tangga dapat meningkat. Pembahasan tentang pemberdayaan perempuan dalam sektor pertanian menunjukkan bahwa akses terhadap informasi dan pelatihan dapat meningkatkan kepercayaan diri perempuan serta memperkuat kemampuan mereka dalam berpartisipasi dalam kegiatan ekonomi (Meinzen-dick dkk., 2019).Dalam jangka panjang, perubahan ini dapat berkontribusi terhadap peningkatan kesejahteraan keluarga serta pembangunan komunitas pedesaan yang lebih inklusif.

Analisis dalam sub-bab ini menunjukkan bahwa ketimpangan *gender* dalam akses terhadap layanan penyuluhan pertanian merupakan salah satu hambatan utama dalam meningkatkan produktivitas pertanian dan kesejahteraan rumah tangga pedesaan. Hambatan tersebut bersumber dari berbagai faktor struktural seperti ketimpangan kepemilikan lahan, norma sosial budaya, serta keterbatasan akses terhadap pendidikan dan informasi.

Perkembangan teknologi digital membuka peluang baru untuk mengatasi berbagai hambatan tersebut melalui model penyuluhan hibrid yang mengintegrasikan interaksi tatap muka dengan platform komunikasi digital. Pendekatan ini memungkinkan penyampaian informasi pertanian secara lebih fleksibel, inklusif, dan adaptif terhadap kebutuhan perempuan petani. Dengan integrasi antara inovasi teknologi dan kebijakan pembangunan yang sensitif terhadap *gender*, sistem penyuluhan pertanian dapat menjadi instrumen penting dalam memperkuat pemberdayaan perempuan sekaligus meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sistem produksi pangan.

Regenerasi Petani: Peran Media Sosial dan Digitalisasi dalam Menarik Minat Pemuda ke Sektor Pertanian

Salah satu tantangan struktural yang dihadapi sektor pertanian global saat ini adalah fenomena aging farmers, yaitu meningkatnya usia rata-rata petani akibat rendahnya minat generasi muda untuk terlibat dalam kegiatan pertanian. Fenomena ini tidak hanya terjadi di negara maju tetapi juga di banyak negara berkembang, di mana migrasi pemuda dari desa ke kota menjadi salah satu dinamika utama dalam transformasi ekonomi pedesaan. Dalam banyak negara Asia, Afrika, dan Amerika Latin, generasi muda cenderung meninggalkan sektor pertanian dan beralih ke sektor industri dan jasa yang dianggap memiliki prospek ekonomi yang lebih menjanjikan.

Literatur sosiologi pedesaan menunjukkan bahwa fenomena menurunnya minat generasi muda terhadap pertanian merupakan bagian dari proses transformasi struktural dalam ekonomi pedesaan. Perubahan struktur ekonomi, urbanisasi, serta globalisasi pasar tenaga kerja telah menciptakan berbagai peluang pekerjaan baru di sektor non-pertanian. Kondisi ini menyebabkan pertanian sering dipandang sebagai sektor yang kurang menarik bagi generasi muda. Menurut Eduafo dkk. (2024) rendahnya partisipasi generasi muda dalam sektor pertanian tidak hanya dipengaruhi oleh faktor ekonomi tetapi juga oleh faktor sosial dan psikologis. Pertanian sering diasosiasikan dengan pekerjaan fisik yang berat, pendapatan yang tidak stabil, serta ketergantungan tinggi terhadap kondisi alam. Persepsi ini memperkuat kecenderungan generasi muda untuk mencari pekerjaan di sektor lain yang dianggap lebih modern dan memiliki status sosial yang lebih tinggi.

Selain itu, keterbatasan akses terhadap sumber daya produksi seperti lahan dan modal usaha juga menjadi faktor penting yang mempengaruhi keputusan generasi muda untuk meninggalkan sektor pertanian. Di banyak komunitas pedesaan, kepemilikan lahan pertanian masih didominasi oleh generasi tua. Generasi muda sering tidak memiliki akses terhadap

lahan yang cukup untuk memulai usaha pertanian secara mandiri. Fenomena ini memiliki implikasi yang signifikan terhadap keberlanjutan sistem produksi pangan global. Tanpa regenerasi petani yang memadai, kemampuan sektor pertanian untuk mempertahankan produktivitas dan inovasi dalam jangka panjang dapat terancam. Oleh karena itu, bidang pembangunan pertanian mulai menyoroti pentingnya strategi untuk menarik kembali minat generasi muda terhadap sektor pertanian.

Dalam perspektif sosiologi pembangunan, keputusan generasi muda untuk terlibat atau tidak dalam sektor pertanian tidak hanya ditentukan oleh faktor ekonomi tetapi juga oleh konstruksi sosial mengenai identitas dan status pekerjaan. Di banyak masyarakat pedesaan, pertanian sering dipandang sebagai pekerjaan tradisional yang memiliki status sosial lebih rendah dibandingkan dengan pekerjaan di sektor formal seperti industri atau jasa.

Nthoesane & Teele (2024) persepsi negatif terhadap pertanian merupakan salah satu faktor utama yang mendorong generasi muda meninggalkan sektor ini. Banyak pemuda pedesaan melihat pertanian sebagai pekerjaan yang identik dengan kemiskinan, kerja fisik yang berat, serta keterbatasan peluang mobilitas sosial. Namun demikian, perkembangan teknologi digital dalam sektor pertanian mulai mengubah persepsi tersebut. Digitalisasi pertanian menciptakan berbagai peluang inovasi yang memungkinkan generasi muda melihat pertanian sebagai sektor yang lebih modern, berbasis teknologi, dan memiliki potensi kewirausahaan yang besar. Teknologi seperti precision *agriculture*, smart farming, serta platform digital agribisnis memungkinkan pertanian berkembang menjadi sektor ekonomi yang lebih berbasis pengetahuan dan teknologi. Transformasi ini membuka peluang bagi generasi muda yang memiliki keterampilan digital untuk terlibat dalam sektor pertanian dengan pendekatan yang lebih inovatif.

Perkembangan media sosial dalam dua dekade terakhir telah mengubah cara masyarakat memperoleh informasi dan membangun identitas sosial. Platform digital seperti YouTube, Instagram, TikTok, dan Facebook tidak hanya berfungsi sebagai sarana komunikasi tetapi juga sebagai ruang produksi pengetahuan dan representasi sosial. Dalam konteks pertanian, media sosial memainkan peran penting dalam membentuk persepsi generasi muda terhadap sektor ini. Melalui platform digital, petani muda dapat berbagi pengalaman, mempromosikan produk pertanian, serta membangun citra baru mengenai pertanian modern. Nthoesane & Teele (2024) menunjukkan bahwa media sosial memiliki pengaruh signifikan dalam meningkatkan minat generasi muda terhadap sektor pertanian. Konten digital yang menampilkan kisah sukses petani muda, penggunaan teknologi dalam pertanian, serta peluang kewirausahaan dalam agribisnis dapat mengubah persepsi generasi muda mengenai sektor ini.

Sebagai contoh, banyak petani muda yang menggunakan media sosial untuk mendokumentasikan kegiatan pertanian mereka melalui video dan foto. Konten ini sering menampilkan penggunaan teknologi seperti drone pertanian, sistem irigasi otomatis, serta teknik budidaya modern. Representasi visual ini membantu membangun citra baru mengenai pertanian sebagai sektor yang inovatif dan berbasis teknologi. Selain itu, media sosial juga memungkinkan petani muda untuk membangun jaringan pemasaran yang lebih luas. Melalui platform digital, petani dapat mempromosikan produk mereka secara langsung kepada konsumen tanpa harus melalui rantai distribusi yang panjang. Model pemasaran digital ini tidak hanya meningkatkan efisiensi distribusi tetapi juga meningkatkan nilai tambah yang diperoleh oleh petani.

Digitalisasi pertanian juga menciptakan berbagai peluang kewirausahaan baru yang menarik bagi generasi muda. Teknologi digital memungkinkan munculnya berbagai model bisnis inovatif dalam sektor agribisnis, seperti platform marketplace pertanian, layanan data pertanian, serta startup *agritech*. Eduafo dkk. (2024) menunjukkan bahwa digital *agriculture* membuka peluang baru bagi generasi muda untuk mengembangkan usaha berbasis teknologi dalam sektor pertanian. Generasi muda yang memiliki keterampilan digital dapat mengembangkan berbagai inovasi seperti aplikasi pertanian, sistem pemantauan tanaman berbasis sensor, serta platform perdagangan digital untuk produk pertanian.

Precision agriculture merupakan salah satu contoh inovasi teknologi yang menarik bagi generasi muda. Teknologi ini menggunakan sensor, drone, serta sistem informasi geografis untuk meningkatkan efisiensi produksi pertanian. Dengan memanfaatkan data mengenai kondisi tanah, kelembaban, serta kebutuhan nutrisi tanaman, petani dapat mengelola lahan secara lebih presisi. Bagi generasi muda yang memiliki latar belakang pendidikan teknologi atau ilmu data, precision *agriculture* menawarkan peluang untuk menggabungkan keterampilan digital dengan kegiatan produksi pertanian. Hal ini membuka ruang bagi transformasi sektor pertanian menjadi industri yang lebih berbasis pengetahuan dan teknologi. Selain itu, perkembangan platform *e-commerce* pertanian juga memungkinkan petani muda untuk mengakses pasar secara lebih luas. Melalui marketplace digital, petani dapat menjual produk mereka secara langsung kepada konsumen tanpa harus melalui perantara. Model bisnis ini meningkatkan transparansi harga serta memperkuat posisi tawar petani dalam rantai nilai agribisnis.

Sistem penyuluhan pertanian juga memiliki peran penting dalam mendukung regenerasi petani melalui integrasi teknologi digital dalam program pelatihan dan pembelajaran. Penyuluhan digital memungkinkan generasi muda memperoleh akses terhadap informasi pertanian melalui platform yang sesuai dengan gaya belajar mereka. Generasi muda umumnya lebih terbiasa dengan teknologi digital dibandingkan dengan generasi petani yang lebih tua. Oleh karena itu, penggunaan aplikasi *mobile*, video tutorial, serta platform pembelajaran online dapat meningkatkan efektivitas program penyuluhan dalam menjangkau pemuda pedesaan.

Selain itu, penyuluhan digital juga memungkinkan integrasi antara sistem pendidikan pertanian dengan dunia usaha agribisnis. Program inkubasi bisnis berbasis digital dapat membantu generasi muda mengembangkan ide usaha pertanian serta memperoleh akses terhadap jaringan pasar dan pembiayaan. Integrasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan dapat meningkatkan partisipasi generasi muda dalam kegiatan pertanian sekaligus meningkatkan adopsi inovasi teknologi di tingkat petani (Eduafo dkk., 2024)

Salah satu perubahan sosial yang paling signifikan dalam era digital adalah transformasi identitas petani. Dalam sistem pertanian tradisional, petani sering dipandang sebagai pekerja manual yang bergantung pada pengalaman turun-temurun. Namun dalam pertanian modern yang berbasis teknologi, petani dapat berperan sebagai agripreneur, yaitu wirausahawan yang mengelola usaha pertanian dengan pendekatan inovatif dan berbasis data. Identitas baru ini memiliki daya tarik yang lebih besar bagi generasi muda yang ingin mengembangkan karier yang kreatif dan inovatif. Dengan memanfaatkan teknologi digital, pertanian dapat diposisikan sebagai sektor yang dinamis dan memiliki peluang ekonomi yang luas. Transformasi identitas ini juga berpotensi meningkatkan status sosial petani dalam masyarakat. Ketika pertanian dipandang sebagai sektor yang inovatif dan berbasis teknologi, persepsi masyarakat terhadap profesi petani dapat berubah secara positif.

Berdasarkan analisis tersebut, regenerasi petani memerlukan strategi kebijakan yang mengintegrasikan pengembangan teknologi digital dengan pembangunan kapasitas generasi muda di wilayah pedesaan. Program pendidikan pertanian perlu menyesuaikan kurikulum dengan perkembangan teknologi digital serta kebutuhan industri agribisnis modern. Selain itu, pemerintah juga perlu menciptakan ekosistem inovasi yang mendukung kewirausahaan pemuda dalam sektor pertanian. Dukungan terhadap startup *agritech*, akses pembiayaan bagi petani muda, serta pengembangan infrastruktur digital di wilayah pedesaan menjadi faktor penting dalam mendorong partisipasi generasi muda dalam sektor pertanian. Dengan pendekatan yang komprehensif, regenerasi petani tidak hanya berkaitan dengan peningkatan jumlah petani muda tetapi juga dengan transformasi sistem pertanian menuju model yang lebih inovatif, berbasis teknologi, dan berorientasi pada kewirausahaan.

Infrastruktur sebagai Prasyarat: Listrik, Internet, dan Biaya Perangkat sebagai Determinan Tersembunyi Keberhasilan Penyuluhan Digital

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam sistem penyuluhan pertanian di berbagai negara. Platform digital seperti aplikasi pertanian, layanan pesan singkat, sistem informasi pasar, serta video pelatihan berbasis internet memungkinkan

penyuluh menjangkau petani secara lebih luas dan efisien dibandingkan dengan metode penyuluhan konvensional yang bergantung pada pertemuan tatap muka. Dalam sistem penyuluhan tradisional, interaksi antara penyuluh dan petani biasanya terjadi melalui kunjungan lapangan, pertemuan kelompok tani, atau demonstrasi teknologi di lokasi tertentu. Metode ini sering menghadapi berbagai keterbatasan seperti rasio penyuluh terhadap petani yang tidak seimbang, biaya operasional yang tinggi, serta keterbatasan akses transportasi ke wilayah pedesaan terpencil.

Digitalisasi penyuluhan menawarkan solusi terhadap berbagai keterbatasan tersebut. Teknologi komunikasi memungkinkan penyebaran informasi pertanian secara cepat dan berskala luas melalui platform digital yang dapat diakses oleh petani kapan saja dan di mana saja. Informasi mengenai teknik budidaya, pengendalian hama, prakiraan cuaca, serta harga pasar dapat disampaikan secara *real-time* melalui perangkat digital. Namun demikian, literatur pembangunan pedesaan menunjukkan bahwa keberhasilan digitalisasi penyuluhan tidak hanya ditentukan oleh kualitas teknologi atau konten informasi yang disampaikan. Keberhasilan implementasi teknologi digital juga sangat bergantung pada keberadaan infrastruktur dasar yang memungkinkan teknologi tersebut dapat diakses dan digunakan secara efektif oleh masyarakat pedesaan.

Dalam konteks ini, berbagai studi mulai menyoroti pentingnya faktor-faktor infrastruktur seperti akses listrik, konektivitas internet, serta keterjangkauan perangkat digital sebagai prasyarat utama bagi keberhasilan penyuluhan digital. Faktor-faktor ini sering disebut sebagai “silent determinants”, yaitu determinan tersembunyi yang memiliki pengaruh besar terhadap keberhasilan program digitalisasi tetapi sering kurang mendapat perhatian dalam desain kebijakan pembangunan.

Dalam literatur pembangunan teknologi, istilah silent determinant merujuk pada faktor struktural yang tidak selalu terlihat secara langsung dalam desain program tetapi memiliki pengaruh besar terhadap keberhasilan implementasi kebijakan. Dalam konteks digitalisasi pertanian, faktor-faktor seperti akses listrik, jaringan telekomunikasi, serta kemampuan masyarakat untuk memperoleh perangkat digital menjadi fondasi yang menentukan apakah teknologi digital dapat dimanfaatkan secara efektif oleh petani. Ngowi dkk. (2015) menunjukkan bahwa banyak program teknologi informasi dalam sektor pertanian di negara berkembang gagal mencapai dampak yang diharapkan karena kurangnya perhatian terhadap kesiapan infrastruktur pedesaan. Tanpa dukungan infrastruktur yang memadai, teknologi digital berpotensi hanya memberikan manfaat bagi kelompok petani yang memiliki akses sumber daya lebih baik.

Dalam perspektif sosiologi pembangunan, kondisi ini mencerminkan fenomena digital divide, yaitu kesenjangan akses terhadap teknologi informasi antara kelompok masyarakat yang berbeda. Kesenjangan ini sering terjadi antara wilayah perkotaan dan pedesaan, serta antara kelompok masyarakat dengan tingkat pendapatan yang berbeda. Digital divide tidak hanya berkaitan dengan akses terhadap teknologi tetapi juga dengan kemampuan masyarakat untuk memanfaatkan teknologi tersebut secara efektif. Oleh karena itu, pembangunan infrastruktur digital perlu dipandang sebagai bagian integral dari strategi pembangunan pertanian yang inklusif.

Salah satu prasyarat utama bagi implementasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan pertanian adalah ketersediaan akses listrik yang stabil di wilayah pedesaan. Perangkat digital seperti telepon pintar, komputer, serta perangkat komunikasi lainnya memerlukan pasokan listrik yang konsisten untuk dapat digunakan secara efektif. Di banyak negara berkembang, akses listrik di wilayah pedesaan masih menjadi tantangan besar. Menurut laporan Bank Dunia, jutaan rumah tangga pedesaan di Afrika dan Asia masih memiliki akses listrik yang terbatas atau tidak stabil. Kondisi ini menyebabkan penggunaan teknologi digital oleh petani menjadi sulit atau bahkan tidak mungkin. Ngowi dkk. (2015) menunjukkan bahwa keterbatasan akses listrik merupakan salah satu hambatan utama dalam implementasi teknologi informasi dan komunikasi dalam sektor pertanian di berbagai negara Afrika. Tanpa akses listrik yang memadai, penggunaan perangkat digital menjadi tidak praktis bagi petani yang tinggal di wilayah terpencil.

Selain itu, ketidakstabilan pasokan listrik juga dapat mempengaruhi keandalan sistem komunikasi digital. Infrastruktur telekomunikasi seperti menara jaringan seluler dan pusat data memerlukan pasokan energi yang stabil untuk memastikan konektivitas jaringan tetap berfungsi secara optimal.

Beberapa program pembangunan pedesaan mencoba mengatasi tantangan ini melalui pengembangan sistem energi terbarukan seperti panel surya untuk komunitas pedesaan. Teknologi energi terbarukan dapat menjadi solusi alternatif dalam menyediakan sumber energi bagi perangkat digital di wilayah yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik nasional. Penggunaan panel surya dalam sistem penyuluhan digital telah menunjukkan hasil yang menjanjikan di beberapa negara Afrika dan Asia. Dengan memanfaatkan energi matahari, petani dapat mengisi daya perangkat digital mereka tanpa bergantung pada jaringan listrik konvensional.

Selain akses listrik, ketersediaan jaringan internet juga menjadi faktor penting dalam keberhasilan penyuluhan digital. Teknologi komunikasi berbasis internet memungkinkan penyebaran informasi pertanian secara *real-time* melalui berbagai platform digital seperti aplikasi *mobile*, video edukasi, serta sistem informasi pasar.

Namun demikian, kesenjangan digital antara wilayah perkotaan dan pedesaan masih menjadi tantangan besar di banyak negara berkembang. Infrastruktur telekomunikasi di wilayah pedesaan sering kali kurang berkembang karena biaya investasi yang tinggi serta rendahnya kepadatan penduduk yang membuat pengembangan jaringan menjadi kurang menguntungkan secara ekonomi bagi operator telekomunikasi. Novotny dkk. (2024) dalam *Agricultural Systems* menunjukkan bahwa keterbatasan akses internet di wilayah pedesaan dapat menghambat pemanfaatan teknologi digital dalam sistem penyuluhan pertanian. Petani yang tinggal di daerah dengan konektivitas internet yang lemah sering tidak dapat mengakses platform informasi digital secara konsisten.

Selain masalah ketersediaan jaringan, kualitas koneksi internet juga menjadi faktor penting dalam menentukan efektivitas penggunaan teknologi digital. Aplikasi pertanian yang memerlukan transfer data dalam jumlah besar seperti video pelatihan atau citra satelit mungkin tidak dapat diakses dengan baik di wilayah dengan jaringan internet berkecepatan rendah. Untuk mengatasi tantangan ini, beberapa program pembangunan digital mulai mengembangkan solusi teknologi yang lebih sesuai dengan kondisi wilayah pedesaan. Misalnya, aplikasi pertanian yang dirancang dengan konsep *offline-first*, di mana informasi dapat diunduh terlebih dahulu ketika koneksi tersedia dan kemudian digunakan tanpa koneksi internet secara terus-menerus. Pendekatan ini memungkinkan petani di wilayah dengan konektivitas terbatas tetap dapat memanfaatkan teknologi digital dalam kegiatan produksi pertanian.

Selain infrastruktur energi dan jaringan internet, faktor lain yang mempengaruhi keberhasilan penyuluhan digital adalah keterjangkauan perangkat digital bagi petani. Telepon pintar, tablet, dan komputer merupakan alat utama yang digunakan untuk mengakses berbagai layanan informasi digital dalam sektor pertanian. Namun demikian, biaya perangkat digital masih menjadi hambatan bagi banyak petani kecil yang memiliki keterbatasan sumber daya ekonomi. Dalam beberapa komunitas pedesaan, kepemilikan perangkat digital masih terbatas pada kelompok masyarakat dengan tingkat pendapatan yang relatif lebih tinggi. Ketimpangan akses terhadap perangkat digital ini dapat menciptakan kesenjangan baru dalam sistem penyuluhan pertanian. Petani yang memiliki akses terhadap teknologi digital dapat memperoleh informasi lebih cepat dan lebih luas dibandingkan dengan petani yang tidak memiliki perangkat tersebut.

Dalam konteks ini, beberapa program pembangunan mulai mengembangkan pendekatan shared access, di mana perangkat digital disediakan secara kolektif melalui kelompok tani atau pusat layanan komunitas. Pendekatan ini memungkinkan petani yang tidak memiliki perangkat digital secara individu tetap dapat memperoleh akses terhadap layanan informasi digital. Selain itu, pengembangan teknologi komunikasi berbasis SMS (*Short Message Service*) juga menjadi solusi yang efektif dalam menjangkau petani yang masih menggunakan telepon seluler sederhana. Layanan informasi berbasis SMS memiliki biaya yang relatif rendah dan tidak memerlukan koneksi internet yang stabil.

Analisis terhadap berbagai studi literatur menunjukkan bahwa keberhasilan digitalisasi pertanian sangat bergantung pada integrasi antara teknologi informasi dan pembangunan infrastruktur pedesaan. Infrastruktur energi, telekomunikasi, dan akses perangkat digital membentuk ekosistem yang memungkinkan inovasi teknologi dapat diterapkan secara efektif di tingkat petani. Dalam perspektif Agricultural Innovation Systems, infrastruktur tidak hanya dipandang sebagai fasilitas fisik tetapi juga sebagai bagian dari sistem kelembagaan yang mendukung proses difusi inovasi. Tanpa dukungan infrastruktur yang memadai, teknologi digital berpotensi hanya memberikan manfaat bagi kelompok petani yang memiliki akses sumber daya lebih baik, sementara petani kecil di wilayah terpencil tetap tertinggal dalam akses informasi.

Oleh karena itu, kebijakan pembangunan pertanian yang berorientasi pada digitalisasi perlu disertai dengan investasi yang signifikan dalam pembangunan infrastruktur pedesaan. Program pembangunan jaringan listrik, perluasan jaringan internet, serta peningkatan akses terhadap perangkat digital harus menjadi bagian integral dari strategi transformasi digital sektor pertanian.

Pembangunan infrastruktur juga memiliki implikasi penting terhadap inklusivitas sistem penyuluhan pertanian. Akses yang lebih luas terhadap teknologi digital memungkinkan berbagai kelompok masyarakat pedesaan yang sebelumnya kurang terjangkau oleh layanan penyuluhan konvensional untuk memperoleh informasi pertanian. Kelompok perempuan, pemuda, serta petani di wilayah terpencil dapat memperoleh manfaat yang signifikan dari penyuluhan digital jika didukung oleh infrastruktur yang memadai. Dengan demikian, pembangunan infrastruktur tidak hanya meningkatkan efisiensi sistem penyuluhan tetapi juga memperkuat inklusivitas dalam sistem inovasi pertanian. Namun demikian, penting untuk memastikan bahwa digitalisasi penyuluhan tidak menggantikan sepenuhnya peran interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani. Kombinasi antara penyuluhan konvensional dan teknologi digital tetap menjadi pendekatan yang paling efektif dalam menjangkau berbagai kelompok petani dengan kondisi sosial dan ekonomi yang beragam.

Efisiensi Biaya dan Skala Layanan: Skalabilitas Penyuluhan Digital di Wilayah Terpencil

Sistem penyuluhan pertanian secara historis berkembang sebagai mekanisme transfer teknologi dari lembaga penelitian kepada petani melalui interaksi langsung antara penyuluh dan petani. Model penyuluhan konvensional ini biasanya melibatkan berbagai aktivitas seperti kunjungan lapangan, demonstrasi teknologi, pelatihan kelompok tani, serta penyediaan materi pelatihan secara langsung. Pendekatan tersebut telah memainkan peran penting dalam proses difusi inovasi pertanian selama beberapa dekade, terutama dalam program pembangunan pertanian di negara berkembang. Namun demikian, sistem penyuluhan konvensional juga menghadapi berbagai keterbatasan struktural. Salah satu tantangan utama adalah ketidakseimbangan antara jumlah penyuluh dengan jumlah petani yang harus dilayani. Di banyak negara berkembang, rasio penyuluh terhadap petani sering sangat tinggi sehingga kapasitas penyuluhan menjadi terbatas. Kondisi ini menyebabkan banyak petani, terutama di wilayah terpencil, tidak memperoleh akses yang memadai terhadap informasi teknologi pertanian.

Selain itu, metode penyuluhan konvensional juga memerlukan biaya operasional yang relatif tinggi. Kegiatan kunjungan lapangan, penyelenggaraan pelatihan tatap muka, serta distribusi materi pelatihan memerlukan anggaran yang signifikan. Dalam konteks keterbatasan anggaran pembangunan pertanian di banyak negara berkembang, kondisi ini menjadi hambatan dalam memperluas jangkauan layanan penyuluhan. Perkembangan teknologi digital dalam dua dekade terakhir membuka peluang baru dalam mengatasi berbagai keterbatasan tersebut. Platform digital seperti aplikasi pertanian, layanan pesan singkat, video pelatihan online, serta sistem informasi berbasis internet memungkinkan penyebaran informasi pertanian secara lebih cepat, efisien, dan berskala luas. Transformasi ini mendorong munculnya konsep digital *agricultural extension*, yaitu sistem penyuluhan yang memanfaatkan teknologi komunikasi digital untuk meningkatkan kapasitas penyampaian informasi kepada petani.

Dalam literatur pembangunan pertanian, digitalisasi penyuluhan dipandang sebagai salah satu inovasi penting yang dapat meningkatkan efisiensi sistem penyuluhan sekaligus memperluas jangkauan layanan kepada petani di wilayah terpencil (Aker dkk., 2016). Salah satu karakteristik utama teknologi digital adalah kemampuannya untuk mencapai skalabilitas layanan yang tinggi. Dalam konteks teknologi informasi, skalabilitas merujuk pada kemampuan suatu sistem untuk meningkatkan jumlah pengguna tanpa peningkatan biaya operasional yang signifikan. Dalam sistem penyuluhan konvensional, peningkatan jumlah petani yang dilayani biasanya memerlukan peningkatan jumlah tenaga penyuluh serta biaya operasional yang sebanding. Sebagai contoh, apabila satu penyuluh dapat melayani 200 petani dalam satu wilayah, maka peningkatan jumlah petani yang dilayani menjadi 2000 orang akan memerlukan tambahan tenaga penyuluh yang signifikan.

Sebaliknya, dalam sistem penyuluhan digital, informasi yang disampaikan melalui platform digital dapat diakses oleh ribuan bahkan jutaan petani secara simultan. Biaya tambahan untuk menjangkau pengguna baru sering kali relatif kecil dibandingkan dengan sistem penyuluhan konvensional. Fabregas dkk. (2019) dalam jurnal *Science* menunjukkan bahwa teknologi digital memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi penyampaian informasi pembangunan. Dengan memanfaatkan teknologi komunikasi digital, biaya marginal untuk menjangkau pengguna tambahan dapat ditekan secara signifikan.

Dalam konteks penyuluhan pertanian, platform digital seperti aplikasi *mobile* dan layanan pesan singkat memungkinkan penyuluh untuk menyampaikan rekomendasi teknis kepada ribuan petani secara bersamaan tanpa harus melakukan kunjungan lapangan secara individual. Salah satu keuntungan utama dari penyuluhan digital adalah kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi biaya dalam penyampaian layanan informasi kepada petani. Dalam sistem penyuluhan tradisional, biaya operasional sering kali menjadi komponen terbesar dalam anggaran program pembangunan pertanian. Biaya tersebut meliputi transportasi penyuluh, penyelenggaraan pelatihan, distribusi materi pelatihan, serta berbagai kegiatan administrasi lainnya. Dalam banyak kasus, biaya ini membatasi kemampuan pemerintah untuk memperluas jangkauan layanan penyuluhan.

Aker dkk. (2016) menunjukkan bahwa penggunaan teknologi komunikasi seperti telepon seluler dalam layanan informasi pertanian dapat secara signifikan mengurangi biaya operasional penyuluhan. Layanan informasi berbasis SMS memungkinkan penyampaian pesan teknis kepada ribuan petani dengan biaya yang relatif rendah dibandingkan dengan pelatihan tatap muka. Selain layanan berbasis SMS, perkembangan aplikasi pertanian berbasis *smartphone* juga memungkinkan penyampaian informasi yang lebih kompleks seperti video pelatihan, panduan visual teknik budidaya, serta sistem diagnosis penyakit tanaman melalui citra digital. Teknologi ini memperluas cakupan materi penyuluhan yang dapat disampaikan kepada petani tanpa memerlukan pelatihan tatap muka yang memerlukan biaya besar. Dengan demikian, digitalisasi penyuluhan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan anggaran pembangunan pertanian. Penggunaan platform digital dalam sistem penyuluhan dapat meningkatkan efektivitas program pembangunan pertanian dengan mengurangi biaya distribusi informasi sekaligus meningkatkan akurasi rekomendasi teknis yang diberikan kepada petani (Novotny dkk., 2024)

Salah satu kontribusi paling signifikan dari penyuluhan digital adalah kemampuannya untuk menjangkau wilayah pedesaan terpencil yang sebelumnya sulit dijangkau oleh sistem penyuluhan konvensional. Banyak komunitas pertanian di negara berkembang berada di wilayah dengan akses transportasi yang terbatas, seperti daerah pegunungan, pulau-pulau kecil, atau wilayah pedalaman. Dalam kondisi ini, kunjungan penyuluh lapangan sering kali jarang dilakukan karena keterbatasan biaya dan waktu.

Teknologi komunikasi digital memungkinkan petani di wilayah terpencil untuk memperoleh akses terhadap informasi pertanian tanpa harus menunggu kunjungan langsung dari penyuluh. Informasi mengenai teknik budidaya, pengendalian hama, prakiraan cuaca, serta harga pasar dapat disampaikan melalui aplikasi *mobile* atau layanan pesan singkat. van Etten dkk. (2021) layanan penyuluhan digital berbasis telepon seluler dapat meningkatkan akses petani kecil terhadap informasi pertanian di wilayah pedesaan Afrika dan Asia. Studi tersebut menemukan bahwa penggunaan platform digital dalam penyuluhan dapat

meningkatkan adopsi teknologi pertanian serta meningkatkan produktivitas petani kecil. Selain itu, teknologi digital juga memungkinkan pengembangan early warning systems yang memberikan peringatan dini mengenai risiko iklim, serangan hama, atau penyakit tanaman. Sistem ini memungkinkan petani mengambil tindakan preventif sebelum kerusakan tanaman terjadi, sehingga dapat mengurangi risiko kerugian produksi.

Meskipun penyuluhan digital menawarkan berbagai keunggulan, pendekatan yang paling efektif adalah integrasi antara penyuluhan digital dan penyuluhan konvensional. Pendekatan ini dikenal sebagai hybrid extension systems. Dalam model ini, teknologi digital digunakan untuk menyampaikan informasi secara luas dan cepat, sementara penyuluh lapangan tetap berperan dalam memberikan pendampingan langsung kepada petani. Kombinasi ini memungkinkan sistem penyuluhan memanfaatkan keunggulan masing-masing pendekatan.

Menurut Birner (2021) dalam jurnal *Global Food Security*, sistem penyuluhan hibrid dapat meningkatkan efektivitas layanan penyuluhan dengan memanfaatkan teknologi digital untuk memperluas jangkauan layanan sekaligus mempertahankan interaksi sosial antara penyuluh dan petani. Pendekatan hibrid juga membantu mengatasi keterbatasan literasi digital di kalangan petani. Penyuluh dapat membantu petani memahami cara menggunakan aplikasi pertanian serta menafsirkan informasi teknis yang disampaikan melalui platform digital.

Meskipun memiliki potensi besar, implementasi penyuluhan digital juga menghadapi berbagai tantangan. Salah satu tantangan utama adalah kesenjangan digital antara wilayah perkotaan dan pedesaan. Petani yang tinggal di wilayah dengan infrastruktur digital terbatas mungkin tidak dapat memanfaatkan layanan penyuluhan digital secara optimal. Selain itu, literasi digital petani juga menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan penggunaan teknologi digital dalam sistem penyuluhan.

Mehrabi dkk. (2021) transformasi digital dalam sektor pertanian perlu disertai dengan investasi dalam pembangunan infrastruktur digital serta program peningkatan kapasitas petani dalam menggunakan teknologi informasi. Selain itu, penting untuk memastikan bahwa platform digital yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan lokal petani. Teknologi yang terlalu kompleks atau tidak mempertimbangkan konteks sosial dan budaya masyarakat pedesaan dapat sulit diadopsi oleh petani.

Berdasarkan analisis tersebut, digitalisasi penyuluhan pertanian memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi biaya dan jangkauan layanan informasi bagi petani. Namun keberhasilan implementasinya sangat bergantung pada integrasi antara teknologi digital, pembangunan infrastruktur pedesaan, serta sistem penyuluhan konvensional yang telah ada. Kebijakan pembangunan pertanian perlu mendorong pengembangan platform digital yang inklusif serta meningkatkan kapasitas penyuluh dalam memanfaatkan teknologi komunikasi modern. Selain itu, investasi dalam pembangunan jaringan internet dan akses teknologi digital di wilayah pedesaan menjadi faktor penting dalam memastikan bahwa manfaat digitalisasi penyuluhan dapat dirasakan secara merata oleh seluruh kelompok petani. Dengan pendekatan yang komprehensif, penyuluhan digital dapat menjadi instrumen penting dalam mempercepat transformasi sektor pertanian menuju sistem produksi yang lebih inovatif, efisien, dan berkelanjutan.

Inklusivitas dan Infrastruktur sebagai Fondasi Efektivitas Penyuluhan Pertanian Modern

Transformasi sistem penyuluhan pertanian di era digital menunjukkan bahwa keberhasilan inovasi teknologi tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi itu sendiri, tetapi juga oleh kemampuan sistem pembangunan untuk menciptakan lingkungan sosial dan infrastruktur yang memungkinkan teknologi tersebut dimanfaatkan secara efektif oleh masyarakat pedesaan. Dalam konteks pembangunan pertanian modern, penyuluhan tidak lagi dipandang semata sebagai mekanisme transfer teknologi, melainkan sebagai bagian dari sistem inovasi pertanian (*Agricultural Innovation Systems*) yang melibatkan interaksi kompleks antara aktor sosial, institusi, dan infrastruktur.

Pembahasan pada sub-bab sebelumnya menunjukkan bahwa dua dimensi utama menentukan efektivitas sistem penyuluhan modern, yaitu inklusivitas sosial dan kesiapan infrastruktur pedesaan. Dimensi inklusivitas mencakup kemampuan sistem penyuluhan untuk menjangkau berbagai kelompok sosial yang selama ini sering terpinggirkan dalam proses inovasi pertanian, seperti perempuan, pemuda, serta petani kecil di wilayah terpencil. Sementara itu, dimensi infrastruktur mencakup ketersediaan fasilitas dasar seperti listrik, jaringan internet, serta akses terhadap perangkat digital yang memungkinkan teknologi penyuluhan digital dapat digunakan secara efektif.

Dalam perspektif sosiologi pembangunan pedesaan, kedua dimensi tersebut tidak dapat dipisahkan. Teknologi digital yang dirancang tanpa mempertimbangkan kondisi sosial masyarakat pedesaan berpotensi memperkuat ketimpangan yang sudah ada. Sebaliknya, program inklusi sosial yang tidak didukung oleh infrastruktur yang memadai juga tidak akan mampu menghasilkan dampak yang signifikan dalam meningkatkan produktivitas pertanian. Keberhasilan inovasi teknologi dalam sistem pertanian sangat bergantung pada integrasi antara faktor sosial, ekonomi, dan infrastruktur dalam proses difusi inovasi (Klerkx & Begemann, 2020). Oleh karena itu, desain kebijakan penyuluhan pertanian perlu mengadopsi pendekatan yang lebih holistik dengan mempertimbangkan berbagai dimensi pembangunan pedesaan secara simultan.

Analisis mengenai inklusivitas *gender* menunjukkan bahwa perempuan memainkan peran yang sangat penting dalam sistem produksi pangan global. Namun demikian, berbagai studi menunjukkan bahwa perempuan sering menghadapi hambatan struktural dalam mengakses sumber daya produktif seperti lahan, teknologi pertanian, serta layanan penyuluhan. Ketimpangan akses tersebut memiliki implikasi yang signifikan terhadap produktivitas pertanian dan kesejahteraan rumah tangga pedesaan. Doss (2018) menunjukkan bahwa kesenjangan *gender* dalam akses terhadap sumber daya pertanian merupakan salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya produktivitas dalam sistem pertanian kecil di negara berkembang.

Dalam konteks ini, integrasi perspektif *gender* dalam sistem penyuluhan menjadi sangat penting. Penyuluhan yang inklusif perlu dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan spesifik perempuan petani, termasuk keterbatasan waktu akibat tanggung jawab domestik, keterbatasan mobilitas, serta perbedaan tingkat literasi. Teknologi digital memiliki potensi besar untuk memperluas akses perempuan terhadap layanan penyuluhan. Platform komunikasi digital memungkinkan perempuan memperoleh informasi pertanian secara fleksibel tanpa harus menghadiri pertemuan fisik yang sering sulit diikuti karena keterbatasan waktu atau mobilitas. Ragasa dkk. (2021) penggunaan teknologi komunikasi dalam sistem penyuluhan dapat meningkatkan partisipasi perempuan dalam kegiatan pembelajaran pertanian. Dengan demikian, digitalisasi penyuluhan dapat menjadi instrumen penting dalam meningkatkan inklusivitas *gender* dalam sistem inovasi pertanian.

Selain isu *gender*, regenerasi petani juga menjadi tantangan penting dalam keberlanjutan sektor pertanian global. Fenomena aging farmers yang terjadi di banyak negara menunjukkan bahwa generasi muda semakin menjauh dari sektor pertanian. Jika tren ini terus berlanjut, maka kemampuan sektor pertanian untuk mempertahankan produktivitas dalam jangka panjang dapat terancam. Perkembangan teknologi digital membuka peluang baru dalam mengubah persepsi generasi muda terhadap pertanian. Media sosial, platform *agritech*, serta model bisnis digital dalam agribisnis memungkinkan generasi muda melihat pertanian sebagai sektor yang inovatif dan memiliki potensi kewirausahaan yang besar.

Eduafo dkk. (2024) *digital agriculture* menciptakan berbagai peluang baru bagi generasi muda untuk terlibat dalam sektor pertanian melalui model bisnis berbasis teknologi. Generasi muda dapat mengembangkan berbagai inovasi seperti aplikasi pertanian, platform pemasaran digital, serta sistem pemantauan tanaman berbasis data. Transformasi ini juga mengubah identitas petani dari sekadar produsen tradisional menjadi agripreneur, yaitu wirausahawan yang mengelola usaha pertanian dengan pendekatan inovatif dan berbasis teknologi. Dalam perspektif sosiologi pedesaan, perubahan identitas ini memiliki implikasi penting dalam meningkatkan status sosial petani serta menarik minat generasi muda untuk kembali ke sektor pertanian.

Meskipun teknologi digital memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas sistem penyuluhan, keberhasilan implementasinya sangat bergantung pada ketersediaan infrastruktur dasar di wilayah pedesaan. Akses terhadap listrik, jaringan internet, serta perangkat digital menjadi prasyarat utama bagi pemanfaatan teknologi komunikasi dalam sistem penyuluhan. Dalam banyak negara berkembang, kesenjangan infrastruktur antara wilayah perkotaan dan pedesaan masih menjadi hambatan utama dalam digitalisasi pertanian. Petani di wilayah terpencil sering menghadapi keterbatasan akses terhadap listrik dan jaringan internet, yang menyebabkan mereka sulit memanfaatkan layanan informasi digital.

Ngowi dkk. (2015) keterbatasan infrastruktur energi dan telekomunikasi merupakan salah satu faktor utama yang menghambat adopsi teknologi digital dalam sektor pertanian di berbagai negara Afrika. Tanpa dukungan infrastruktur yang memadai, teknologi digital berpotensi hanya memberikan manfaat bagi kelompok petani yang memiliki akses sumber daya lebih baik. Selain itu, biaya perangkat digital juga menjadi faktor penting dalam menentukan akses petani terhadap teknologi informasi. Di banyak komunitas pedesaan, telepon pintar masih dianggap sebagai barang yang relatif mahal bagi petani kecil. Kondisi ini menunjukkan bahwa digitalisasi penyuluhan perlu disertai dengan strategi kebijakan yang memastikan akses teknologi yang lebih merata bagi masyarakat pedesaan.

Untuk memahami dinamika hambatan infrastruktur dalam digitalisasi penyuluhan pertanian, pola tantangan yang berbeda di berbagai wilayah dunia. Tabel berikut merangkum beberapa hambatan utama yang dihadapi dalam implementasi penyuluhan digital di berbagai konteks regional.

Tabel 23. Matriks Hambatan Infrastruktur Penyuluhan Digital Global

Wilayah	Hambatan Infrastruktur Utama	Dampak terhadap Penyuluhan Digital	Referensi Rural Sociology
Sub-Sahara Afrika	Keterbatasan listrik dan jaringan telekomunikasi	Keterbatasan akses platform digital bagi petani kecil	Ngowi dkk., 2015
Asia Selatan	Biaya perangkat digital dan rendahnya literasi digital	Adopsi teknologi penyuluhan digital lambat	Saha dkk., 2024
Asia Tenggara	Infrastruktur digital berkembang tetapi tidak merata	Kesenjangan akses antar wilayah	FAO, 2021
Amerika Latin	Konektivitas pedesaan terbatas	Distribusi informasi digital tidak merata	Klerkx dkk., 2019
Asia Timur	Infrastruktur digital relatif maju	Potensi implementasi digital extension tinggi	Mehrabi dkk., 2021

Matriks ini menunjukkan bahwa tantangan digitalisasi pertanian tidak hanya berkaitan dengan teknologi tetapi juga dengan kondisi struktural yang mempengaruhi akses masyarakat terhadap teknologi tersebut.

Berdasarkan analisis pada seluruh sub-bab ini, sistem penyuluhan pertanian modern perlu mengadopsi pendekatan pembangunan yang lebih holistik dengan mengintegrasikan inovasi teknologi, inklusivitas sosial, serta pembangunan infrastruktur pedesaan. Digitalisasi penyuluhan tidak dapat dipandang sebagai solusi teknis semata, tetapi harus menjadi bagian dari strategi transformasi pertanian yang lebih luas. Pendekatan ini memerlukan kerja sama antara berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian, termasuk pemerintah, lembaga penelitian, sektor swasta, serta organisasi petani. Investasi dalam pengembangan teknologi digital perlu diimbangi dengan kebijakan yang mendukung peningkatan kapasitas petani dalam memanfaatkan teknologi tersebut. Program pelatihan literasi digital bagi petani serta pengembangan platform digital yang mudah digunakan menjadi faktor penting dalam memastikan keberhasilan digitalisasi penyuluhan.

Selain itu, desain program penyuluhan juga perlu mempertimbangkan kebutuhan berbagai kelompok sosial dalam komunitas pedesaan. Pendekatan yang sensitif terhadap *gender*, generasi muda, serta kondisi sosial ekonomi petani kecil dapat meningkatkan

efektivitas program penyuluhan serta memastikan bahwa manfaat inovasi teknologi dapat dirasakan secara lebih merata.

Secara keseluruhan, efektivitas sistem penyuluhan pertanian di era digital tidak hanya ditentukan oleh kualitas teknologi yang digunakan tetapi juga oleh kemampuan sistem pembangunan untuk menciptakan lingkungan yang inklusif dan didukung oleh infrastruktur yang memadai. Integrasi antara inovasi teknologi, inklusivitas sosial, dan pembangunan infrastruktur pedesaan menjadi fondasi utama dalam membangun sistem penyuluhan yang mampu menjawab tantangan transformasi pertanian di masa depan. Dengan pendekatan yang komprehensif, penyuluhan pertanian dapat berfungsi tidak hanya sebagai mekanisme transfer teknologi tetapi juga sebagai instrumen pembangunan sosial yang memperkuat kapasitas masyarakat pedesaan dalam menghadapi perubahan ekonomi, sosial, dan lingkungan yang semakin kompleks.

BAB 5
Analisis Platform Digital: Skalabilitas Informasi dan Akses *Real-time* dalam Penyuluhan Pertanian

Perkembangan teknologi komunikasi digital telah mengubah secara fundamental cara informasi pertanian disebarkan kepada petani di berbagai belahan dunia. Jika pada masa lalu penyuluhan pertanian sangat bergantung pada interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani, saat ini teknologi digital memungkinkan penyampaian informasi pertanian dalam skala besar melalui berbagai platform komunikasi seperti aplikasi *mobile*, layanan pesan singkat, serta sistem informasi berbasis internet. Transformasi ini menciptakan paradigma baru dalam sistem penyuluhan pertanian yang sering disebut sebagai digital *extension services*. Dalam kerangka komunikasi pembangunan, digitalisasi penyuluhan menciptakan mekanisme penyebaran pengetahuan yang lebih cepat, lebih luas, dan lebih efisien dibandingkan dengan metode penyuluhan konvensional. Athey dkk. (2023) teknologi digital memungkinkan penyediaan informasi pasar, prakiraan cuaca, serta rekomendasi teknis secara *real-time,* sehingga petani dapat mengambil keputusan produksi yang lebih responsif terhadap dinamika lingkungan dan pasar. Kecepatan informasi ini menjadi salah satu keunggulan utama platform digital dalam sistem penyuluhan pertanian modern.

A. Skalabilitas Massa dalam Penyebaran Informasi Pertanian

Salah satu karakteristik utama platform digital adalah kemampuannya untuk menjangkau pengguna dalam skala besar tanpa peningkatan biaya operasional yang signifikan. Dalam literatur ekonomi digital, fenomena ini dikenal sebagai network scalability, yaitu kemampuan sistem digital untuk memperluas jumlah pengguna dengan biaya marginal yang sangat rendah. Dalam konteks penyuluhan pertanian, teknologi digital memungkinkan penyampaian informasi kepada ribuan bahkan jutaan petani melalui satu sistem komunikasi. Barnes dkk. (2023) platform digital dalam sektor pertanian mampu meningkatkan jangkauan layanan penyuluhan secara signifikan dibandingkan dengan metode konvensional yang bergantung pada interaksi tatap muka.

Melalui aplikasi *mobile* atau layanan pesan singkat, informasi mengenai teknik budidaya, pengendalian hama, serta rekomendasi pemupukan dapat disampaikan kepada petani secara simultan. Hal ini memungkinkan penyuluh untuk menjangkau lebih banyak petani tanpa harus meningkatkan jumlah tenaga penyuluh secara signifikan. Selain itu, platform digital juga memungkinkan penyebaran informasi dalam berbagai format komunikasi seperti teks, gambar, video, dan audio. Variasi format komunikasi ini meningkatkan efektivitas penyampaian informasi teknis yang sering kali kompleks bagi petani.

Marvin & Bouzembrak (2020) digitalisasi pertanian menciptakan sistem inovasi yang lebih terbuka di mana pengetahuan pertanian tidak lagi dimonopoli oleh lembaga penyuluhan formal tetapi dapat diakses melalui berbagai sumber digital seperti platform pembelajaran online, jaringan petani digital, serta komunitas *agritech* global.

B. Informasi *Real-time* dalam Pengambilan Keputusan Petani

Selain skalabilitas, keunggulan utama platform digital dalam penyuluhan pertanian adalah kemampuannya menyediakan informasi secara *real-time.* Dalam sistem pertanian yang

semakin dipengaruhi oleh variabilitas iklim dan volatilitas pasar, kecepatan akses terhadap informasi menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan produksi. Athey dkk., (2023) akses terhadap informasi pasar secara *real-time* dapat membantu petani dalam menentukan waktu penjualan produk pertanian yang optimal. Informasi harga pasar yang diperoleh melalui platform digital memungkinkan petani menghindari kerugian akibat fluktuasi harga yang tidak menguntungkan.

Selain informasi pasar, teknologi digital juga memungkinkan penyediaan informasi cuaca yang lebih akurat dan cepat. Sistem prakiraan cuaca berbasis satelit dapat memberikan informasi mengenai curah hujan, suhu, serta potensi kekeringan yang dapat mempengaruhi produksi pertanian. Steinke dkk. (2021) layanan informasi cuaca berbasis *mobile* phone dapat meningkatkan kapasitas adaptasi petani terhadap perubahan iklim. Petani yang memiliki akses terhadap informasi cuaca *real-time* cenderung lebih mampu menyesuaikan waktu tanam serta strategi pengelolaan lahan mereka. Selain itu, teknologi digital juga memungkinkan pengembangan early warning systems yang memberikan peringatan dini mengenai potensi serangan hama atau penyakit tanaman. Sistem ini memanfaatkan data agronomi dan kecerdasan buatan untuk mendeteksi pola penyebaran hama dan memberikan rekomendasi tindakan kepada petani.

C. Efisiensi Biaya dalam Sistem Penyuluhan Digital

Keunggulan lain dari platform digital adalah efisiensi biaya dalam penyampaian layanan penyuluhan. Sistem penyuluhan konvensional sering memerlukan biaya operasional yang besar untuk kegiatan pelatihan, kunjungan lapangan, serta distribusi materi penyuluhan. Sebaliknya, platform digital memungkinkan penyampaian informasi kepada petani dengan biaya yang jauh lebih rendah. Setelah infrastruktur teknologi dikembangkan, biaya tambahan untuk menjangkau petani baru relatif kecil dibandingkan dengan sistem penyuluhan konvensional.

Fabregas dkk. (2019) teknologi digital dapat meningkatkan efisiensi program pembangunan dengan mengurangi biaya distribusi informasi sekaligus meningkatkan kualitas layanan informasi yang diterima oleh pengguna. Dalam konteks penyuluhan pertanian, efisiensi biaya ini memungkinkan pemerintah dan organisasi pembangunan untuk memperluas cakupan layanan penyuluhan tanpa harus meningkatkan anggaran operasional secara signifikan.

D. Platform Digital sebagai Ekosistem Pengetahuan Pertanian

Perkembangan teknologi digital juga menciptakan ekosistem pengetahuan pertanian yang lebih dinamis. Petani tidak lagi hanya menjadi penerima informasi dari penyuluh tetapi juga dapat berperan sebagai produsen pengetahuan melalui jaringan komunikasi digital. Melalui platform media sosial dan komunitas digital, petani dapat berbagi pengalaman mengenai praktik budidaya, strategi pemasaran, serta inovasi teknologi yang mereka terapkan di lahan masing-masing. Proses pertukaran pengetahuan ini menciptakan bentuk baru dari *peer-to-peer learning* dalam sistem pertanian.

Mehrabi dkk. (2021) digitalisasi pertanian menciptakan sistem inovasi yang lebih kolaboratif di mana berbagai aktor seperti petani, peneliti, perusahaan teknologi, dan lembaga pemerintah dapat berinteraksi dalam jaringan pengetahuan yang sama. Ekosistem digital ini memungkinkan difusi inovasi pertanian terjadi lebih cepat dibandingkan dengan sistem penyuluhan konvensional yang biasanya bersifat hierarkis.

E. Batasan Sosial Platform Digital

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, platform digital juga memiliki keterbatasan dalam konteks komunikasi pembangunan pedesaan. Informasi digital sering kali bersifat generik dan tidak selalu mempertimbangkan kondisi lokal yang spesifik di tingkat petani.Selain itu, komunikasi digital cenderung bersifat impersonal sehingga tidak selalu mampu membangun hubungan sosial yang kuat antara penyuluh dan petani. Dalam masyarakat pedesaan, hubungan interpersonal dan kepercayaan sosial sering memainkan peran penting dalam proses adopsi inovasi pertanian.

Ragasa dkk. (2021) kepercayaan terhadap sumber informasi merupakan faktor penting yang mempengaruhi keputusan petani dalam mengadopsi teknologi baru. Tanpa kepercayaan sosial yang kuat, informasi digital mungkin tidak cukup untuk mendorong

perubahan perilaku produksi di tingkat petani. Keterbatasan ini menunjukkan bahwa digitalisasi penyuluhan tidak dapat sepenuhnya menggantikan peran interaksi tatap muka dalam sistem penyuluhan pertanian.

F. Implikasi bagi Sistem Penyuluhan Global

Analisis ini menunjukkan bahwa platform digital memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan jangkauan layanan penyuluhan pertanian melalui mekanisme penyebaran informasi yang cepat dan berskala luas. Namun, keberhasilan implementasi teknologi digital sangat bergantung pada integrasi dengan sistem penyuluhan konvensional yang mampu menyediakan interaksi sosial dan pembelajaran kontekstual bagi petani.

Dengan demikian, sistem penyuluhan pertanian modern perlu mengadopsi pendekatan hybrid extension systems yang menggabungkan keunggulan teknologi digital dengan kekuatan interaksi interpersonal dalam komunitas pedesaan. Pendekatan ini memungkinkan penyuluhan pertanian memanfaatkan keunggulan kecepatan dan skalabilitas teknologi digital sekaligus mempertahankan kualitas komunikasi interpersonal yang menjadi fondasi penting dalam proses pembelajaran dan perubahan perilaku petani.

Analisis Metode Tradisional: Legitimasi Sosial, Kepercayaan, dan Validasi Interpersonal dalam Penyuluhan Lapangan

Meskipun perkembangan teknologi digital telah menciptakan berbagai inovasi dalam sistem penyuluhan pertanian, metode penyuluhan tradisional yang berbasis interaksi langsung antara penyuluh dan petani tetap memainkan peran penting dalam proses difusi inovasi pertanian. Dalam literatur sosiologi komunikasi pedesaan, interaksi interpersonal dipandang sebagai mekanisme komunikasi yang memiliki kekuatan sosial yang lebih besar dibandingkan komunikasi berbasis media massa atau teknologi digital. Hal ini terutama disebabkan oleh kemampuan komunikasi tatap muka untuk membangun hubungan sosial yang kuat, menciptakan kepercayaan, serta memungkinkan proses pembelajaran yang kontekstual dan adaptif.

Dalam sistem penyuluhan tradisional, penyuluh tidak hanya berperan sebagai penyampai informasi teknis tetapi juga sebagai mediator sosial yang membantu petani memahami, mengevaluasi, dan mengadaptasi inovasi teknologi sesuai dengan kondisi lokal mereka. Ragasa dkk. (2021) interaksi langsung antara penyuluh dan petani memainkan peran penting dalam membangun legitimasi sosial terhadap teknologi baru. Ketika informasi disampaikan melalui hubungan interpersonal yang terpercaya, petani cenderung lebih yakin terhadap keandalan teknologi tersebut.

Kepercayaan sebagai Fondasi Difusi Inovasi

Konsep kepercayaan (*trust*) merupakan salah satu elemen kunci dalam literatur difusi inovasi. Dalam masyarakat pedesaan yang memiliki struktur sosial berbasis komunitas, keputusan untuk mengadopsi teknologi baru sering kali tidak hanya didasarkan pada pertimbangan rasional mengenai manfaat ekonomi tetapi juga pada tingkat kepercayaan terhadap sumber informasi.

Studi mengenai sistem penyuluhan pertanian menunjukkan bahwa petani cenderung lebih mempercayai informasi yang diperoleh melalui interaksi langsung dengan penyuluh atau petani lain yang mereka kenal dibandingkan dengan informasi yang diperoleh melalui media digital atau sumber anonim. Kepercayaan ini terbentuk melalui proses interaksi sosial yang berkelanjutan di mana penyuluh menunjukkan kompetensi teknis serta komitmen terhadap kesejahteraan komunitas petani.

Mahlangu dkk. (2021) tingkat kepercayaan antara penyuluh dan petani memiliki pengaruh signifikan terhadap keberhasilan program penyuluhan. Dalam konteks ini, kunjungan lapangan secara rutin tidak hanya berfungsi sebagai sarana penyampaian informasi teknis tetapi juga sebagai mekanisme membangun hubungan sosial yang memperkuat kepercayaan petani terhadap sistem penyuluhan.

A. Legitimasi Sosial dalam Sistem Penyuluhan

Selain membangun kepercayaan, interaksi interpersonal dalam penyuluhan tradisional juga memainkan peran penting dalam menciptakan legitimasi sosial terhadap inovasi pertanian. Legitimasi sosial merujuk pada tingkat penerimaan suatu inovasi dalam komunitas sosial

tertentu. Teknologi baru yang diperkenalkan kepada petani sering kali menghadapi resistensi awal karena dianggap tidak sesuai dengan praktik produksi yang telah lama digunakan.

Melalui proses komunikasi interpersonal, penyuluh dapat membantu menjelaskan manfaat teknologi baru serta menyesuaikan rekomendasi teknis dengan kondisi lokal. Diskusi kelompok tani, demonstrasi lapangan, serta kunjungan individu memungkinkan petani untuk mengajukan pertanyaan, menyampaikan kekhawatiran, serta memperoleh penjelasan yang lebih mendalam mengenai teknologi yang diperkenalkan. Proses dialog ini penting karena memungkinkan petani untuk mengevaluasi teknologi baru secara kolektif dalam komunitas mereka. Ketika inovasi teknologi memperoleh legitimasi sosial melalui diskusi kelompok, tingkat adopsinya cenderung meningkat secara signifikan.

B. *Farmer Field School* sebagai Model Pembelajaran Partisipatif

Salah satu metode penyuluhan tradisional yang banyak diakui dalam literatur pembangunan pertanian adalah *Farmer Field School* (FFS). Metode ini dikembangkan sebagai pendekatan pembelajaran partisipatif yang menempatkan petani sebagai aktor utama dalam proses pembelajaran. Dalam program *Farmer Field School*, petani belajar melalui observasi langsung terhadap kondisi tanaman di lapangan serta melakukan eksperimen sederhana untuk memahami berbagai aspek ekologi pertanian. Proses pembelajaran ini biasanya berlangsung dalam kelompok kecil yang difasilitasi oleh penyuluh atau fasilitator lapangan.

Pendekatan ini berbeda dengan metode penyuluhan konvensional yang sering bersifat satu arah. Dalam *Farmer Field School*, petani tidak hanya menerima informasi tetapi juga terlibat secara aktif dalam proses analisis dan pengambilan keputusan. Interaksi intensif antara petani dalam kelompok belajar menciptakan lingkungan sosial yang mendukung pertukaran pengetahuan dan pengalaman. Pendekatan *Farmer Field School* memiliki dampak positif terhadap peningkatan kapasitas petani dalam memahami dinamika ekosistem pertanian serta mengelola risiko produksi. Selain itu, metode ini juga memperkuat jaringan sosial dalam komunitas petani yang dapat mempercepat difusi inovasi pertanian.

C. Validasi Interpersonal terhadap Informasi Teknologi

Salah satu keunggulan utama komunikasi tatap muka dalam penyuluhan adalah kemampuannya menyediakan mekanisme validasi interpersonal terhadap informasi teknologi. Dalam konteks pertanian, banyak teknologi baru yang memerlukan penyesuaian dengan kondisi lokal seperti jenis tanah, iklim, serta sistem produksi yang digunakan oleh petani. Melalui interaksi langsung dengan penyuluh, petani dapat memperoleh penjelasan yang lebih spesifik mengenai bagaimana teknologi tersebut dapat diterapkan dalam kondisi mereka. Penyuluh juga dapat melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi lahan petani dan memberikan rekomendasi yang lebih kontekstual dibandingkan dengan informasi generik yang tersedia melalui platform digital.

Proses validasi interpersonal ini sangat penting dalam mengurangi ketidakpastian yang sering dihadapi petani dalam mengadopsi teknologi baru. Ketika petani memperoleh konfirmasi langsung dari penyuluh atau petani lain yang telah mencoba teknologi tersebut, tingkat kepercayaan terhadap inovasi tersebut meningkat.

D. Dimensi Modal Sosial dalam Penyuluhan Tradisional

Interaksi interpersonal dalam sistem penyuluhan juga berkontribusi terhadap pembangunan modal sosial dalam komunitas pedesaan. Modal sosial merujuk pada jaringan hubungan sosial, norma, serta tingkat kepercayaan yang memungkinkan individu dalam suatu komunitas bekerja sama untuk mencapai tujuan bersama. Dalam konteks pertanian, modal sosial memainkan peran penting dalam mempercepat difusi inovasi. Ketika hubungan sosial antara petani kuat, informasi mengenai teknologi baru dapat menyebar lebih cepat melalui jaringan komunikasi informal dalam komunitas.

Program penyuluhan yang melibatkan kelompok tani dan *Farmer Field School* sering kali berkontribusi terhadap penguatan modal sosial ini. Interaksi rutin antara petani dalam kegiatan pelatihan menciptakan hubungan sosial yang lebih erat serta meningkatkan solidaritas dalam komunitas. Modal sosial yang kuat juga meningkatkan kapasitas

komunitas petani dalam menghadapi berbagai tantangan seperti perubahan iklim, fluktuasi harga pasar, serta serangan hama dan penyakit tanaman.

E. Keterbatasan Metode Penyuluhan Tradisional

Meskipun memiliki berbagai keunggulan dalam membangun kepercayaan dan legitimasi sosial, metode penyuluhan tradisional juga memiliki keterbatasan. Salah satu keterbatasan utama adalah keterbatasan jangkauan layanan akibat keterbatasan jumlah penyuluh dan luasnya wilayah pedesaan yang harus dilayani. Selain itu, penyuluhan berbasis interaksi tatap muka sering memerlukan biaya operasional yang relatif tinggi, terutama untuk kegiatan kunjungan lapangan dan pelatihan kelompok. Dalam banyak sistem penyuluhan nasional, keterbatasan anggaran pemerintah menjadi hambatan dalam memperluas cakupan layanan penyuluhan kepada seluruh petani.

Keterbatasan ini menunjukkan bahwa metode penyuluhan tradisional tidak selalu mampu menjangkau petani dalam skala besar secara efisien. Oleh karena itu, integrasi dengan teknologi digital menjadi penting dalam meningkatkan kapasitas sistem penyuluhan secara keseluruhan.

F. Implikasi bagi Sistem Penyuluhan Modern

Analisis ini menunjukkan bahwa metode penyuluhan tradisional memiliki keunggulan utama dalam membangun kepercayaan sosial, legitimasi inovasi, serta pembelajaran kontekstual bagi petani. Namun keterbatasan dalam hal jangkauan dan efisiensi biaya membuat metode ini sulit diterapkan secara eksklusif dalam sistem penyuluhan modern.

Sebaliknya, teknologi digital memiliki keunggulan dalam hal skalabilitas dan kecepatan penyampaian informasi tetapi sering kali tidak mampu menggantikan kualitas interaksi interpersonal yang menjadi fondasi penting dalam proses perubahan perilaku petani. Dengan demikian, sistem penyuluhan pertanian modern perlu mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut melalui model hybrid extension systems yang menggabungkan keunggulan teknologi digital dengan kekuatan komunikasi interpersonal dalam komunitas pedesaan.

Paradoks "*Speed vs trust*": Ketika Kecepatan Digital Tidak Selalu Menghasilkan Perubahan Perilaku

Perkembangan teknologi digital dalam sektor pertanian telah meningkatkan kecepatan penyebaran informasi kepada petani secara signifikan. Melalui platform digital seperti aplikasi *mobile*, sistem pesan singkat, serta media sosial, petani dapat memperoleh informasi mengenai cuaca, harga pasar, dan praktik budidaya secara hampir instan. Namun, peningkatan kecepatan akses informasi tidak selalu diikuti oleh peningkatan tingkat adopsi inovasi pertanian di tingkat petani.

Fenomena ini menciptakan paradoks yang sering disebut dalam literatur komunikasi pembangunan sebagai paradoks "*speed vs trust*", yaitu kondisi di mana sistem komunikasi yang sangat cepat tidak selalu menghasilkan perubahan perilaku jika tidak didukung oleh hubungan sosial yang kuat antara sumber informasi dan penerima informasi. Dalam konteks penyuluhan pertanian, paradoks ini menunjukkan bahwa teknologi digital yang mampu menyampaikan informasi secara *real-time* tidak selalu mampu menggantikan fungsi sosial dari komunikasi interpersonal antara penyuluh dan petani.

Kecepatan Informasi dalam Era Digital. Dalam sistem penyuluhan digital, kecepatan menjadi salah satu keunggulan utama teknologi komunikasi modern. Informasi yang sebelumnya membutuhkan waktu berminggu-minggu untuk disebarkan melalui jaringan penyuluhan konvensional kini dapat disampaikan kepada ribuan petani dalam hitungan detik melalui platform digital.

Fabregas dkk. (2019) teknologi digital memungkinkan distribusi informasi pembangunan dalam skala besar dengan biaya yang relatif rendah. Dalam konteks pertanian, platform digital memungkinkan petani memperoleh informasi mengenai teknik budidaya terbaru, kondisi cuaca, serta peluang pasar secara cepat dan efisien. Selain itu, teknologi digital juga memungkinkan penyampaian informasi yang lebih personal melalui sistem rekomendasi berbasis data. Algoritma kecerdasan buatan dapat menganalisis kondisi tanah, pola cuaca, serta jenis tanaman untuk memberikan rekomendasi teknis yang lebih spesifik kepada petani.

Dalam teori komunikasi informasi, sistem komunikasi yang cepat sering dianggap lebih efisien karena mampu mengurangi keterlambatan informasi yang dapat menyebabkan kerugian ekonomi bagi pengguna. Dalam sektor pertanian, akses cepat terhadap informasi cuaca atau harga pasar dapat membantu petani mengambil keputusan produksi yang lebih optimal.

Namun demikian, kecepatan informasi tidak selalu menjamin efektivitas komunikasi dalam konteks perubahan perilaku sosial.

A. Keterbatasan Kecepatan Informasi dalam Mengubah Perilaku

Dalam literatur difusi inovasi, keputusan untuk mengadopsi teknologi baru sering kali dipengaruhi oleh faktor sosial yang lebih kompleks daripada sekadar akses informasi. Rogers (2003) menjelaskan bahwa proses adopsi inovasi biasanya melalui beberapa tahap, yaitu pengetahuan, persuasi, keputusan, implementasi, dan konfirmasi. Dalam proses ini, tahap persuasi dan konfirmasi sering kali dipengaruhi oleh interaksi sosial dengan individu lain dalam komunitas. Informasi digital yang disampaikan melalui platform teknologi sering kali hanya memenuhi tahap pertama, yaitu penyampaian pengetahuan. Namun untuk mencapai tahap persuasi dan keputusan adopsi, petani biasanya memerlukan validasi sosial melalui diskusi dengan penyuluh atau petani lain yang mereka percayai.

Ragasa dkk. (2021) tingkat kepercayaan terhadap sumber informasi merupakan faktor penting dalam menentukan apakah petani akan mengadopsi teknologi baru. Informasi yang berasal dari sumber yang tidak dikenal atau tidak dipercaya sering kali diabaikan oleh petani meskipun informasi tersebut akurat secara teknis. Hal ini menjelaskan mengapa banyak program penyuluhan digital yang berhasil dalam meningkatkan akses informasi tetapi tidak selalu menghasilkan perubahan perilaku yang signifikan di tingkat petani.

B. *High-tech vs high-touch* dalam Komunikasi Pembangunan

Paradoks "*speed vs trust*" sering dijelaskan melalui konsep *high-tech vs high-touch* dalam komunikasi pembangunan. Konsep ini menggambarkan perbedaan antara sistem komunikasi berbasis teknologi yang cepat dan sistem komunikasi berbasis interaksi manusia yang lebih lambat tetapi memiliki kedalaman sosial yang lebih besar. Dalam pendekatan high-tech, teknologi digital digunakan untuk menyebarkan informasi kepada pengguna dalam skala besar dengan efisiensi tinggi. Pendekatan ini menekankan kecepatan, skalabilitas, serta aksesibilitas informasi. Sebaliknya, pendekatan *high-touch* menekankan pentingnya interaksi interpersonal dalam proses komunikasi. Dalam sistem ini, hubungan sosial antara penyuluh dan petani memainkan peran penting dalam membangun kepercayaan serta memastikan bahwa informasi yang disampaikan dapat dipahami dan diterapkan secara efektif.

Steinke dkk. (2021) interaksi interpersonal dalam sistem penyuluhan sering kali berfungsi sebagai mekanisme pembelajaran yang memungkinkan petani menyesuaikan teknologi dengan kondisi lokal mereka. Diskusi langsung dengan penyuluh memungkinkan petani untuk mengajukan pertanyaan, mendiskusikan pengalaman, serta memperoleh rekomendasi teknis yang lebih kontekstual.

C. Modal Sosial sebagai Faktor Penentu Adopsi Inovasi

Dalam masyarakat pedesaan, proses difusi inovasi sering kali dipengaruhi oleh jaringan hubungan sosial yang kuat. Modal sosial dalam komunitas petani menciptakan lingkungan komunikasi di mana informasi dapat menyebar melalui interaksi informal antara anggota komunitas. Ketika teknologi baru diperkenalkan, petani sering kali menunggu untuk melihat hasil yang diperoleh oleh petani lain sebelum memutuskan untuk mengadopsinya. Proses observasi sosial ini menciptakan mekanisme pembelajaran kolektif yang tidak dapat sepenuhnya digantikan oleh informasi digital.

Mehrabi dkk. (2021) transformasi digital dalam sektor pertanian harus mempertimbangkan dimensi sosial dari inovasi teknologi. Tanpa integrasi dengan jaringan sosial lokal, teknologi digital berpotensi hanya memberikan manfaat bagi kelompok petani yang sudah memiliki akses terhadap sumber daya dan informasi.

D. Integrasi Kecepatan dan Kepercayaan

Paradoks "*speed vs trust*" menunjukkan bahwa sistem penyuluhan pertanian modern perlu mengintegrasikan keunggulan teknologi digital dengan kekuatan komunikasi interpersonal dalam komunitas pedesaan. Teknologi digital dapat meningkatkan kecepatan dan jangkauan penyampaian informasi, tetapi interaksi sosial tetap diperlukan untuk membangun kepercayaan dan memastikan bahwa informasi tersebut dapat diterapkan secara efektif.

Pendekatan yang mengintegrasikan kedua dimensi ini sering disebut sebagai hybrid extension systems, yaitu sistem penyuluhan yang menggabungkan teknologi digital dengan metode penyuluhan konvensional. Dalam sistem ini, teknologi digital digunakan untuk menyediakan informasi dasar secara cepat dan luas, sementara penyuluh lapangan membantu petani dalam memahami dan menerapkan teknologi tersebut dalam konteks lokal. Pendekatan hibrid ini memungkinkan sistem penyuluhan memanfaatkan keunggulan kecepatan teknologi digital tanpa kehilangan kualitas hubungan sosial yang menjadi fondasi penting dalam proses pembelajaran dan perubahan perilaku petani.

E. Implikasi bagi Desain Sistem Penyuluhan

Analisis mengenai paradoks "*speed vs trust*" memiliki implikasi penting bagi desain sistem penyuluhan pertanian modern. Program digitalisasi penyuluhan tidak boleh hanya berfokus pada pengembangan platform teknologi tetapi juga perlu memperhatikan aspek sosial dari komunikasi pembangunan. Investasi dalam teknologi digital perlu diimbangi dengan penguatan kapasitas penyuluh lapangan serta pengembangan jaringan sosial dalam komunitas petani. Dengan demikian, sistem penyuluhan dapat memanfaatkan keunggulan teknologi digital sekaligus mempertahankan kualitas interaksi sosial yang diperlukan untuk mendorong perubahan perilaku yang berkelanjutan. Paradoks ini menunjukkan bahwa masa depan penyuluhan pertanian bukan terletak pada dominasi teknologi digital atau metode tradisional secara eksklusif, tetapi pada integrasi keduanya dalam sistem komunikasi pembangunan yang lebih adaptif dan inklusif.

Analisis Kesenjangan Literasi: Hambatan Kognitif dalam Efektivitas Penyuluhan Digital

Meskipun teknologi digital menawarkan berbagai keunggulan dalam hal kecepatan penyebaran informasi dan jangkauan layanan penyuluhan, efektivitas teknologi tersebut sangat bergantung pada kemampuan pengguna untuk memahami dan memanfaatkan informasi yang disampaikan. Dalam konteks pertanian, kemampuan ini sering kali dibatasi oleh tingkat literasi umum, literasi digital, serta kapasitas kognitif petani dalam memproses informasi teknis yang kompleks.

Literatur mengenai digital *agriculture* menunjukkan bahwa kesenjangan literasi merupakan salah satu hambatan utama dalam implementasi penyuluhan berbasis teknologi. Ndimbo dkk. (2024)menunjukkan bahwa banyak petani kecil di negara berkembang mengalami kesulitan dalam memahami informasi digital karena keterbatasan literasi teknis serta kurangnya pengalaman dalam menggunakan perangkat digital. Hambatan ini menyebabkan teknologi digital yang secara teoritis mampu meningkatkan akses informasi justru tidak selalu menghasilkan peningkatan adopsi teknologi pertanian di tingkat petani.

A. Literasi Digital dalam Sistem Penyuluhan Pertanian

Literasi digital merujuk pada kemampuan individu untuk menggunakan teknologi komunikasi digital secara efektif, termasuk kemampuan mengakses, memahami, mengevaluasi, dan memanfaatkan informasi yang tersedia melalui platform digital. Dalam konteks penyuluhan pertanian, literasi digital menjadi prasyarat penting bagi petani untuk dapat memanfaatkan layanan informasi berbasis teknologi. Namun, tingkat literasi digital di wilayah pedesaan sering kali masih relatif rendah dibandingkan dengan wilayah perkotaan. Petani kecil yang memiliki tingkat pendidikan formal terbatas sering mengalami kesulitan dalam menggunakan aplikasi *mobile* atau memahami informasi teknis yang disampaikan melalui platform digital.

Marvin & Bouzembrak, (2020) menjelaskan bahwa kesenjangan literasi digital dapat menciptakan fenomena yang disebut digital divide, yaitu perbedaan kemampuan akses dan penggunaan teknologi antara kelompok masyarakat yang memiliki sumber daya lebih baik

dan kelompok masyarakat yang kurang beruntung secara ekonomi maupun pendidikan. Dalam konteks pertanian, kesenjangan digital ini dapat menyebabkan manfaat teknologi digital hanya dirasakan oleh sebagian kecil petani yang memiliki akses terhadap pendidikan dan perangkat teknologi yang memadai.

B. Kompleksitas Informasi Teknologi Pertanian

Selain literasi digital, kompleksitas informasi pertanian juga menjadi faktor penting yang mempengaruhi efektivitas komunikasi digital. Banyak teknologi pertanian modern yang melibatkan konsep teknis yang relatif kompleks seperti manajemen nutrisi tanaman, pengendalian hama terpadu, serta penggunaan teknologi presisi dalam pengelolaan lahan. Informasi mengenai teknologi tersebut sering disampaikan melalui platform digital dalam bentuk teks atau data numerik yang memerlukan kemampuan interpretasi yang cukup tinggi. Bagi petani dengan tingkat literasi rendah, informasi ini dapat sulit dipahami tanpa bantuan penjelasan langsung dari penyuluh.

Ndimbo dkk. (2024) petani sering mengalami kesulitan dalam menerjemahkan rekomendasi teknis digital menjadi praktik produksi yang konkret di lapangan. Tanpa interaksi langsung dengan penyuluh atau fasilitator lapangan, informasi digital sering kali tetap berada pada tingkat pengetahuan teoritis tanpa diimplementasikan dalam praktik produksi.

C. Beban Kognitif dalam Proses Pembelajaran

Dalam teori psikologi pendidikan, konsep cognitive load atau beban kognitif menjelaskan bahwa individu memiliki kapasitas terbatas dalam memproses informasi baru. Ketika informasi yang diterima terlalu kompleks atau terlalu banyak dalam waktu yang singkat, individu dapat mengalami kesulitan dalam memahami dan mengingat informasi tersebut. Dalam konteks penyuluhan digital, informasi sering disampaikan dalam format yang padat dan cepat melalui pesan singkat atau notifikasi aplikasi. Meskipun metode ini efisien dalam hal distribusi informasi, format komunikasi tersebut tidak selalu memberikan ruang bagi petani untuk memproses informasi secara mendalam.

Sebaliknya, metode penyuluhan tatap muka memungkinkan penyuluh untuk menjelaskan informasi secara bertahap serta menyesuaikan penjelasan dengan tingkat pemahaman petani. Interaksi langsung juga memungkinkan petani untuk mengajukan pertanyaan dan memperoleh klarifikasi mengenai informasi yang belum mereka pahami.

D. Peran Interaksi Sosial dalam Mengatasi Hambatan Literasi

Interaksi sosial memainkan peran penting dalam membantu petani mengatasi hambatan literasi dalam proses pembelajaran teknologi pertanian. Melalui diskusi kelompok tani atau kegiatan sekolah lapang, petani dapat saling berbagi pengalaman serta membantu satu sama lain dalam memahami teknologi baru. Steinke dkk. (2021) pendekatan pembelajaran kolektif dalam komunitas petani dapat meningkatkan kemampuan petani dalam memahami informasi teknis yang kompleks. Proses pem-belajaran sosial ini memungkinkan petani dengan tingkat literasi lebih tinggi membantu petani lain dalam memahami informasi yang disampaikan melalui sistem penyuluhan.

Selain itu, interaksi dengan penyuluh lapangan juga membantu petani menerjemahkan informasi digital menjadi praktik produksi yang sesuai dengan kondisi lokal mereka. Penyuluh dapat memberikan contoh konkret serta melakukan demonstrasi langsung mengenai cara menerapkan teknologi baru di lapangan.

E. Kesenjangan Literasi dan Ketimpangan Inovasi

Kesenjangan literasi dalam sistem penyuluhan digital juga dapat menciptakan ketimpangan dalam akses terhadap inovasi pertanian. Petani yang memiliki tingkat pendidikan lebih tinggi atau pengalaman menggunakan teknologi digital cenderung lebih cepat mengadopsi inovasi yang disampaikan melalui platform digital. Sebaliknya, petani dengan tingkat literasi rendah sering tertinggal dalam proses difusi inovasi. Ketimpangan ini dapat memperlebar kesenjangan produktivitas antara kelompok petani yang memiliki akses terhadap teknologi dan kelompok petani yang tidak.

Mehrabi dkk. (2021) digitalisasi pertanian berpotensi menciptakan pola inovasi yang tidak merata jika tidak disertai dengan kebijakan yang mendukung peningkatan kapasitas pengguna teknologi di tingkat petani.

F. Integrasi Literasi Digital dalam Sistem Penyuluhan

Untuk mengatasi kesenjangan literasi dalam sistem penyuluhan digital, diperlukan strategi yang mengintegrasikan pengembangan teknologi dengan peningkatan kapasitas pengguna. Program pelatihan literasi digital bagi petani dapat membantu meningkatkan kemampuan mereka dalam menggunakan perangkat teknologi serta memahami informasi yang tersedia melalui platform digital. Selain itu, desain aplikasi pertanian juga perlu mempertimbangkan keterbatasan literasi pengguna dengan menggunakan antarmuka yang sederhana serta memanfaatkan media visual seperti gambar dan video untuk menyampaikan informasi teknis.

Pendekatan lain yang dapat digunakan adalah integrasi antara penyuluhan digital dan penyuluhan lapangan melalui model hybrid extension systems. Dalam pendekatan ini, teknologi digital digunakan untuk menyediakan informasi dasar, sementara penyuluh lapangan membantu petani memahami dan menerapkan informasi tersebut melalui interaksi langsung.

G. Implikasi bagi Sistem Penyuluhan Masa Depan

Analisis mengenai kesenjangan literasi menunjukkan bahwa keberhasilan digitalisasi penyuluhan tidak hanya bergantung pada ketersediaan teknologi tetapi juga pada kemampuan pengguna untuk memanfaatkan teknologi tersebut secara efektif. Tanpa upaya untuk meningkatkan literasi digital petani, teknologi digital berpotensi hanya memberikan manfaat bagi kelompok pengguna yang sudah memiliki kapasitas teknologi yang lebih tinggi.

Oleh karena itu, sistem penyuluhan pertanian masa depan perlu mengintegrasikan pendekatan teknologi dengan strategi pembangunan kapasitas manusia. Integrasi ini memungkinkan teknologi digital digunakan sebagai alat untuk memperluas akses informasi sekaligus memastikan bahwa informasi tersebut dapat dipahami dan diterapkan oleh seluruh kelompok petani.

Sintesis Dikotomi: *Blind Spots Digital* dan Tradisional dalam Sistem Penyuluhan Pertanian

Pembahasan pada sub-bab ini menunjukkan bahwa sistem penyuluhan pertanian modern berada dalam persimpangan antara dua paradigma komunikasi yang memiliki karakteristik yang sangat berbeda. Di satu sisi, teknologi digital menawarkan kemampuan untuk menyebarkan informasi secara cepat dan luas kepada petani melalui berbagai platform komunikasi berbasis internet dan telepon seluler. Di sisi lain, metode penyuluhan tradisional yang berbasis interaksi tatap muka tetap memiliki kekuatan sosial yang sulit digantikan oleh teknologi digital.

Analisis terhadap kedua pendekatan ini menunjukkan bahwa masing-masing memiliki keunggulan sekaligus keterbatasan struktural. Dalam konteks ini, konsep blind spots menjadi penting untuk memahami mengapa tidak ada satu metode penyuluhan yang mampu secara sempurna menjawab seluruh kebutuhan komunikasi pembangunan di sektor pertanian.

Blind Spots dalam Sistem Penyuluhan Digital

Sistem penyuluhan berbasis teknologi digital memiliki keunggulan utama dalam hal kecepatan penyebaran informasi dan kemampuan menjangkau petani dalam skala besar. Platform digital memungkinkan penyediaan informasi pasar, prakiraan cuaca, serta rekomendasi teknis secara *real-time* kepada petani yang tersebar di berbagai wilayah geografis. Namun demikian, keunggulan ini sering disertai dengan keterbatasan dalam hal kedalaman komunikasi sosial. Informasi yang disampaikan melalui platform digital cenderung bersifat generik dan tidak selalu mempertimbangkan kondisi sosial maupun ekologis yang spesifik di tingkat lokal. Selain itu, komunikasi digital sering kali bersifat impersonal sehingga tidak mampu membangun hubungan kepercayaan yang kuat antara penyedia informasi dan pengguna.

Mehrabi dkk. (2021) digitalisasi pertanian dapat meningkatkan akses terhadap informasi tetapi tidak secara otomatis meningkatkan adopsi inovasi jika tidak diimbangi dengan mekanisme pembelajaran sosial yang memungkinkan petani mengevaluasi dan memvalidasi informasi tersebut dalam konteks komunitas mereka. Selain itu, kesenjangan literasi digital

juga menjadi salah satu blind spot utama dalam sistem penyuluhan digital. Petani dengan tingkat literasi rendah sering mengalami kesulitan dalam memahami informasi teknis yang disampaikan melalui platform digital, sehingga manfaat teknologi tersebut tidak dapat dirasakan secara merata oleh seluruh kelompok petani.

A. *Blind Spots* dalam Sistem Penyuluhan Tradisional

Sebaliknya, metode penyuluhan tradisional memiliki kekuatan utama dalam membangun hubungan sosial yang mendalam antara penyuluh dan petani. Interaksi tatap muka memungkinkan penyuluh memahami kondisi lokal petani serta memberikan rekomendasi teknis yang lebih kontekstual. Proses komunikasi interpersonal juga memungkinkan terciptanya hubungan kepercayaan yang menjadi fondasi penting dalam difusi inovasi pertanian.

Namun demikian, metode penyuluhan tradisional juga memiliki keterbatasan yang signifikan, terutama dalam hal skalabilitas dan efisiensi biaya. Sistem penyuluhan yang bergantung sepenuhnya pada interaksi tatap muka sering kali tidak mampu menjangkau seluruh petani dalam wilayah yang luas karena keterbatasan jumlah penyuluh serta biaya operasional yang tinggi.

Steinke dkk. (2021) sistem penyuluhan konvensional sering menghadapi keterbatasan kapasitas dalam menyediakan layanan yang berkelanjutan bagi petani kecil di wilayah pedesaan terpencil. Keterbatasan ini menyebabkan banyak petani tidak memperoleh akses terhadap informasi teknologi yang mereka butuhkan untuk meningkatkan produktivitas. Selain itu, metode penyuluhan tradisional juga sering menghadapi tantangan dalam menyediakan informasi yang cepat mengenai perubahan kondisi pasar atau iklim yang dapat mempengaruhi keputusan produksi petani.

B. Modal Sosial sebagai Fondasi Komunikasi Pembangunan Pedesaan

Dalam konteks masyarakat pedesaan, modal sosial memainkan peran penting dalam menentukan efektivitas sistem penyuluhan. Modal sosial merujuk pada jaringan hubungan sosial, norma, serta tingkat kepercayaan yang memungkinkan anggota komunitas bekerja sama dalam mencapai tujuan bersama. Dalam sistem penyuluhan pertanian, modal sosial memfasilitasi pertukaran pengetahuan antara petani melalui jaringan komunikasi informal. Ketika hubungan sosial dalam komunitas kuat, informasi mengenai teknologi baru dapat menyebar lebih cepat melalui interaksi antarpetani.

Ragasa dkk. (2021) tingkat kepercayaan dalam komunitas petani memiliki pengaruh signifikan terhadap keberhasilan program penyuluhan. Petani cenderung lebih percaya terhadap informasi yang diperoleh melalui jaringan sosial mereka dibandingkan dengan informasi yang berasal dari sumber yang tidak mereka kenal. Modal sosial ini menjelaskan mengapa pendekatan komunikasi interpersonal dalam penyuluhan sering lebih efektif dalam mendorong perubahan perilaku dibandingkan dengan komunikasi berbasis teknologi yang bersifat impersonal.

C. *Hybrid Extension* sebagai Solusi Integratif

Analisis mengenai blind spots dalam sistem penyuluhan digital dan tradisional menunjukkan bahwa masa depan penyuluhan pertanian tidak terletak pada dominasi salah satu pendekatan secara eksklusif. Sebaliknya, solusi yang paling efektif adalah integrasi antara teknologi digital dan komunikasi interpersonal dalam model *hybrid extension systems*. Dalam sistem penyuluhan hibrid, teknologi digital digunakan untuk meningkatkan aksesibilitas informasi serta memperluas jangkauan layanan penyuluhan. Informasi dasar mengenai teknik budidaya, kondisi cuaca, serta harga pasar dapat disampaikan kepada petani melalui platform digital secara cepat dan efisien.

Sementara itu, penyuluh lapangan tetap memainkan peran penting dalam membantu petani memahami dan menerapkan informasi tersebut dalam praktik produksi. Interaksi tatap muka memungkinkan penyuluh memberikan penjelasan yang lebih mendalam serta menyesuaikan rekomendasi teknis dengan kondisi lokal.

Marvin & Bouzembrak, (2020) menekankan bahwa sistem inovasi pertanian modern perlu mengintegrasikan berbagai sumber pengetahuan dalam jaringan komunikasi yang saling melengkapi. Dalam konteks ini, teknologi digital tidak menggantikan peran penyuluh tetapi memperluas kapasitas sistem penyuluhan secara keseluruhan.

D. Implikasi Teoritis bagi Sosiologi Penyuluhan

Dari perspektif sosiologi komunikasi pembangunan, dikotomi antara aksesibilitas *real-time* dan kedalaman interaksi personal mencerminkan dinamika yang lebih luas dalam proses difusi inovasi di masyarakat pedesaan. Teknologi digital menciptakan peluang baru dalam penyebaran informasi tetapi tidak dapat sepenuhnya menggantikan mekanisme sosial yang menjadi fondasi pembelajaran kolektif dalam komunitas petani. Oleh karena itu, analisis mengenai sistem penyuluhan pertanian perlu mengintegrasikan perspektif teknologi dengan analisis mengenai struktur sosial dan jaringan komunikasi dalam masyarakat pedesaan. Pendekatan multidimensional ini memungkinkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan difusi inovasi pertanian.

E. Kesimpulan

Secara keseluruhan, analisis dalam sub-bab ini menunjukkan bahwa baik sistem penyuluhan digital maupun metode penyuluhan tradisional memiliki keunggulan sekaligus keterbatasan yang tidak dapat diabaikan. Teknologi digital menawarkan kecepatan dan jangkauan informasi yang luas, sementara komunikasi interpersonal memberikan kedalaman interaksi sosial yang penting dalam membangun kepercayaan dan mendorong perubahan perilaku.

Dengan demikian, sistem penyuluhan pertanian masa depan perlu mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut dalam model komunikasi pembangunan yang lebih adaptif. Integrasi antara teknologi digital dan interaksi sosial memungkinkan sistem penyuluhan memanfaatkan keunggulan masing-masing pendekatan sekaligus mengatasi blind spots yang dimiliki oleh masing-masing metode. Pendekatan hibrid ini tidak hanya meningkatkan efektivitas penyuluhan tetapi juga memperkuat kapasitas komunitas petani dalam menghadapi berbagai tantangan transformasi pertanian di era digital.

Metodologi Skoring Efektivitas Multidimensi

Evaluasi efektivitas sistem penyuluhan pertanian dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menggunakan pendekatan multi-dimensional scoring framework yang dikembangkan dari sintesis temuan 80 artikel dalam *Systematic Literature Review* (SLR). Pendekatan ini bertujuan untuk mengkuantifikasi berbagai dimensi efektivitas penyuluhan dengan menggunakan skala skor ordinal 1–5 yang mencerminkan tingkat kekuatan bukti empiris pada setiap indikator efektivitas. Pendekatan skoring multidimensi ini didasarkan pada prinsip bahwa efektivitas penyuluhan tidak dapat diukur melalui satu indikator tunggal. Sistem penyuluhan pertanian mempengaruhi berbagai aspek dalam sistem produksi pertanian, mulai dari peningkatan pengetahuan petani, perubahan perilaku adopsi teknologi, peningkatan produktivitas, hingga dampak sosial dan ekonomi pada rumah tangga petani. Oleh karena itu, evaluasi efektivitas penyuluhan perlu mempertimbangkan berbagai dimensi secara simultan.

Pendekatan evaluasi berbasis indikator multidimensi telah banyak digunakan dalam studi pembangunan pertanian untuk mengukur dampak program penyuluhan dan inovasi teknologi. Asrat dkk., (2023) menunjukkan bahwa pendekatan multi-indikator memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai efektivitas sistem penyuluhan dibandingkan dengan pendekatan evaluasi yang hanya berfokus pada satu indikator seperti peningkatan hasil panen.

A. Kerangka Konseptual Skoring Efektivitas

Kerangka metodologis dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*mengadopsi pendekatan evidence-weighted scoring, yaitu sistem penilaian yang menghubungkan frekuensi dan kekuatan bukti empiris dalam literatur dengan nilai skor pada setiap indikator efektivitas.

Dalam pendekatan ini, setiap indikator efektivitas diidentifikasi melalui proses coding tematik terhadap 80 artikel yang dianalisis dalam *Systematic Literature Review*. Proses coding dilakukan untuk mengidentifikasi pola temuan empiris yang berulang dalam literatur mengenai dampak penyuluhan pertanian. Setelah indikator diidentifikasi, setiap indikator kemudian diberikan skor berdasarkan dua parameter utama:

a. Frekuensi kemunculan indikator dalam literatur

Kekuatan bukti empiris yang mendukung indikator tersebut. Frekuensi kemunculan indikator menunjukkan seberapa sering indikator tersebut muncul dalam studi empiris mengenai penyuluhan pertanian. Sementara itu, kekuatan bukti empiris mengacu pada kualitas metodologi penelitian yang digunakan dalam studi yang mendukung indikator tersebut.

Alzahrani dkk. (2023) pendekatan evaluasi berbasis evidence weighting dapat meningkatkan validitas analisis komparatif dalam penelitian sistem penyuluhan karena memungkinkan peneliti mempertimbangkan kekuatan bukti empiris dalam proses penilaian indikator. Skala Penilaian 1–5 dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* digunakan skala ordinal 1–5 untuk menggambarkan tingkat efektivitas setiap indikator dalam sistem penyuluhan. Skala ini dipilih karena memberikan keseimbangan antara sensitivitas analisis dan kemudahan interpretasi hasil.

a) Skor 1 - Sangat Rendah

Skor 1 diberikan pada indikator yang memiliki dukungan empiris yang sangat terbatas dalam literatur. Indikator dengan skor ini biasanya hanya muncul dalam sejumlah kecil studi atau menunjukkan hasil yang tidak konsisten antar penelitian. Indikator yang memperoleh skor 1 umumnya menunjukkan bahwa dampak penyuluhan terhadap dimensi tersebut masih lemah atau belum dapat dibuktikan secara empiris dalam literatur yang tersedia.

b) Skor 2 - Rendah

Skor 2 menunjukkan bahwa indikator memiliki dukungan empiris yang terbatas tetapi mulai muncul secara konsisten dalam beberapa studi. Namun demikian, bukti yang tersedia masih menunjukkan variasi hasil yang cukup besar antar penelitian. Indikator dengan skor ini biasanya berkaitan dengan aspek yang dipengaruhi oleh faktor kontekstual yang kuat seperti kondisi sosial ekonomi petani atau perbedaan karakteristik wilayah.

c) Skor 3 - Moderat

Skor 3 menunjukkan bahwa indikator memiliki dukungan empiris yang cukup konsisten dalam literatur. Sebagian besar studi menunjukkan adanya hubungan positif antara sistem penyuluhan dan indikator tersebut, meskipun tingkat dampaknya dapat bervariasi antar konteks penelitian. Indikator dengan skor moderat sering kali mencerminkan dimensi efektivitas yang dipengaruhi oleh kombinasi faktor teknologi, kelembagaan, dan sosial.

d) Skor 4 - Tinggi

Skor 4 diberikan pada indikator yang memiliki dukungan empiris kuat dalam literatur. Sebagian besar studi menunjukkan dampak yang signifikan dari sistem penyuluhan terhadap indikator tersebut. Indikator dengan skor tinggi biasanya berkaitan dengan dimensi yang secara langsung dipengaruhi oleh aktivitas penyuluhan seperti peningkatan pengetahuan petani atau peningkatan akses terhadap informasi pertanian.

e) Skor 5 - Sangat Tinggi

Skor 5 menunjukkan bahwa indikator memiliki dukungan empiris yang sangat kuat dan konsisten dalam literatur. Indikator dengan skor ini muncul secara dominan dalam banyak studi dan menunjukkan hubungan yang kuat dengan efektivitas sistem penyuluhan. Indikator yang memperoleh skor maksimum biasanya merupakan dimensi inti dari sistem penyuluhan seperti peningkatan kapasitas pengetahuan petani dan adopsi teknologi pertanian.

b. Prosedur Pengkodean Data Literatur

Proses pengkodean literatur dilakukan melalui beberapa tahap sistematis untuk memastikan konsistensi dan validitas analisis.

a) Tahap pertama adalah identifikasi kata kunci yang berkaitan dengan efektivitas penyuluhan pertanian dalam setiap artikel yang dianalisis. Kata kunci ini meliputi berbagai konsep seperti *technology adoption*, *farmer knowledge*, *productivity improvement*, serta *extension interaction*.

b) Tahap kedua adalah pengelompokan indikator ke dalam kategori tematik berdasarkan kesamaan konsep. Misalnya, indikator yang berkaitan dengan peningkatan kapasitas pengetahuan petani dikelompokkan dalam kategori kognitif, sedangkan indikator yang berkaitan dengan peningkatan produktivitas dan pendapatan dikelompokkan dalam kategori ekonomi.
c) Tahap ketiga adalah penghitungan frekuensi kemunculan setiap indikator dalam literatur. Frekuensi ini kemudian digunakan sebagai dasar awal dalam menentukan nilai skor untuk setiap indikator.
d) Tahap terakhir adalah evaluasi kekuatan bukti empiris dari setiap indikator dengan mempertimbangkan metodologi penelitian yang digunakan dalam studi yang mendukung indikator tersebut. Studi dengan desain penelitian yang lebih kuat seperti eksperimen lapangan atau analisis longitudinal diberikan bobot yang lebih tinggi dalam proses penilaian.

B. Validasi Metodologi Skoring

Untuk memastikan validitas metodologi skoring yang digunakan, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mengadopsi prinsip triangulasi metodologis yang menggabungkan analisis kuantitatif dan interpretasi kualitatif terhadap temuan literatur. Triangulasi ini dilakukan dengan membandingkan hasil skoring dengan pola temuan yang muncul dalam analisis tematik literatur. Jika hasil skoring menunjukkan pola yang konsisten dengan interpretasi kualitatif literatur, maka metodologi skoring dianggap memiliki tingkat validitas yang memadai.

Selain itu, penggunaan radar *chart* dalam tahap analisis selanjutnya memungkinkan visualisasi yang lebih jelas mengenai perbedaan performa antara sistem penyuluhan digital dan tradisional pada berbagai dimensi efektivitas. Pendekatan visual ini membantu mengidentifikasi dimensi di mana masing-masing sistem penyuluhan memiliki keunggulan relatif, sekaligus memberikan dasar empiris bagi pengembangan model penyuluhan hibrid yang mengintegrasikan keunggulan kedua pendekatan tersebut.

C. Integrasi Metodologi Skoring dengan Analisis Radar *Chart*

Metodologi skoring yang telah dijelaskan dalam bagian ini menjadi dasar bagi analisis radar *chart* yang digunakan untuk memvisualisasikan efektivitas multidimensi sistem penyuluhan pertanian. Radar *chart* memungkinkan peneliti untuk membandingkan performa relatif antara penyuluhan digital dan tradisional pada berbagai indikator efektivitas secara simultan. Setiap indikator direpresentasikan sebagai sumbu dalam radar *chart*, sementara nilai skor pada masing-masing indikator menentukan posisi titik pada sumbu tersebut.

Visualisasi ini memungkinkan identifikasi pola keunggulan relatif antara kedua sistem penyuluhan. Misalnya, penyuluhan digital mungkin menunjukkan skor tinggi pada indikator kecepatan informasi dan jangkauan layanan, sementara penyuluhan tradisional mungkin menunjukkan keunggulan pada indikator kepercayaan sosial dan kepuasan petani. Dengan demikian, radar *Chart* berfungsi sebagai alat analisis yang efektif untuk memahami dinamika komplementaritas antara kedua pendekatan penyuluhan tersebut.

Matriks Skor Mentah: Perbandingan Digital vs Tradisional pada 14 Indikator Efektivitas

Setelah metodologi skoring dijelaskan pada bagian sebelumnya, langkah berikutnya dalam analisis efektivitas multidimensi adalah menyusun matriks skor mentah yang menggambarkan performa relatif sistem penyuluhan digital dan penyuluhan tradisional pada berbagai indikator efektivitas. Matriks ini dibangun berdasarkan hasil sintesis dari 80 artikel dalam *Systematic Literature Review (SLR)* yang dianalisis dalam penelitian ini. Setiap indikator efektivitas yang diidentifikasi dalam literatur kemudian diberikan skor berdasarkan sistem penilaian 1–5 yang telah dijelaskan pada bagian metodologi skoring.

Tujuan utama penyusunan matriks skor mentah ini adalah untuk menyediakan dasar kuantitatif bagi analisis visual menggunakan Radar *chart*, yang memungkinkan perbandingan performa kedua sistem penyuluhan pada berbagai dimensi efektivitas secara simultan. Pendekatan evaluasi berbasis indikator multidimensi telah banyak digunakan dalam studi evaluasi kebijakan pembangunan pertanian karena memungkinkan analisis komprehensif terhadap berbagai aspek dampak program pembangunan (Asrat dkk., 2023). Dengan

menggunakan matriks skor mentah, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* dapat mengidentifikasi pola keunggulan relatif antara sistem penyuluhan digital dan tradisional pada berbagai indikator efektivitas.

A. Identifikasi Indikator Efektivitas

Berdasarkan hasil coding tematik terhadap literatur, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mengidentifikasi 14 indikator utama yang mencerminkan berbagai dimensi efektivitas penyuluhan pertanian. Indikator-indikator tersebut mencakup aspek kognitif, perilaku, ekonomi, sosial, serta aspek operasional sistem penyuluhan. Indikator tersebut antara lain:

a. Kecepatan akses informasi
b. Jangkauan layanan penyuluhan
c. Interaksi penyuluh–petani
d. Kepercayaan terhadap sumber informasi
e. Peningkatan pengetahuan petani
f. Adopsi teknologi pertanian
g. Produktivitas pertanian
h. Pendapatan petani
i. Keterampilan teknis petani
j. Kepuasan terhadap layanan penyuluhan
k. Kualitas dialog pembelajaran
l. Efisiensi biaya layanan penyuluhan
m. Resiliensi terhadap perubahan iklim
n. Penguatan jaringan sosial petani

Indikator-indikator ini mencerminkan berbagai dimensi yang telah dibahas secara mendalam dalam

Tabel 24. Matriks Skor Mentah Efektivitas Penyuluhan Digital vs Tradisional

No	Indikator Efektivitas	Digital Extension	Traditional Extension
1	Kecepatan akses informasi	5	2
2	Jangkauan layanan	5	2
3	Interaksi penyuluh–petani	2	5
4	Kepercayaan terhadap sumber informasi	3	5
5	Peningkatan pengetahuan petani	4	4
6	Adopsi teknologi pertanian	4	4
7	Produktivitas pertanian	4	3
8	Pendapatan petani	3	3
9	Keterampilan teknis	3	5
10	Kepuasan petani	3	5
11	Kualitas dialog pembelajaran	2	5
12	Efisiensi biaya	5	2
13	Resiliensi iklim	3	3
14	Penguatan jaringan sosial	2	5

a. Pola Umum dari Matriks Skor, analisis awal terhadap matriks skor menunjukkan pola yang cukup jelas mengenai keunggulan relatif masing-masing sistem penyuluhan.
b. Keunggulan Sistem Digital, sistem penyuluhan digital menunjukkan skor tinggi pada indikator yang berkaitan dengan aksesibilitas informasi dan efisiensi sistem komunikasi, seperti:
   a) Kecepatan informasi
   b) Jangkauan layanan
   c) Efisiensi biaya

   Teknologi komunikasi digital mampu memperluas akses informasi pertanian secara signifikan dengan biaya yang relatif rendah (Marvin & Bouzembrak, 2020; Steinke dkk., 2021).

c. Keunggulan Sistem Tradisional, sistem penyuluhan tradisional menunjukkan keunggulan pada indikator yang berkaitan dengan interaksi sosial dan pembelajaran interpersonal, seperti:
   a) Kepercayaan
   b) Kualitas dialog
   c) Keterampilan teknis
   d) Kepuasan petani

   Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi tatap muka antara penyuluh dan petani masih memainkan peran penting dalam membangun hubungan sosial yang memungkinkan proses pembelajaran yang lebih mendalam. Ragasa dkk. (2017) kepercayaan terhadap penyuluh merupakan faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan difusi inovasi pertanian di tingkat petani.
d. Indikator dengan Performa Relatif Seimbang, beberapa indikator menunjukkan skor yang relatif seimbang antara kedua sistem penyuluhan, seperti:
   a) Peningkatan pengetahuan petani
   b) Adopsi teknologi
   c) Pendapatan petani
   d) Resiliensi terhadap perubahan iklim

   Keseimbangan ini menunjukkan bahwa baik penyuluhan digital maupun tradisional memiliki kontribusi terhadap dimensi-dimensi tersebut, meskipun melalui mekanisme yang berbeda. Sebagai contoh, penyuluhan digital dapat meningkatkan akses terhadap informasi teknologi pertanian, sementara penyuluhan tradisional membantu petani memahami dan menerapkan informasi tersebut dalam praktik produksi.

B. Implikasi Matriks Skor terhadap Analisis Radar *Chart*

Matriks skor mentah yang disajikan dalam tabel ini menjadi dasar bagi analisis visual menggunakan radar *chart* pada bagian selanjutnya. Dengan memplot skor setiap indikator pada sumbu radial yang berbeda, radar *chart* memungkinkan visualisasi pola keunggulan relatif antara sistem penyuluhan digital dan tradisional. Visualisasi ini akan memperlihatkan secara jelas bagaimana kedua sistem penyuluhan memiliki profil efektivitas yang berbeda tetapi saling melengkapi. Misalnya:

a. Digital unggul pada *speed* dan *reach*
b. Tradisional unggul pada *trust* dan *skill formation*

Kontras antara kedua profil ini menjadi dasar bagi argumen bahwa model penyuluhan hibrid merupakan pendekatan yang paling efektif dalam sistem penyuluhan pertanian modern.

C. Validitas Analisis Matriks

Validitas matriks skor ini dijaga melalui konsistensi antara indikator yang digunakan dalam analisis Bab 5 dengan temuan empiris yang telah dibahas dalam Bab 4. Dengan demikian, analisis radar *chart* yang dikembangkan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* tidak hanya bersifat visual tetapi juga memiliki dasar empiris yang kuat dari sintesis literatur yang telah dilakukan. Pendekatan integratif ini memungkinkan penelitian memberikan kontribusi metodologis dalam evaluasi sistem penyuluhan pertanian dengan menggabungkan *Systematic Literature Review*, skoring indikator, dan visualisasi multidimensi dalam satu kerangka analisis yang koheren.

Interpretasi Radar *Chart*: Visualisasi Efektivitas Multidimensi Penyuluhan Digital dan Tradisional

Radar *chart* merupakan salah satu teknik visualisasi data multidimensi yang sering digunakan dalam analisis komparatif ketika suatu objek dievaluasi berdasarkan sejumlah indikator yang berbeda secara simultan. Dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, radar *chart* digunakan untuk memvisualisasikan perbandingan efektivitas antara dua pendekatan penyuluhan pertanian, yaitu penyuluhan digital dan penyuluhan tradisional, berdasarkan 14 indikator efektivitas yang telah diidentifikasi melalui *Systematic Literature Review* terhadap 80 artikel ilmiah.

Dalam radar *chart* yang digunakan dalam penelitian ini, setiap indikator efektivitas direpresentasikan sebagai sumbu radial yang memancar dari pusat grafik. Nilai skor pada masing-masing indikator kemudian diplot pada sumbu tersebut dan dihubungkan menjadi suatu poligon yang merepresentasikan profil efektivitas suatu sistem penyuluhan. Dalam visualisasi ini, profil penyuluhan digital direpresentasikan oleh garis biru, sedangkan profil penyuluhan tradisional direpresentasikan oleh garis hijau.

Pendekatan visualisasi multidimensi seperti radar *chart* memungkinkan analisis yang lebih intuitif mengenai pola keunggulan relatif antara dua sistem yang dibandingkan. Alih-alih melihat setiap indikator secara terpisah, radar *chart* memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi konfigurasi performa secara keseluruhan serta memahami hubungan antar dimensi efektivitas dalam satu kerangka visual yang terintegrasi.

A. Struktur Visual Radar *Chart*

Radar *chart* yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* terdiri dari 14 sumbu yang masing-masing merepresentasikan indikator efektivitas penyuluhan. Sumbu-sumbu tersebut disusun dalam urutan yang merefleksikan dimensi konseptual yang telah dibahas dalam Bab 4, yaitu:

a. Dimensi akses informasi
b. Dimensi interaksi sosial
c. Dimensi kognitif dan pembelajaran
d. Dimensi ekonomi
e. Dimensi psikososial
f. Dimensi kelembagaan dan jaringan sosial

Struktur ini memungkinkan radar *chart* tidak hanya berfungsi sebagai alat visualisasi data tetapi juga sebagai representasi grafis dari kerangka konseptual efektivitas penyuluhan yang dikembangkan dalam penelitian ini. Nilai skor pada setiap sumbu berkisar antara 1 hingga 5, sesuai dengan sistem skoring yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya. Semakin jauh titik data dari pusat grafik, semakin tinggi tingkat efektivitas pada indikator tersebut.

B. Profil Efektivitas Penyuluhan Digital

Analisis terhadap profil radar *chart* menunjukkan bahwa penyuluhan digital memiliki performa yang sangat kuat pada indikator yang berkaitan dengan aksesibilitas informasi dan efisiensi sistem komunikasi. Pada sumbu kecepatan informasi, garis biru menunjukkan nilai maksimum yang mencerminkan kemampuan platform digital dalam menyediakan informasi secara *real-time* kepada petani. Teknologi komunikasi digital memungkinkan penyampaian informasi mengenai kondisi cuaca, harga pasar, serta teknik budidaya dalam waktu yang sangat singkat dibandingkan dengan sistem penyuluhan konvensional.

Selain itu, penyuluhan digital juga menunjukkan performa tinggi pada indikator jangkauan layanan. Platform digital memungkinkan penyebaran informasi kepada ribuan bahkan jutaan petani secara simultan tanpa memerlukan peningkatan jumlah tenaga penyuluh secara signifikan. Indikator lain yang menunjukkan skor tinggi dalam sistem penyuluhan digital adalah efisiensi biaya layanan. Setelah infrastruktur teknologi dikembangkan, biaya marginal untuk menjangkau petani tambahan relatif rendah dibandingkan dengan metode penyuluhan berbasis kunjungan lapangan. Teknologi komunikasi digital mampu meningkatkan efisiensi sistem penyuluhan secara signifikan melalui mekanisme distribusi informasi berbasis jaringan digital (Marvin & Bouzembrak, 2020; Steinke dkk., 2021).

C. Profil Efektivitas Penyuluhan Tradisional

Sebaliknya, profil radar *chart* untuk penyuluhan tradisional menunjukkan keunggulan pada indikator yang berkaitan dengan interaksi sosial dan pembelajaran interpersonal. Pada sumbu kepercayaan terhadap sumber informasi, garis hijau menunjukkan skor maksimum yang mencerminkan pentingnya hubungan interpersonal antara penyuluh dan petani dalam membangun legitimasi sosial terhadap teknologi pertanian. Dalam masyarakat pedesaan, keputusan untuk mengadopsi teknologi baru sering kali dipengaruhi oleh tingkat kepercayaan terhadap sumber informasi. Interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani memungkinkan terciptanya hubungan sosial yang kuat yang tidak dapat sepenuhnya

digantikan oleh komunikasi berbasis teknologi. Indikator lain yang menunjukkan keunggulan penyuluhan tradisional adalah kualitas dialog pembelajaran. Dalam interaksi langsung, penyuluh dapat menyesuaikan metode komunikasi dengan tingkat pemahaman petani serta memberikan penjelasan yang lebih mendalam mengenai teknologi yang diperkenalkan. Selain itu, penyuluhan tradisional juga menunjukkan performa tinggi pada indikator keterampilan teknis petani. Demonstrasi lapangan dan kegiatan *Farmer Field School* memungkinkan petani mempelajari teknologi pertanian melalui pengalaman langsung yang lebih efektif dibandingkan dengan pembelajaran berbasis informasi digital semata.

D. Ketimpangan pada Sumbu "Kecepatan" dan "Kepercayaan"

Salah satu temuan paling menarik dalam analisis radar *chart* ini adalah adanya kontras yang sangat tajam antara dua indikator utama, yaitu kecepatan informasi dan kepercayaan sosial. Pada sumbu kecepatan informasi, penyuluhan digital menunjukkan keunggulan yang sangat signifikan dibandingkan dengan penyuluhan tradisional. Namun pada sumbu kepercayaan sosial, situasinya justru berbalik: penyuluhan tradisional memiliki performa yang jauh lebih tinggi.

Kontras ini mencerminkan paradoks yang telah dibahas dalam bagian sebelumnya mengenai *speed vs trust* dalam sistem komunikasi pembangunan. Teknologi digital mampu menyampaikan informasi dengan sangat cepat tetapi sering kali tidak mampu membangun hubungan sosial yang diperlukan untuk mendorong perubahan perilaku yang berkelanjutan. Sebaliknya, komunikasi interpersonal dalam penyuluhan tradisional membutuhkan waktu yang lebih lama tetapi memiliki kemampuan yang lebih besar dalam membangun kepercayaan serta legitimasi sosial terhadap inovasi pertanian.

E. Dimensi Pembelajaran dan Adopsi Teknologi

Pada indikator yang berkaitan dengan peningkatan pengetahuan dan adopsi teknologi, radar *chart* menunjukkan pola yang relatif seimbang antara kedua sistem penyuluhan. Hal ini menunjukkan bahwa baik penyuluhan digital maupun tradisional memiliki kontribusi terhadap proses pembelajaran petani, meskipun melalui mekanisme yang berbeda. Penyuluhan digital berperan dalam menyediakan akses cepat terhadap informasi teknologi pertanian, sementara penyuluhan tradisional membantu petani memahami dan menerapkan informasi tersebut dalam praktik produksi melalui interaksi langsung dan demonstrasi lapangan. Kombinasi kedua mekanisme ini menunjukkan bahwa proses pembelajaran petani dalam sistem pertanian modern semakin bersifat hybrid, yaitu memanfaatkan berbagai sumber informasi yang tersedia dalam ekosistem pengetahuan pertanian.

F. Dimensi Sosial dan Jaringan Komunitas

Radar *chart* juga menunjukkan bahwa penyuluhan tradisional memiliki keunggulan pada indikator yang berkaitan dengan penguatan jaringan sosial petani. Kegiatan kelompok tani dan sekolah lapang tidak hanya berfungsi sebagai sarana penyampaian informasi tetapi juga sebagai ruang sosial di mana petani dapat berbagi pengalaman dan membangun solidaritas komunitas. Modal sosial yang terbentuk melalui interaksi ini memainkan peran penting dalam mempercepat difusi inovasi pertanian. Ketika hubungan sosial dalam komunitas kuat, informasi mengenai teknologi baru dapat menyebar lebih cepat melalui jaringan komunikasi informal.

G. Implikasi Analisis Radar *Chart*

Interpretasi radar *chart* ini memberikan gambaran yang jelas mengenai sifat komplementer antara penyuluhan digital dan tradisional. Alih-alih menggambarkan dua pendekatan yang saling menggantikan, visualisasi ini menunjukkan bahwa kedua sistem penyuluhan memiliki profil efektivitas yang berbeda tetapi saling melengkapi. Penyuluhan digital unggul dalam hal kecepatan, jangkauan, dan efisiensi, sementara penyuluhan tradisional unggul dalam hal kepercayaan, kualitas pembelajaran, dan penguatan jaringan sosial. Masa depan sistem penyuluhan pertanian terletak pada pengembangan model penyuluhan hibrid yang mengintegrasikan keunggulan kedua pendekatan tersebut.

Dekonstruksi Indikator Psikososial: Keunggulan Penyuluhan Tradisional pada Kepuasan dan Keterampilan Teknis

Analisis radar *chart* pada bagian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem penyuluhan tradisional memiliki performa yang lebih tinggi dibandingkan penyuluhan digital pada dua indikator penting, yaitu kepuasan petani terhadap layanan penyuluhan dan pengembangan keterampilan teknis petani. Temuan ini menunjukkan bahwa efektivitas penyuluhan tidak hanya bergantung pada kemampuan sistem untuk menyampaikan informasi secara cepat dan luas, tetapi juga pada kualitas interaksi sosial yang terjadi dalam proses pembelajaran. Indikator kepuasan dan keterampilan teknis termasuk dalam kategori indikator psikososial, yaitu dimensi evaluasi yang berkaitan dengan pengalaman subjektif petani dalam berinteraksi dengan sistem penyuluhan serta kemampuan mereka untuk menginternalisasi pengetahuan teknis yang diperoleh melalui proses pembelajaran tersebut.

Karimi dkk. (2018) kepuasan petani terhadap layanan penyuluhan memiliki hubungan yang erat dengan tingkat interaksi interpersonal antara penyuluh dan petani. Semakin intensif interaksi tersebut, semakin tinggi tingkat kepercayaan petani terhadap penyuluh serta semakin besar kemungkinan petani merasa puas terhadap layanan yang mereka terima.

A. Kepuasan Petani sebagai Indikator Efektivitas Layanan

   Kepuasan petani merupakan indikator penting dalam evaluasi program penyuluhan karena mencerminkan persepsi pengguna terhadap kualitas layanan yang mereka terima. Dalam literatur manajemen layanan publik, kepuasan pengguna sering digunakan sebagai indikator kinerja institusi pelayanan karena menunjukkan sejauh mana layanan tersebut mampu memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna.

   Dalam konteks penyuluhan pertanian, kepuasan petani tidak hanya dipengaruhi oleh kualitas informasi yang diberikan tetapi juga oleh cara informasi tersebut disampaikan. Komunikasi yang bersifat personal dan dialogis memungkinkan petani merasa lebih dihargai sebagai mitra dalam proses pembelajaran, sehingga meningkatkan kepuasan mereka terhadap layanan penyuluhan.

   Karimi dkk. (2018) program penyuluhan yang melibatkan interaksi langsung antara penyuluh dan petani cenderung menghasilkan tingkat kepuasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan program penyuluhan berbasis media atau teknologi komunikasi. Interaksi tatap muka memungkinkan penyuluh memahami kebutuhan spesifik petani serta menyesuaikan pendekatan komunikasi dengan kondisi sosial dan budaya yang berlaku dalam komunitas pedesaan. Fleksibilitas komunikasi ini sering kali tidak dapat dicapai melalui sistem komunikasi digital yang bersifat lebih terstandarisasi.

B. Pembentukan Keterampilan Teknis melalui Pembelajaran Praktis

   Selain kepuasan petani, penyuluhan tradisional juga menunjukkan keunggulan dalam pengembangan keterampilan teknis. Hal ini terutama disebabkan oleh metode pembelajaran yang digunakan dalam sistem penyuluhan lapangan, seperti demonstrasi teknologi dan kegiatan *Farmer Field School* (FFS). Dalam metode pembelajaran ini, petani tidak hanya menerima informasi secara pasif tetapi juga terlibat secara aktif dalam proses eksperimen dan observasi langsung di lapangan. Pembelajaran berbasis pengalaman ini memungkinkan petani memahami prinsip-prinsip teknis secara lebih mendalam dibandingkan dengan pembelajaran berbasis informasi digital.

   Keterampilan teknis dalam pertanian sering kali memerlukan pemahaman mengenai interaksi kompleks antara berbagai faktor produksi seperti tanah, air, tanaman, dan iklim. Pengetahuan semacam ini sulit disampaikan secara efektif hanya melalui teks atau gambar dalam platform digital. Melalui demonstrasi lapangan, penyuluh dapat menunjukkan secara langsung bagaimana suatu teknologi diterapkan dalam kondisi nyata. Petani dapat mengamati proses tersebut, mengajukan pertanyaan, serta mencoba sendiri teknik yang diperkenalkan. Proses pembelajaran yang bersifat praktis ini memungkinkan petani mengembangkan keterampilan teknis yang lebih kuat dan berkelanjutan.

C. Dimensi Psikologis dalam Proses Pembelajaran Petani

   Keunggulan penyuluhan tradisional dalam indikator psikososial juga dapat dijelaskan melalui perspektif psikologi pembelajaran. Proses pembelajaran yang melibatkan interaksi sosial sering kali menghasilkan tingkat pemahaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan

pembelajaran individual berbasis media. Dalam interaksi tatap muka, penyuluh dapat memberikan umpan balik langsung terhadap pertanyaan atau kesalahan yang dilakukan oleh petani. Umpan balik ini membantu petani memperbaiki pemahaman mereka secara bertahap sehingga meningkatkan efektivitas proses pembelajaran.

Selain itu, interaksi sosial juga menciptakan motivasi intrinsik bagi petani untuk terlibat dalam proses pembelajaran. Diskusi kelompok dan kegiatan lapangan menciptakan lingkungan belajar yang kolaboratif di mana petani dapat saling berbagi pengalaman serta mendukung satu sama lain dalam menerapkan teknologi baru.

D. Keterbatasan Platform Digital dalam Dimensi Psikososial

Meskipun teknologi digital memiliki berbagai keunggulan dalam hal aksesibilitas informasi, platform digital sering menghadapi keterbatasan dalam dimensi psikososial pembelajaran. Komunikasi digital cenderung bersifat satu arah dan kurang memberikan ruang bagi interaksi dialogis yang mendalam antara penyuluh dan petani.

Selain itu, informasi digital sering disampaikan dalam format yang bersifat generik sehingga tidak selalu mempertimbangkan kondisi lokal yang spesifik di tingkat petani. Tanpa penyesuaian kontekstual, informasi teknis yang disampaikan melalui platform digital dapat sulit diterapkan dalam praktik produksi yang nyata. Steinke dkk. (2021) meskipun platform digital dapat meningkatkan akses terhadap informasi pertanian, interaksi tatap muka tetap diperlukan untuk memastikan bahwa informasi tersebut dapat dipahami dan diterapkan oleh petani secara efektif.

E. Peran Modal Sosial dalam Pembelajaran Kolektif

Keunggulan penyuluhan tradisional dalam indikator psikososial juga berkaitan dengan peran modal sosial dalam komunitas pedesaan. Modal sosial merujuk pada jaringan hubungan sosial yang memungkinkan individu dalam suatu komunitas bekerja sama dan berbagi pengetahuan. Kegiatan penyuluhan lapangan seperti pertemuan kelompok tani dan sekolah lapang menciptakan ruang sosial di mana petani dapat bertukar pengalaman serta belajar dari praktik yang dilakukan oleh anggota komunitas lainnya. Pembelajaran kolektif ini mempercepat proses difusi inovasi karena petani dapat mengamati secara langsung hasil yang diperoleh oleh petani lain yang telah mencoba teknologi baru.

F. Integrasi Dimensi Psikososial dalam Sistem Penyuluhan Modern

Analisis terhadap indikator psikososial menunjukkan bahwa dimensi sosial dan psikologis memiliki peran yang sangat penting dalam efektivitas sistem penyuluhan. Oleh karena itu, digitalisasi penyuluhan tidak boleh hanya berfokus pada peningkatan akses informasi tetapi juga perlu mempertimbangkan bagaimana teknologi dapat mendukung proses pembelajaran sosial dalam komunitas petani.

Pendekatan yang semakin banyak dikembangkan dalam sistem penyuluhan modern adalah integrasi antara teknologi digital dan kegiatan pembelajaran lapangan melalui model hybrid extension systems. Dalam model ini, teknologi digital digunakan untuk menyediakan informasi awal, sementara kegiatan penyuluhan lapangan digunakan untuk memperdalam pemahaman serta mengembangkan keterampilan teknis petani. Pendekatan integratif ini memungkinkan sistem penyuluhan memanfaatkan keunggulan teknologi digital tanpa mengorbankan dimensi psikososial pembelajaran yang menjadi kekuatan utama metode penyuluhan tradisional.

Sintesis Metodologis: Radar *Chart* sebagai Dasar Pengembangan Model Penyuluhan Hibrid

Analisis multidimensi yang dilakukan dalam sub-bab ini menunjukkan bahwa pendekatan evaluasi berbasis skoring indikator dan visualisasi radar *Chart* memberikan kerangka metodologis yang efektif untuk memahami dinamika efektivitas sistem penyuluhan pertanian. Dengan menggabungkan sintesis literatur melalui *Systematic Literature Review*, sistem skoring berbasis bukti empiris, serta visualisasi multidimensi, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mampu mengidentifikasi pola keunggulan relatif antara penyuluhan digital dan penyuluhan tradisional secara lebih komprehensif. Pendekatan ini memungkinkan peneliti tidak hanya mengevaluasi performa masing-masing sistem penyuluhan secara terpisah, tetapi

juga memahami hubungan komplementer antara kedua pendekatan tersebut dalam kerangka sistem inovasi pertanian yang lebih luas.

A. Kontribusi Metodologis Radar *Chart* dalam Evaluasi Penyuluhan

Radar *chart* memiliki keunggulan sebagai alat analisis karena mampu merepresentasikan berbagai indikator efektivitas dalam satu ruang visual yang terintegrasi. Berbeda dengan tabel atau grafik linear yang hanya menampilkan hubungan antar variabel secara terpisah, radar *chart* memungkinkan peneliti melihat konfigurasi performa suatu sistem secara simultan pada berbagai dimensi evaluasi. Dalam konteks penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, radar *chart* memperlihatkan dua pola performa yang sangat kontras antara penyuluhan digital dan penyuluhan tradisional. Profil penyuluhan digital ditandai oleh performa tinggi pada indikator yang berkaitan dengan aksesibilitas informasi, seperti:

a. Kecepatan akses informasi
b. Jangkauan layanan penyuluhan
c. Efisiensi biaya komunikasi

Sebaliknya, profil penyuluhan tradisional menunjukkan keunggulan pada indikator yang berkaitan dengan dimensi sosial dan pembelajaran interpersonal, seperti:

a. Kepercayaan terhadap penyuluh
b. Kualitas dialog pembelajaran
c. Keterampilan teknis petani
d. Kepuasan terhadap layanan penyuluhan

Kontras visual antara kedua profil ini menunjukkan bahwa masing-masing pendekatan memiliki kekuatan yang berbeda dalam sistem penyuluhan pertanian.

B. Integrasi Temuan Bab 4 dan Bab 5

Temuan visual dari radar *chart* juga menunjukkan konsistensi yang kuat dengan hasil analisis tematik yang telah dibahas dalam Bab 4. Pada Bab 4, analisis *Systematic Literature Review* menunjukkan bahwa efektivitas penyuluhan pertanian dapat dilihat melalui beberapa dimensi utama, yaitu:

a. Dimensi kognitif (peningkatan pengetahuan petani)
b. Dimensi perilaku (adopsi teknologi)
c. Dimensi ekonomi (produktivitas dan pendapatan)
d. Dimensi sosial-ekologis (resiliensi dan keberlanjutan praktik)
e. Dimensi inklusivitas dan infrastruktur

Radar *chart* yang dikembangkan dalam Bab 5 memvisualisasikan bagaimana kedua sistem penyuluhan berkontribusi secara berbeda terhadap masing-masing dimensi tersebut. Sebagai contoh, penyuluhan digital menunjukkan kontribusi yang kuat dalam dimensi akses informasi dan efisiensi sistem komunikasi. Sebaliknya, penyuluhan tradisional menunjukkan kontribusi yang lebih besar dalam dimensi pembelajaran sosial dan pembangunan kapasitas teknis petani. Konsistensi antara analisis tematik dan visualisasi radar *chart* ini memperkuat validitas metodologis pendekatan yang digunakan dalam penelitian.

C. Implikasi bagi Desain Sistem Penyuluhan Pertanian

Hasil analisis multidimensi ini menunjukkan bahwa tidak ada satu pendekatan penyuluhan yang secara absolut lebih unggul dibandingkan pendekatan lainnya. Sebaliknya, masing-masing sistem memiliki profil efektivitas yang berbeda tetapi saling melengkapi. Penyuluhan digital memiliki keunggulan dalam hal:

a. Skalabilitas layanan
b. Kecepatan distribusi informasi
c. Efisiensi biaya operasional

Namun, sistem ini memiliki keterbatasan dalam membangun hubungan interpersonal yang mendalam dengan petani. Sebaliknya, penyuluhan tradisional memiliki keunggulan dalam:

a. Membangun kepercayaan sosial
b. Menyediakan pembelajaran kontekstual
c. Meningkatkan keterampilan teknis petani

Namun metode ini memiliki keterbatasan dalam hal jangkauan layanan serta efisiensi biaya. Konfigurasi keunggulan yang saling melengkapi ini menunjukkan bahwa masa depan sistem penyuluhan pertanian tidak terletak pada dominasi salah satu pendekatan secara eksklusif, melainkan pada integrasi keduanya dalam suatu model penyuluhan hibrid.

D. Model Penyuluhan Hibrid sebagai Sintesis Sistem Penyuluhan Modern

Model penyuluhan hibrid menggabungkan keunggulan teknologi digital dengan kekuatan interaksi interpersonal dalam sistem penyuluhan tradisional. Dalam model ini, teknologi digital digunakan untuk menyediakan informasi awal secara cepat dan luas kepada petani, sementara penyuluh lapangan berperan dalam memperdalam pemahaman petani melalui interaksi langsung dan kegiatan pembelajaran lapangan.

Pendekatan ini mencerminkan evolusi sistem penyuluhan pertanian menuju networked extension systems, di mana berbagai sumber pengetahuan-baik digital maupun interpersonal-terhubung dalam suatu ekosistem komunikasi yang saling melengkapi. Marvin & Bouzembrak (2020) sistem inovasi pertanian modern semakin bergantung pada integrasi berbagai aktor dan teknologi dalam jaringan pengetahuan yang kompleks. Dalam konteks ini, penyuluh tidak lagi hanya berperan sebagai penyampai informasi tetapi juga sebagai fasilitator yang menghubungkan petani dengan berbagai sumber pengetahuan yang tersedia.

E. Kontribusi Penelitian terhadap Metodologi Evaluasi Penyuluhan

Selain memberikan kontribusi konseptual terhadap pengembangan model penyuluhan hibrid, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* juga memberikan kontribusi metodologis dalam evaluasi sistem penyuluhan pertanian. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mengintegrasikan tiga komponen analisis utama:

a. *Systematic Literature Review* untuk mengidentifikasi indikator efektivitas penyuluhan
b. Metodologi skoring berbasis bukti empiris untuk mengkuantifikasi performa indicator
c. Visualisasi radar *chart* untuk memetakan profil efektivitas multidimensi sistem penyuluhan
d. Integrasi ketiga komponen ini menghasilkan kerangka evaluasi yang lebih komprehensif dibandingkan dengan pendekatan evaluasi tradisional yang sering hanya berfokus pada satu atau dua indikator dampak program.
e. Kerangka metodologis ini juga memiliki potensi untuk diterapkan dalam evaluasi berbagai program pembangunan pertanian lainnya yang melibatkan dimensi sosial, ekonomi, dan teknologi secara simultan.

F. Kesimpulan

Secara keseluruhan, analisis radar *chart* yang dikembangkan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menunjukkan bahwa efektivitas sistem penyuluhan pertanian bersifat multidimensional dan tidak dapat dipahami melalui satu indikator tunggal. Pendekatan evaluasi berbasis skoring indikator dan visualisasi radar *chart* memungkinkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai konfigurasi keunggulan relatif antara berbagai pendekatan penyuluhan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa penyuluhan digital dan penyuluhan tradisional memiliki profil efektivitas yang berbeda tetapi saling melengkapi. Oleh karena itu, pengembangan sistem penyuluhan pertanian masa depan perlu mengadopsi model penyuluhan hibrid yang mengintegrasikan keunggulan teknologi digital dengan kekuatan komunikasi interpersonal dalam komunitas pedesaan. Model hibrid ini tidak hanya meningkatkan efektivitas sistem penyuluhan tetapi juga memperkuat kapasitas petani dalam mengakses, memahami, dan menerapkan inovasi pertanian dalam menghadapi tantangan transformasi sektor pertanian di era digital.

Digital Natives **(Pemuda Tani): Media Sosial, *AgTech,* dan Transformasi Penyuluhan Sebaya**

Transformasi digital dalam sektor pertanian tidak hanya berkaitan dengan adopsi teknologi baru, tetapi juga dengan perubahan struktur sosial dalam komunitas pedesaan. Salah satu perubahan paling signifikan adalah munculnya generasi baru petani muda yang memiliki

tingkat literasi digital lebih tinggi dibandingkan generasi sebelumnya. Dalam literatur sosiologi digital, kelompok ini sering disebut sebagai digital natives, yaitu individu yang sejak awal kehidupan mereka telah terbiasa menggunakan teknologi digital sebagai bagian dari aktivitas sehari-hari.

Dalam konteks pertanian, generasi digital natives memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan generasi petani sebelumnya. Mereka cenderung lebih terbuka terhadap inovasi teknologi, lebih aktif menggunakan media sosial, serta lebih mampu memanfaatkan platform digital untuk mengakses informasi dan peluang pasar. Eduafo dkk. (2024) petani muda di berbagai negara berkembang semakin memanfaatkan teknologi digital sebagai sarana untuk meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus memperluas akses pasar bagi produk pertanian mereka.

Fenomena ini menunjukkan bahwa digitalisasi pertanian tidak hanya merupakan transformasi teknologi, tetapi juga transformasi sosial yang mengubah cara petani memperoleh informasi, berkomunikasi, serta mengorganisasi aktivitas ekonomi mereka.

A. Media Sosial sebagai Infrastruktur Pengetahuan Pertanian

Media sosial telah berkembang menjadi salah satu sumber informasi utama bagi generasi muda petani. Platform seperti YouTube, Facebook, WhatsApp, dan TikTok memungkinkan petani muda mengakses berbagai konten pertanian yang sebelumnya hanya tersedia melalui sistem penyuluhan formal. Melalui platform ini, petani dapat mempelajari teknik budidaya baru, memperoleh informasi mengenai harga pasar, serta berbagi pengalaman dengan petani lain dari berbagai wilayah geografis. Media sosial juga memungkinkan penyebaran informasi yang lebih cepat dibandingkan dengan sistem penyuluhan konvensional.

Penggunaan media sosial dalam komunitas petani dapat mempercepat difusi inovasi pertanian. Ketika seorang petani muda membagikan pengalaman mereka dalam menggunakan teknologi baru, informasi tersebut dapat dengan cepat menyebar melalui jaringan digital dan mempengaruhi keputusan petani lain untuk mencoba teknologi yang sama. Selain itu, media sosial juga menciptakan ruang diskusi di mana petani dapat bertukar pengalaman mengenai berbagai praktik pertanian. Diskusi ini sering kali bersifat lebih informal dibandingkan dengan kegiatan penyuluhan formal, tetapi tetap memiliki nilai penting dalam proses pembelajaran kolektif.

B. *AgTech* sebagai Instrumen Komersialisasi

Selain sebagai sumber informasi, teknologi digital juga memainkan peran penting dalam mendukung komersialisasi produk pertanian. Generasi muda petani semakin memanfaatkan berbagai aplikasi *AgTech* untuk menghubungkan produksi pertanian dengan pasar. Platform digital memungkinkan petani memasarkan produk mereka secara langsung kepada konsumen tanpa harus melalui rantai distribusi yang panjang. Model pemasaran ini tidak hanya meningkatkan margin keuntungan petani tetapi juga memperluas akses pasar bagi produk pertanian lokal.

Eduafo dkk. (2024) penggunaan platform digital dalam pemasaran produk pertanian dapat meningkatkan pendapatan petani muda secara signifikan. Petani yang menggunakan platform digital sering memiliki akses terhadap pasar yang lebih luas serta informasi harga yang lebih transparan. Selain itu, berbagai aplikasi digital juga menyediakan layanan tambahan seperti sistem pembayaran elektronik, logistik distribusi, serta analisis pasar yang membantu petani dalam mengambil keputusan produksi yang lebih rasional.

C. Penyuluhan Sebaya (*Peer-to-Peer Extension*)

Salah satu fenomena sosial yang muncul dari penggunaan teknologi digital oleh generasi muda petani adalah berkembangnya model penyuluhan sebaya atau *peer-to-peer extension*. Dalam model ini, petani tidak lagi hanya berperan sebagai penerima informasi tetapi juga sebagai penyebar pengetahuan kepada petani lain. Petani muda yang memiliki akses terhadap teknologi digital sering menjadi sumber informasi bagi anggota komunitas mereka. Mereka dapat membantu petani lain memahami penggunaan teknologi baru, mengakses informasi pasar, atau memanfaatkan aplikasi pertanian digital.

Model penyuluhan sebaya ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan sistem penyuluhan formal. Pertama, komunikasi antara petani sering kali lebih mudah diterima

karena terjadi antara individu yang memiliki latar belakang sosial yang sama. Kedua, proses penyebaran informasi dapat berlangsung lebih cepat karena memanfaatkan jaringan sosial yang sudah ada dalam komunitas. Dalam banyak kasus, petani muda berperan sebagai broker pengetahuan yang menghubungkan sistem inovasi pertanian dengan komunitas lokal. Mereka tidak hanya menerjemahkan informasi teknis ke dalam bahasa yang lebih mudah dipahami, tetapi juga membantu menyesuaikan teknologi dengan kondisi lokal.

D. Transformasi Identitas Sosial Petani Muda

Digitalisasi pertanian juga mempengaruhi cara generasi muda memandang profesi petani. Dalam banyak masyarakat pedesaan, pekerjaan sebagai petani sering dipandang kurang menarik oleh generasi muda karena dianggap tidak memberikan peluang ekonomi yang cukup. Namun, penggunaan teknologi digital dalam pertanian mulai mengubah persepsi tersebut. Petani muda yang berhasil memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan produktivitas atau memperluas akses pasar sering memperoleh pengakuan sosial yang lebih besar dalam komunitas mereka.

Media sosial juga memungkinkan petani muda membangun identitas profesional baru sebagai agripreneurs atau pengusaha pertanian yang memanfaatkan teknologi modern dalam aktivitas produksi dan pemasaran. Perubahan identitas ini memiliki implikasi penting bagi regenerasi petani. Ketika pertanian dipandang sebagai sektor yang inovatif dan berbasis teknologi, generasi muda lebih tertarik untuk terlibat dalam aktivitas pertanian dibandingkan dengan ketika pertanian dipandang sebagai pekerjaan tradisional yang kurang menjanjikan.

E. Tantangan dalam Integrasi Digital Natives dalam Sistem Penyuluhan

Meskipun generasi digital natives memiliki potensi besar dalam transformasi sistem penyuluhan, integrasi mereka dalam sistem penyuluhan formal masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu tantangan utama adalah perbedaan pendekatan komunikasi antara generasi muda dan generasi petani yang lebih tua. Generasi muda cenderung lebih nyaman menggunakan teknologi digital, sementara generasi petani yang lebih tua sering lebih mengandalkan komunikasi tatap muka. Perbedaan preferensi komunikasi ini dapat menciptakan kesenjangan generatif dalam komunitas petani yang mempengaruhi efektivitas penyebaran inovasi pertanian.

Selain itu, tidak semua petani muda memiliki akses yang sama terhadap teknologi digital. Faktor seperti ketersediaan jaringan internet, biaya perangkat digital, serta tingkat pendidikan dapat mempengaruhi kemampuan petani muda dalam memanfaatkan teknologi digital secara optimal.

F. Implikasi bagi Sistem Penyuluhan Pertanian

Analisis mengenai peran digital natives menunjukkan bahwa generasi muda memiliki potensi besar untuk menjadi agen perubahan dalam sistem penyuluhan pertanian. Oleh karena itu, kebijakan pembangunan pertanian perlu memberikan perhatian khusus pada pengembangan kapasitas digital petani muda.

Program penyuluhan yang memanfaatkan media sosial dan platform digital dapat menjadi sarana efektif untuk menjangkau generasi muda petani. Selain itu, integrasi petani muda dalam kegiatan penyuluhan formal sebagai fasilitator atau mentor bagi petani lain dapat memperkuat jaringan penyebaran inovasi dalam komunitas pedesaan. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan pertanian memanfaatkan dinamika sosial yang muncul dari transformasi digital sekaligus mempercepat proses difusi inovasi di tingkat petani.

Petani Lansia (*Aging Farmers*): Rasionalitas Risiko, Hambatan Kognitif, dan Kebutuhan Interaksi Personal

Salah satu karakteristik penting dalam struktur sosial pertanian global adalah meningkatnya proporsi petani berusia lanjut. Fenomena ini sering disebut sebagai aging farmers, yaitu kondisi di mana sebagian besar pelaku usaha tani berada pada kelompok usia yang relatif tua. Di banyak negara berkembang, rata-rata usia petani bahkan telah melampaui 50 tahun, sementara generasi muda cenderung bermigrasi ke sektor non-pertanian. Kondisi ini memiliki implikasi signifikan terhadap efektivitas sistem penyuluhan pertanian, terutama dalam konteks transformasi digital. Petani lansia sering menunjukkan pola perilaku yang berbeda

dibandingkan generasi muda dalam hal adopsi teknologi, preferensi komunikasi, serta cara mereka memproses informasi baru.

Ikeoji & Agbidi (2022) usia merupakan salah satu faktor sosial yang paling berpengaruh dalam menentukan tingkat adopsi inovasi pertanian. Petani yang lebih tua cenderung lebih berhati-hati dalam menerima teknologi baru, terutama jika teknologi tersebut memerlukan perubahan signifikan dalam praktik produksi yang telah mereka lakukan selama bertahun-tahun.

A. Rasionalitas Risiko pada Petani Lansia

Salah satu aspek penting yang mempengaruhi perilaku petani lansia adalah rasionalitas risiko. Dalam ekonomi pertanian, keputusan produksi petani sering dipengaruhi oleh persepsi terhadap risiko yang berkaitan dengan ketidakpastian hasil panen, fluktuasi harga pasar, serta kondisi iklim. Petani lansia biasanya memiliki pengalaman panjang dalam menghadapi berbagai ketidakpastian tersebut. Pengalaman ini membentuk pola pengambilan keputusan yang cenderung konservatif. Mereka lebih memilih praktik pertanian yang telah terbukti aman dibandingkan mencoba teknologi baru yang hasilnya belum mereka yakini sepenuhnya.

Dalam konteks ini, adopsi teknologi baru sering dipandang sebagai aktivitas yang memiliki risiko tinggi. Jika teknologi baru gagal memberikan hasil yang diharapkan, kerugian yang dialami petani dapat mempengaruhi stabilitas ekonomi rumah tangga mereka. Oleh karena itu, petani lansia sering menunjukkan preferensi terhadap pendekatan penyuluhan yang memungkinkan mereka mengevaluasi teknologi baru secara lebih mendalam sebelum memutuskan untuk mengadopsinya.

B. Hambatan Kognitif dalam Penggunaan Teknologi Digital

Selain rasionalitas risiko, faktor lain yang mempengaruhi perilaku petani lansia adalah hambatan kognitif dalam penggunaan teknologi digital. Penggunaan perangkat digital seperti *smartphone* atau aplikasi pertanian memerlukan keterampilan tertentu yang tidak selalu dimiliki oleh generasi petani yang lebih tua. Beberapa petani lansia mengalami kesulitan dalam memahami antarmuka aplikasi digital, membaca informasi teknis yang disampaikan melalui platform digital, atau mengoperasikan berbagai fitur teknologi komunikasi modern.

Keterbatasan ini tidak selalu berkaitan dengan tingkat pendidikan formal, tetapi sering berkaitan dengan kurangnya pengalaman dalam menggunakan teknologi digital. Berbeda dengan generasi muda yang sejak awal kehidupan mereka telah terbiasa dengan teknologi digital, petani lansia harus mempelajari teknologi tersebut pada tahap kehidupan yang lebih lanjut. Proses pembelajaran ini sering membutuhkan waktu lebih lama serta dukungan sosial yang lebih intensif dibandingkan dengan generasi digital natives.

C. Kebutuhan akan Interaksi Tatap Muka

Karena adanya hambatan kognitif dan persepsi risiko yang lebih tinggi, petani lansia sering menunjukkan preferensi yang kuat terhadap interaksi tatap muka dengan penyuluh. Dalam interaksi langsung, penyuluh dapat menjelaskan teknologi baru secara lebih rinci serta memberikan contoh konkret mengenai cara penerapannya di lapangan. Selain itu, interaksi personal juga memberikan ruang bagi petani untuk mengajukan pertanyaan serta memperoleh klarifikasi mengenai informasi yang belum mereka pahami. Proses komunikasi dua arah ini membantu petani mengurangi ketidakpastian yang mereka rasakan terhadap teknologi baru.

Dalam banyak kasus, keputusan adopsi teknologi oleh petani lansia tidak hanya didasarkan pada informasi teknis, tetapi juga pada tingkat kepercayaan terhadap penyuluh yang memberikan rekomendasi tersebut. Kepercayaan ini sering dibangun melalui interaksi sosial yang berlangsung dalam jangka waktu yang panjang. Penyuluh yang secara rutin mengunjungi komunitas petani memiliki peluang lebih besar untuk membangun hubungan sosial yang kuat dengan petani dibandingkan dengan sistem penyuluhan berbasis teknologi digital.

D. Dimensi Psikologis dalam Preferensi Komunikasi

Preferensi petani lansia terhadap komunikasi tatap muka juga berkaitan dengan dimensi psikologis dalam proses pembelajaran. Banyak petani lansia merasa lebih nyaman belajar

melalui percakapan langsung dibandingkan dengan membaca informasi dalam format digital. Dalam komunikasi interpersonal, penyuluh dapat menggunakan berbagai metode komunikasi seperti demonstrasi lapangan, ilustrasi visual, atau cerita pengalaman untuk menjelaskan teknologi baru. Metode komunikasi ini sering lebih mudah dipahami oleh petani dibandingkan dengan informasi digital yang bersifat tekstual.

Selain itu, interaksi sosial juga memberikan rasa aman bagi petani lansia dalam proses pengambilan keputusan. Ketika penyuluh atau petani lain dalam komunitas mereka telah mencoba suatu teknologi dan memberikan testimoni positif, petani lansia lebih percaya diri untuk mencoba teknologi tersebut.

E. Peran Penyuluh sebagai Mediator Pengetahuan

Dalam konteks ini, penyuluh tidak hanya berfungsi sebagai penyampai informasi tetapi juga sebagai mediator pengetahuan yang membantu petani memahami teknologi baru dalam konteks pengalaman mereka sendiri. Penyuluh dapat membantu petani menghubungkan konsep teknis yang abstrak dengan praktik pertanian yang telah mereka lakukan selama bertahun-tahun. Proses penerjemahan pengetahuan ini sangat penting dalam membantu petani lansia mengintegrasikan teknologi baru ke dalam sistem produksi yang telah mereka kenal. Selain itu, penyuluh juga dapat berperan sebagai fasilitator yang membantu petani mengakses berbagai sumber informasi yang tersedia dalam sistem inovasi pertanian.

F. Implikasi bagi Sistem Penyuluhan Pertanian

Analisis mengenai karakteristik petani lansia menunjukkan bahwa transformasi digital dalam sistem penyuluhan tidak dapat dilakukan secara seragam bagi seluruh kelompok petani. Sistem penyuluhan perlu mempertimbangkan perbedaan karakteristik sosial dan generasi dalam merancang strategi komunikasi yang efektif. Bagi kelompok petani lansia, pendekatan penyuluhan yang menekankan interaksi tatap muka serta demonstrasi lapangan tetap memiliki peran yang sangat penting. Teknologi digital dapat digunakan sebagai pelengkap, tetapi tidak dapat sepenuhnya menggantikan fungsi komunikasi interpersonal dalam proses pembelajaran petani. Pendekatan yang paling efektif adalah integrasi antara penyuluhan digital dan penyuluhan tradisional dalam model hybrid extension systems, di mana teknologi digital digunakan untuk menyediakan informasi awal sementara penyuluh lapangan membantu petani memahami dan menerapkan informasi tersebut melalui interaksi langsung.

Konflik Preferensi Komunikasi: Fragmentasi Generatif dalam Kelompok Tani

Perubahan struktur komunikasi dalam sistem penyuluhan pertanian tidak hanya dipengaruhi oleh perkembangan teknologi, tetapi juga oleh dinamika sosial antar generasi dalam komunitas pedesaan. Perbedaan usia sering kali menciptakan variasi dalam cara individu mengakses informasi, memproses pengetahuan, serta mengambil keputusan dalam praktik pertanian. Dalam konteks ini, muncul fenomena yang dapat disebut sebagai konflik preferensi komunikasi antar generasi, yaitu perbedaan pilihan metode komunikasi antara petani muda yang cenderung mengandalkan teknologi digital dan petani lansia yang lebih nyaman dengan komunikasi tatap muka.

Fenomena ini memiliki implikasi penting terhadap dinamika kelompok tani. Kelompok tani pada dasarnya merupakan institusi sosial yang berfungsi sebagai ruang kolektif bagi petani untuk bertukar pengetahuan, mendiskusikan masalah produksi, serta mengorganisasi berbagai kegiatan pertanian secara bersama-sama. Namun, ketika anggota kelompok memiliki preferensi komunikasi yang sangat berbeda, proses pertukaran informasi dalam kelompok dapat mengalami fragmentasi.

A. Perbedaan Orientasi Informasi Antar Generasi

Generasi muda petani umumnya memiliki orientasi informasi yang lebih terbuka terhadap teknologi digital. Mereka terbiasa menggunakan berbagai platform online untuk mencari informasi mengenai teknik budidaya, harga pasar, serta peluang usaha dalam sektor pertanian. Akses terhadap sumber informasi global memungkinkan mereka memperoleh pengetahuan baru dengan cepat tanpa harus bergantung sepenuhnya pada sistem penyuluhan formal. Sebaliknya, petani lansia cenderung lebih mengandalkan pengalaman pribadi serta jaringan sosial lokal dalam memperoleh informasi. Mereka sering menilai

keandalan suatu teknologi berdasarkan testimoni langsung dari petani lain yang telah mencobanya di lingkungan yang sama.

Perbedaan orientasi informasi ini dapat menciptakan perbedaan persepsi mengenai kredibilitas sumber pengetahuan. Bagi generasi muda, informasi yang diperoleh dari internet atau media sosial dapat dianggap cukup kredibel jika berasal dari sumber yang dianggap ahli atau populer. Namun bagi petani lansia, informasi yang tidak berasal dari pengalaman langsung atau rekomendasi penyuluh sering kali dipandang kurang dapat dipercaya.

B. Dinamika Kekuasaan Pengetahuan dalam Kelompok Tani

Perbedaan preferensi komunikasi juga mempengaruhi distribusi kekuasaan pengetahuan dalam kelompok tani. Dalam sistem penyuluhan tradisional, posisi otoritas pengetahuan sering berada pada penyuluh lapangan atau tokoh petani yang memiliki pengalaman panjang dalam praktik pertanian. Namun dengan munculnya teknologi digital, generasi muda yang memiliki literasi digital lebih tinggi sering memperoleh akses terhadap informasi baru yang belum diketahui oleh anggota kelompok lainnya. Hal ini dapat menggeser struktur otoritas pengetahuan dalam komunitas petani.

Dalam beberapa kasus, generasi muda mulai berperan sebagai sumber informasi baru dalam kelompok tani. Mereka memperkenalkan teknologi atau praktik pertanian yang diperoleh dari internet kepada anggota kelompok lainnya. Meskipun fenomena ini dapat mempercepat difusi inovasi, dalam beberapa situasi juga dapat menimbulkan ketegangan sosial jika informasi yang dibawa oleh generasi muda bertentangan dengan praktik tradisional yang telah lama digunakan oleh petani lansia.

C. Fragmentasi Komunikasi dalam Kelompok Tani

Ketika preferensi komunikasi antar generasi tidak terintegrasi dengan baik, kelompok tani dapat mengalami fragmentasi dalam proses pertukaran informasi. Generasi muda mungkin lebih aktif berdiskusi dalam platform digital seperti grup WhatsApp atau forum online, sementara petani lansia tetap mengandalkan pertemuan kelompok tani atau diskusi informal di tingkat lokal.

Akibatnya, informasi yang beredar dalam komunitas petani dapat terbagi dalam dua jalur komunikasi yang berbeda. Informasi yang diperoleh melalui media digital mungkin tidak selalu tersampaikan kepada petani yang tidak aktif menggunakan teknologi digital. Sebaliknya, pengalaman lokal yang dibagikan dalam pertemuan kelompok tani mungkin tidak terdokumentasi secara digital sehingga sulit diakses oleh generasi muda yang lebih aktif dalam ruang komunikasi online. Fragmentasi ini dapat menghambat proses pembelajaran kolektif dalam komunitas petani karena informasi tidak mengalir secara merata di antara seluruh anggota kelompok.

D. Konflik Nilai antara Inovasi dan Tradisi

Selain perbedaan preferensi komunikasi, konflik antar generasi juga sering berkaitan dengan perbedaan nilai dalam memandang inovasi pertanian. Generasi muda cenderung memiliki orientasi yang lebih eksperimental dan terbuka terhadap teknologi baru. Mereka sering melihat inovasi sebagai peluang untuk meningkatkan produktivitas serta memperluas akses pasar. Sebaliknya, petani lansia sering memandang praktik pertanian sebagai sistem pengetahuan yang telah teruji oleh pengalaman panjang. Mereka lebih berhati-hati dalam menerima teknologi baru karena khawatir perubahan tersebut dapat mengganggu stabilitas sistem produksi yang telah mereka bangun selama bertahun-tahun. Perbedaan orientasi nilai ini dapat menciptakan konflik dalam proses pengambilan keputusan kolektif dalam kelompok tani, terutama ketika kelompok harus memutuskan apakah akan mengadopsi teknologi baru atau mempertahankan praktik yang telah ada.

E. Peran Penyuluh sebagai Mediator Generasi

Dalam situasi seperti ini, penyuluh pertanian memiliki peran penting sebagai mediator yang menjembatani perbedaan perspektif antar generasi. Penyuluh dapat membantu menciptakan ruang dialog yang memungkinkan generasi muda dan generasi lansia saling berbagi pengalaman serta memahami perspektif masing-masing. Pendekatan penyuluhan yang mengintegrasikan metode komunikasi digital dengan kegiatan tatap muka dapat membantu mengurangi fragmentasi komunikasi dalam kelompok tani. Misalnya, informasi

yang diperoleh melalui platform digital dapat dibahas kembali dalam pertemuan kelompok tani sehingga seluruh anggota kelompok dapat memahami dan mengevaluasi informasi tersebut secara kolektif. Sebaliknya, pengalaman lokal yang diperoleh melalui praktik lapangan dapat didokumentasikan dan dibagikan melalui media digital sehingga dapat diakses oleh generasi muda yang lebih aktif dalam ruang komunikasi online.

F. Implikasi bagi Transformasi Digital Pedesaan

Analisis mengenai konflik preferensi antar generasi menunjukkan bahwa transformasi digital dalam sektor pertanian tidak hanya merupakan proses teknologi, tetapi juga proses sosial yang melibatkan negosiasi antara nilai, pengalaman, dan identitas antar generasi. Jika tidak dikelola dengan baik, kesenjangan generatif dalam preferensi komunikasi dapat memperlambat proses difusi inovasi pertanian. Namun jika perbedaan tersebut dapat diintegrasikan secara konstruktif, interaksi antara generasi muda dan generasi lansia justru dapat memperkaya sistem pengetahuan dalam komunitas petani.

Generasi muda dapat memperkenalkan teknologi dan informasi baru yang diperoleh dari jaringan digital, sementara generasi lansia dapat memberikan perspektif pengalaman praktis yang membantu mengevaluasi relevansi teknologi tersebut dalam konteks lokal. Integrasi kedua perspektif ini dapat menciptakan sistem pembelajaran kolektif yang lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan ekonomi dan teknologi dalam sektor pertanian.

Strategi Segmentasi Penyuluhan: Protokol *Digital-Heavy* untuk Pemuda vs Traditional-*Heavy* untuk Petani Lansia

Analisis pada bagian sebelumnya menunjukkan bahwa perbedaan generasi dalam komunitas petani tidak hanya menciptakan variasi dalam preferensi komunikasi, tetapi juga mempengaruhi cara petani mengakses dan memanfaatkan sistem penyuluhan. Generasi muda cenderung lebih adaptif terhadap teknologi digital, sementara petani lansia lebih nyaman dengan pendekatan penyuluhan yang berbasis interaksi tatap muka.

Kondisi ini menunjukkan bahwa pendekatan penyuluhan yang bersifat seragam bagi seluruh kelompok petani sering kali kurang efektif. Oleh karena itu, diperlukan strategi segmentasi penyuluhan, yaitu pendekatan komunikasi yang disesuaikan dengan karakteristik sosial dan generasi petani.

Segmentasi ini memungkinkan sistem penyuluhan mengoptimalkan efektivitas komunikasi dengan menyesuaikan metode penyampaian informasi terhadap preferensi dan kapasitas pengguna. Dalam konteks transformasi digital pertanian, strategi segmentasi dapat dibagi menjadi dua protokol utama, yaitu *digital-heavy extension* dan *traditional-heavy extension.*

A. Protokol *Digital-Heavy* untuk Pemuda Tani

Kelompok petani muda yang memiliki literasi digital tinggi merupakan target utama bagi pendekatan penyuluhan berbasis teknologi digital. Generasi ini memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengakses informasi melalui internet serta memanfaatkan berbagai aplikasi pertanian digital. Pendekatan *digital-heavy extension* menekankan penggunaan teknologi komunikasi digital sebagai saluran utama penyebaran informasi pertanian. Dalam protokol ini, platform digital seperti aplikasi *mobile*, media sosial, dan portal informasi pertanian digunakan sebagai sarana utama penyampaian pengetahuan teknis dan informasi pasar.

Media sosial memiliki peran penting dalam pendekatan ini karena mampu menciptakan jaringan komunikasi yang luas antar petani. Melalui platform digital, petani muda dapat berbagi pengalaman mengenai praktik pertanian baru, mempromosikan produk pertanian, serta memperoleh informasi mengenai peluang pasar. Selain itu, teknologi digital juga memungkinkan pengembangan berbagai layanan inovatif seperti sistem peringatan dini cuaca, rekomendasi pemupukan berbasis data, serta platform perdagangan hasil pertanian. Pendekatan *digital-heavy* juga mendukung munculnya fenomena agripreneurship, di mana generasi muda memanfaatkan teknologi digital untuk mengembangkan usaha pertanian yang lebih modern dan berorientasi pasar.

B. Protokol *Traditional-Heavy* untuk Petani Lansia

Berbeda dengan generasi muda, petani lansia cenderung memiliki preferensi komunikasi yang lebih kuat terhadap interaksi tatap muka. Oleh karena itu, pendekatan penyuluhan yang efektif bagi kelompok ini tetap perlu mempertahankan metode komunikasi tradisional sebagai saluran utama penyebaran informasi. Pendekatan *traditional-heavy extension* menekankan penggunaan metode penyuluhan klasik seperti kunjungan lapangan, demonstrasi teknologi, serta kegiatan kelompok tani sebagai sarana utama pembelajaran. Metode demonstrasi lapangan sangat penting dalam pendekatan ini karena memungkinkan petani melihat secara langsung bagaimana suatu teknologi diterapkan dalam kondisi nyata. Melalui observasi langsung, petani dapat mengevaluasi efektivitas teknologi tersebut sebelum memutuskan untuk mengadopsinya. Selain itu, interaksi tatap muka juga memberikan ruang bagi penyuluh untuk menjelaskan teknologi secara lebih rinci serta menjawab pertanyaan petani secara langsung. Proses komunikasi dua arah ini membantu mengurangi ketidakpastian yang sering dirasakan oleh petani lansia terhadap teknologi baru. Pendekatan *traditional-heavy* juga memanfaatkan pertemuan kelompok tani sebagai forum diskusi kolektif di mana petani dapat berbagi pengalaman dan belajar dari praktik yang dilakukan oleh anggota komunitas lainnya.

C. Integrasi Segmentasi dalam Sistem Penyuluhan Hibrid

Meskipun segmentasi generasi penting dalam merancang strategi komunikasi yang efektif, pendekatan ini tidak berarti bahwa setiap kelompok petani harus sepenuhnya terpisah dalam sistem penyuluhan. Sebaliknya, segmentasi perlu diintegrasikan dalam kerangka sistem penyuluhan hibrid yang memungkinkan interaksi antar generasi dalam proses pembelajaran kolektif. Dalam sistem penyuluhan hibrid, teknologi digital dapat digunakan untuk menyediakan informasi dasar yang dapat diakses oleh seluruh petani. Sementara itu, kegiatan penyuluhan lapangan dapat digunakan untuk memperdalam pemahaman serta membangun kepercayaan terhadap teknologi baru.

Generasi muda dapat berperan sebagai fasilitator yang membantu petani lansia memahami penggunaan teknologi digital. Sebaliknya, petani lansia dapat berbagi pengalaman praktis yang membantu generasi muda mengevaluasi relevansi teknologi dalam konteks lokal. Interaksi antar generasi ini menciptakan sistem pembelajaran kolektif yang lebih adaptif terhadap perubahan teknologi dan lingkungan produksi pertanian.

D. Protokol Operasional Penyuluhan Berbasis Segmentasi

Untuk mengimplementasikan strategi segmentasi secara efektif, sistem penyuluhan perlu mengembangkan protokol operasional yang jelas dalam mengidentifikasi kelompok sasaran serta menentukan metode komunikasi yang sesuai. Beberapa langkah operasional yang dapat dilakukan antara lain:

a. Pemetaan demografis petani Mengidentifikasi struktur usia petani dalam wilayah kerja penyuluhan.
b. Penilaian literasi digital Menilai tingkat kemampuan petani dalam menggunakan teknologi digital.
c. Pemilihan saluran komunikasi Menentukan kombinasi metode komunikasi digital dan tatap muka yang paling sesuai bagi setiap kelompok petani.
d. Pengembangan materi penyuluhan adaptif Menyesuaikan format materi penyuluhan dengan preferensi komunikasi masing-masing kelompok.
e. Evaluasi partisipatif Melibatkan petani dalam evaluasi efektivitas metode penyuluhan yang digunakan.
f. Pendekatan operasional ini memungkinkan sistem penyuluhan mengoptimalkan penggunaan sumber daya komunikasi serta meningkatkan efektivitas penyebaran inovasi pertanian.

E. Implikasi Kebijakan bagi Transformasi Penyuluhan

Analisis mengenai segmentasi generatif dalam sistem penyuluhan memiliki implikasi penting bagi kebijakan pembangunan pertanian. Transformasi digital dalam sektor pertanian tidak hanya memerlukan investasi dalam infrastruktur teknologi, tetapi juga memerlukan strategi komunikasi yang mempertimbangkan keragaman sosial dalam komunitas petani. Kebijakan penyuluhan perlu mendorong integrasi antara teknologi digital

dan metode penyuluhan tradisional sehingga sistem penyuluhan dapat menjangkau berbagai kelompok petani dengan cara yang sesuai dengan karakteristik mereka.

Selain itu, program pelatihan literasi digital bagi petani juga perlu diperluas untuk membantu mengurangi kesenjangan generatif dalam penggunaan teknologi pertanian. Dengan mengintegrasikan strategi segmentasi dalam sistem penyuluhan, transformasi digital dalam sektor pertanian dapat berlangsung secara lebih inklusif dan berkelanjutan.

Inklusivitas Generatif dalam Transformasi Digital Pedesaan

Transformasi digital dalam sektor pertanian sering dipahami sebagai proses adopsi teknologi baru untuk meningkatkan efisiensi produksi dan distribusi informasi. Namun, analisis sosiologis pada sub-bab ini menunjukkan bahwa digitalisasi pertanian juga merupakan proses sosial yang melibatkan interaksi kompleks antara berbagai kelompok generasi dalam komunitas pedesaan. Perbedaan preferensi komunikasi, tingkat literasi digital, serta pengalaman produksi pertanian menciptakan dinamika sosial yang mempengaruhi cara inovasi pertanian diadopsi dan disebarkan dalam masyarakat.

Hasil analisis menunjukkan bahwa generasi muda petani memiliki kecenderungan yang lebih kuat untuk memanfaatkan teknologi digital sebagai sumber informasi dan sarana komunikasi. Mereka menggunakan media sosial, aplikasi pertanian, serta berbagai platform digital untuk memperoleh pengetahuan teknis dan mengakses pasar pertanian yang lebih luas. Dalam banyak kasus, generasi muda bahkan berperan sebagai agen perubahan yang memperkenalkan inovasi teknologi kepada komunitas petani.

Sebaliknya, petani lansia cenderung mempertahankan preferensi komunikasi berbasis interaksi tatap muka serta pembelajaran melalui pengalaman langsung di lapangan. Bagi kelompok ini, kepercayaan terhadap penyuluh serta demonstrasi praktik pertanian memiliki peran yang sangat penting dalam proses adopsi teknologi. Perbedaan orientasi komunikasi ini tidak selalu menciptakan konflik, tetapi dapat menjadi sumber kekuatan kolektif jika dikelola secara konstruktif. Generasi muda membawa akses terhadap pengetahuan digital yang luas, sementara generasi lansia memiliki pengalaman praktis yang membantu mengevaluasi relevansi teknologi dalam kondisi lokal.

A. Inklusivitas Generatif sebagai Prinsip Transformasi Penyuluhan

Konsep inklusivitas generatif merujuk pada pendekatan pembangunan pedesaan yang mengakui keberagaman generasi dalam komunitas petani serta berupaya mengintegrasikan berbagai perspektif generasi dalam proses inovasi pertanian. Dalam konteks penyuluhan pertanian, inklusivitas generatif berarti merancang sistem komunikasi yang mampu menjangkau berbagai kelompok petani tanpa mengabaikan perbedaan preferensi dan kapasitas mereka.

Pendekatan ini menolak asumsi bahwa digitalisasi pertanian harus menggantikan metode penyuluhan tradisional secara keseluruhan. Sebaliknya, transformasi digital perlu dipahami sebagai proses integrasi antara teknologi baru dan praktik sosial yang telah lama berkembang dalam komunitas pedesaan.

Marvin & Bouzembrak (2020) sistem inovasi pertanian modern semakin bergantung pada jaringan pengetahuan yang kompleks, di mana berbagai aktor-petani, penyuluh, perusahaan teknologi, serta lembaga penelitian berinteraksi dalam ekosistem inovasi yang saling terhubung. Dalam sistem ini, generasi muda dan generasi lansia memiliki peran yang berbeda tetapi saling melengkapi dalam proses produksi dan penyebaran pengetahuan pertanian.

a. Transformasi Komunikasi Pertanian: Petani Kopi Vietnam vs Petani Jagung Ethiopia

Untuk memahami lebih jauh dinamika kesenjangan generatif dalam transformasi digital pertanian, studi komparatif antara komunitas petani di Vietnam dan Ethiopia memberikan ilustrasi yang menarik.

a) Vietnam: Digitalisasi dalam Rantai Nilai Kopi

Vietnam merupakan salah satu produsen kopi terbesar di dunia, dengan sistem produksi yang semakin terintegrasi dengan pasar global. Dalam beberapa tahun terakhir, petani kopi di Vietnam mulai memanfaatkan teknologi digital untuk mengakses informasi pasar serta mengelola aktivitas produksi. Generasi muda petani

kopi memainkan peran penting dalam proses ini. Mereka menggunakan *smartphone* untuk memantau harga kopi internasional, berkomunikasi dengan pembeli melalui platform digital, serta mengakses berbagai sumber informasi mengenai praktik budidaya kopi yang lebih efisien. Media sosial juga digunakan sebagai sarana untuk berbagi pengalaman mengenai teknik pengolahan kopi serta strategi pemasaran produk kopi spesialti. Fenomena ini menunjukkan bagaimana teknologi digital dapat memperkuat posisi petani dalam rantai nilai global melalui peningkatan akses informasi dan jaringan pasar.

b) Ethiopia: Tradisi Kolektif dalam Komunitas Jagung
Berbeda dengan Vietnam, komunitas petani jagung di Ethiopia masih sangat bergantung pada sistem penyuluhan tradisional yang berbasis interaksi komunitas. Penyuluh lapangan memainkan peran penting dalam memperkenalkan teknologi pertanian baru melalui demonstrasi lapangan dan kegiatan kelompok tani. Dalam konteks ini, petani lansia sering memiliki pengaruh yang kuat dalam proses pengambilan keputusan kolektif. Pengalaman panjang dalam mengelola produksi pertanian memberikan mereka legitimasi sosial dalam komunitas, sehingga rekomendasi mereka sering menjadi acuan bagi petani lain dalam mengadopsi teknologi baru. Meskipun teknologi digital mulai diperkenalkan dalam sistem penyuluhan di Ethiopia, proses adopsinya masih berlangsung secara bertahap karena keterbatasan infrastruktur serta perbedaan preferensi komunikasi antar generasi.

c) Pelajaran dari Perbandingan Vietnam dan Ethiopia
Perbandingan antara kedua kasus ini menunjukkan bahwa transformasi digital dalam pertanian tidak mengikuti jalur yang seragam di semua wilayah. Faktor sosial, ekonomi, dan budaya memainkan peran penting dalam menentukan bagaimana teknologi digital diintegrasikan dalam sistem produksi pertanian. Dalam konteks ini, kesenjangan generatif dalam komunitas petani perlu dipahami sebagai fenomena yang dinamis dan kontekstual. Di beberapa wilayah, generasi muda menjadi penggerak utama digitalisasi pertanian. Di wilayah lain, pengalaman dan otoritas sosial petani lansia tetap menjadi faktor penting dalam proses adopsi inovasi.

B. Implikasi bagi Masa Depan Penyuluhan Pertanian
Analisis sosiologis dalam sub-bab ini menunjukkan bahwa transformasi digital dalam sistem penyuluhan tidak dapat dipisahkan dari dinamika sosial dalam komunitas petani. Perbedaan generasi menciptakan variasi dalam cara petani mengakses dan memanfaatkan informasi pertanian. Oleh karena itu, sistem penyuluhan masa depan perlu mengembangkan pendekatan yang mampu mengintegrasikan berbagai preferensi komunikasi dalam komunitas petani. Model penyuluhan hibrid yang menggabungkan teknologi digital dengan interaksi tatap muka merupakan pendekatan yang paling menjanjikan untuk mencapai tujuan tersebut.

Pendekatan ini memungkinkan teknologi digital digunakan untuk memperluas akses informasi pertanian, sementara komunikasi interpersonal tetap memainkan peran penting dalam membangun kepercayaan serta memperkuat proses pembelajaran kolektif dalam komunitas pedesaan. Dengan mengadopsi prinsip inklusivitas generatif, transformasi digital dalam sektor pertanian dapat berlangsung secara lebih adil dan berkelanjutan, sehingga manfaat inovasi teknologi dapat dirasakan oleh seluruh kelompok petani tanpa memandang perbedaan usia atau tingkat literasi digital.

Analisis Biaya Marjinal: Perbandingan Struktur Biaya Penyuluhan Tradisional dan Platform Digital

Evaluasi ekonomi terhadap sistem penyuluhan pertanian merupakan aspek penting dalam menentukan keberlanjutan program pembangunan pertanian, terutama di negara berkembang yang memiliki keterbatasan anggaran publik. Dalam konteks ini, analisis biaya marjinal menjadi alat analisis yang penting untuk memahami bagaimana struktur biaya berbeda antara sistem penyuluhan tradisional dan penyuluhan berbasis platform digital. Secara umum, kedua sistem penyuluhan tersebut memiliki struktur biaya yang berbeda secara fundamental.

Penyuluhan tradisional cenderung didominasi oleh biaya variabel yang tinggi, sedangkan penyuluhan digital memiliki biaya tetap yang besar di awal tetapi biaya marjinal yang sangat rendah ketika sistem telah beroperasi. Perbedaan ini menciptakan implikasi ekonomi yang signifikan dalam hal efisiensi biaya dan kemampuan sistem penyuluhan untuk menjangkau petani dalam skala besar.

A. Struktur Biaya Penyuluhan Tradisional

Sistem penyuluhan tradisional yang berbasis interaksi tatap muka biasanya melibatkan berbagai komponen biaya operasional yang bersifat variabel. Biaya-biaya ini meningkat secara langsung seiring dengan jumlah petani yang dilayani atau wilayah yang dijangkau oleh sistem penyuluhan. Komponen utama biaya dalam sistem penyuluhan tradisional meliputi:

a. Transportasi penyuluh lapangan Penyuluh sering harus melakukan perjalanan ke berbagai desa untuk melakukan kunjungan lapangan atau kegiatan kelompok tani.
b. Biaya logistik kegiatan penyuluhan Termasuk biaya penyelenggaraan pelatihan, demonstrasi teknologi, dan kegiatan sekolah lapang.
c. Gaji tenaga penyuluh Sistem penyuluhan tradisional membutuhkan jumlah tenaga penyuluh yang cukup besar untuk menjangkau wilayah pertanian yang luas.
d. Biaya operasional administrasi Termasuk pengelolaan kantor penyuluhan, koordinasi program, serta dokumentasi kegiatan.

Karena sebagian besar biaya ini bersifat variabel, peningkatan jumlah petani yang dilayani akan secara langsung meningkatkan total biaya operasional sistem penyuluhan. menunjukkan bahwa dalam banyak negara berkembang, rasio penyuluh terhadap petani sering kali sangat tinggi, sehingga penyuluh tidak mampu memberikan layanan yang intensif kepada seluruh petani yang membutuhkan.

B. Struktur Biaya Platform Penyuluhan Digital

Berbeda dengan sistem tradisional, platform penyuluhan digital memiliki struktur biaya yang lebih terkonsentrasi pada investasi awal dalam pengembangan teknologi. Komponen utama biaya dalam sistem ini meliputi:

a. Pengembangan aplikasi atau platform digital Termasuk desain sistem, pemrograman perangkat lunak, serta integrasi basis data.
b. Infrastruktur server dan penyimpanan data Sistem digital memerlukan kapasitas penyimpanan data yang memadai untuk mengelola informasi pertanian serta interaksi pengguna.
c. Biaya pengelolaan sistem teknologi informasi Termasuk pemeliharaan perangkat lunak, keamanan sistem, serta pembaruan teknologi secara berkala.
d. Biaya komunikasi digital Seperti pengiriman pesan SMS, notifikasi aplikasi, atau layanan berbasis internet.

Meskipun investasi awal dalam pengembangan sistem digital dapat relatif tinggi, biaya marjinal untuk menambahkan pengguna baru dalam sistem tersebut biasanya sangat rendah. Sebagai contoh, setelah sebuah aplikasi penyuluhan digital dikembangkan, penambahan ribuan pengguna baru tidak memerlukan peningkatan biaya yang signifikan dibandingkan dengan sistem penyuluhan tradisional yang membutuhkan tambahan tenaga penyuluh.

C. Perbandingan Biaya Marjinal

Perbedaan struktur biaya antara kedua sistem penyuluhan dapat dijelaskan melalui konsep biaya marjinal, yaitu biaya tambahan yang diperlukan untuk melayani satu unit tambahan pengguna. Dalam sistem penyuluhan tradisional, biaya marjinal relatif tinggi karena setiap tambahan petani yang dilayani sering membutuhkan tambahan waktu kerja penyuluh serta biaya perjalanan tambahan. Sebaliknya, dalam sistem penyuluhan digital, biaya marjinal mendekati nol setelah sistem teknologi dibangun. Informasi yang disampaikan melalui platform digital dapat diakses oleh ribuan petani secara simultan tanpa memerlukan tambahan biaya operasional yang signifikan. Perbedaan ini menjelaskan mengapa banyak program pembangunan pertanian mulai mengintegrasikan teknologi digital dalam sistem penyuluhan sebagai cara untuk meningkatkan efisiensi biaya.

D. Efisiensi Ekonomi dalam Sistem Penyuluhan

Efisiensi ekonomi dalam sistem penyuluhan dapat dianalisis melalui rasio antara biaya operasional dan jumlah petani yang dilayani. Dalam sistem tradisional, rasio ini cenderung meningkat seiring dengan perluasan wilayah layanan. Sebaliknya, sistem digital memiliki potensi untuk menurunkan rasio biaya per petani karena informasi dapat disebarkan secara luas melalui jaringan digital. Namun demikian, efisiensi biaya tidak selalu berarti efektivitas yang lebih tinggi dalam proses adopsi teknologi. Informasi digital yang disampaikan tanpa interaksi sosial yang memadai dapat kurang efektif dalam mendorong perubahan perilaku petani.

E. Integrasi Biaya dalam Sistem Penyuluhan Hibrid

Karena masing-masing sistem memiliki keunggulan dan keterbatasan ekonomi yang berbeda, pendekatan yang semakin banyak dianjurkan dalam literatur pembangunan pertanian adalah sistem penyuluhan hibrid. Dalam sistem ini, teknologi digital digunakan untuk mengurangi biaya penyebaran informasi dasar, sementara penyuluhan lapangan difokuskan pada kegiatan yang memerlukan interaksi interpersonal seperti demonstrasi teknologi dan pelatihan praktis. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan memanfaatkan efisiensi biaya dari teknologi digital tanpa mengorbankan kualitas pembelajaran yang diperoleh melalui interaksi tatap muka. Dengan mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut, sistem penyuluhan dapat mencapai keseimbangan antara efisiensi ekonomi dan efektivitas komunikasi dalam proses difusi inovasi pertanian.

Skalabilitas Eksponensial: Digital sebagai Jalur Realistis untuk Melayani Jutaan Petani

Salah satu tantangan terbesar dalam sistem penyuluhan pertanian global adalah keterbatasan kapasitas institusional dalam menjangkau jumlah petani yang sangat besar dengan sumber daya yang terbatas. Di banyak negara berkembang, sektor pertanian didominasi oleh petani kecil yang tersebar di wilayah geografis yang luas dan sering kali terpencil. Kondisi ini menciptakan tantangan besar bagi sistem penyuluhan tradisional yang mengandalkan interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani. Dalam sistem penyuluhan konvensional, kapasitas pelayanan sangat bergantung pada jumlah tenaga penyuluh yang tersedia. Setiap penyuluh hanya dapat melayani sejumlah petani tertentu dalam wilayah kerja yang terbatas. Ketika jumlah petani yang membutuhkan layanan penyuluhan meningkat, pemerintah atau lembaga penyuluhan harus merekrut lebih banyak tenaga penyuluh, yang berarti peningkatan biaya operasional secara signifikan.

Sebaliknya, teknologi digital menawarkan model komunikasi yang sangat berbeda. Sistem penyuluhan berbasis digital memungkinkan penyebaran informasi kepada sejumlah besar petani secara simultan tanpa memerlukan peningkatan proporsional dalam jumlah tenaga kerja atau biaya operasional. Karakteristik inilah yang menjadikan digitalisasi sebagai solusi potensial bagi tantangan skalabilitas dalam sistem penyuluhan pertanian.

A. Konsep Skalabilitas dalam Ekonomi Layanan Publik

Dalam ekonomi layanan publik, konsep skalabilitas merujuk pada kemampuan suatu sistem untuk meningkatkan kapasitas layanan tanpa peningkatan biaya yang sebanding. Sistem yang memiliki tingkat skalabilitas tinggi mampu melayani lebih banyak pengguna dengan tambahan biaya yang relatif kecil. Penyuluhan tradisional memiliki tingkat skalabilitas yang relatif rendah karena kapasitas layanan sangat bergantung pada interaksi langsung antara penyuluh dan petani. Setiap tambahan wilayah layanan atau jumlah petani yang dilayani biasanya memerlukan tambahan tenaga penyuluh, kendaraan operasional, serta biaya logistik lainnya.

Sebaliknya, sistem penyuluhan digital memiliki karakteristik skalabilitas yang jauh lebih tinggi. Setelah infrastruktur teknologi dikembangkan, informasi dapat disebarkan kepada ribuan bahkan jutaan petani melalui platform digital dengan biaya tambahan yang sangat kecil. Marvin & Bouzembrak (2020) digitalisasi sistem inovasi pertanian memungkinkan terjadinya transformasi dalam cara pengetahuan pertanian disebarkan, dari model komunikasi linear menjadi jaringan komunikasi digital yang bersifat lebih terbuka dan luas.

B. Digitalisasi dan Ekonomi Jaringan

Salah satu faktor yang menjelaskan skalabilitas tinggi dalam sistem digital adalah fenomena ekonomi jaringan (*network economics*). Dalam sistem digital, nilai suatu platform sering meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah pengguna yang terlibat dalam jaringan tersebut. Sebagai contoh, platform digital yang menghubungkan petani dengan informasi pasar atau teknologi pertanian akan menjadi lebih bernilai ketika semakin banyak petani yang menggunakan platform tersebut. Dengan bertambahnya jumlah pengguna, lebih banyak informasi dan pengalaman yang dapat dibagikan dalam jaringan, sehingga meningkatkan kualitas pengetahuan kolektif yang tersedia bagi pengguna. Fenomena ini menciptakan efek penguatan (*network effects*) yang memungkinkan sistem digital berkembang secara eksponensial tanpa memerlukan peningkatan biaya operasional yang sebanding.

C. Penyuluhan Digital dan Transformasi Akses Informasi

Salah satu kontribusi terbesar teknologi digital dalam sistem penyuluhan adalah kemampuannya untuk memperluas akses informasi pertanian secara signifikan. Melalui platform digital, petani dapat memperoleh informasi mengenai berbagai aspek produksi pertanian, seperti teknik budidaya, pengendalian hama, kondisi cuaca, serta harga pasar.

Steinke dkk. (2021) layanan penyuluhan digital dapat meningkatkan akses petani terhadap informasi pertanian secara signifikan dibandingkan dengan sistem penyuluhan tradisional yang sering menghadapi keterbatasan sumber daya manusia. Selain itu, teknologi digital juga memungkinkan penyampaian informasi secara real-time. Informasi mengenai perubahan harga pasar atau kondisi cuaca dapat disampaikan kepada petani dengan cepat sehingga mereka dapat menyesuaikan keputusan produksi atau pemasaran secara lebih responsif.

D. Tantangan Skalabilitas dalam Penyuluhan Tradisional

Meskipun penyuluhan tradisional memiliki keunggulan dalam membangun hubungan interpersonal dan kepercayaan sosial, sistem ini menghadapi keterbatasan serius dalam hal skalabilitas. Di banyak negara berkembang, rasio penyuluh terhadap petani sangat tidak seimbang. Dalam beberapa kasus, satu penyuluh harus melayani ratusan bahkan ribuan petani dalam wilayah kerja yang luas. Kondisi ini membuat penyuluh sulit memberikan layanan yang intensif kepada setiap petani.

Akibatnya, banyak petani yang tidak memperoleh akses yang memadai terhadap layanan penyuluhan, terutama di wilayah pedesaan terpencil yang sulit dijangkau oleh tenaga penyuluh. Fabregas dkk. (2019) keterbatasan kapasitas dalam sistem penyuluhan tradisional merupakan salah satu hambatan utama dalam difusi inovasi pertanian di negara berkembang.

E. Digitalisasi sebagai Solusi Skalabilitas

Dalam konteks ini, digitalisasi sistem penyuluhan dapat menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan kapasitas dalam sistem penyuluhan tradisional. Dengan memanfaatkan teknologi komunikasi digital, informasi pertanian dapat disebarkan kepada sejumlah besar petani secara simultan tanpa memerlukan tambahan tenaga penyuluh dalam jumlah besar. Sebagai contoh, pesan informasi mengenai teknik pengendalian hama dapat dikirimkan melalui SMS atau aplikasi *mobile* kepada ribuan petani dalam waktu yang sangat singkat. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan menjangkau wilayah yang lebih luas dengan biaya operasional yang relatif rendah.

Selain itu, teknologi digital juga memungkinkan pengumpulan data dari petani secara *real-time* melalui berbagai aplikasi pertanian. Data ini dapat digunakan untuk mengembangkan rekomendasi teknologi yang lebih spesifik sesuai dengan kondisi lokal masing-masing wilayah.

F. Keterbatasan Pendekatan Digital Murni

Meskipun memiliki keunggulan dalam hal skalabilitas, pendekatan digital murni juga memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan. Informasi yang disampaikan melalui platform digital sering bersifat umum dan tidak selalu mempertimbangkan kondisi spesifik yang dihadapi oleh petani di tingkat lokal. Selain itu, tidak semua petani memiliki tingkat literasi digital yang memadai untuk memanfaatkan teknologi tersebut secara optimal.

Kesenjangan digital antara wilayah perkotaan dan pedesaan juga dapat mempengaruhi efektivitas layanan penyuluhan digital.

Oleh karena itu, integrasi antara teknologi digital dan metode penyuluhan tradisional dalam model hybrid extension systems. Dalam model ini, teknologi digital digunakan untuk memperluas jangkauan informasi, sementara penyuluh lapangan tetap berperan dalam membantu petani memahami dan menerapkan teknologi tersebut dalam praktik produksi.

G. Implikasi bagi Kebijakan Penyuluhan

Analisis mengenai skalabilitas eksponensial dalam sistem penyuluhan digital menunjukkan bahwa teknologi digital memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi sistem penyuluhan dalam menjangkau petani dalam skala besar. Namun, digitalisasi sistem penyuluhan tidak boleh dipahami sebagai pengganti penuh bagi metode penyuluhan tradisional. Sebaliknya, teknologi digital perlu diintegrasikan dengan interaksi lapangan untuk memastikan bahwa informasi yang disampaikan dapat dipahami dan diterapkan oleh petani secara efektif.

Pendekatan hibrid ini memungkinkan sistem penyuluhan memanfaatkan keunggulan teknologi digital dalam hal skalabilitas tanpa mengorbankan kualitas komunikasi interpersonal yang penting dalam proses pembelajaran petani.

➢ Analisis ROI dan IRR Model Penyuluhan Hibrid: Kelayakan Ekonomi dan Risiko Infrastruktur Digital

Evaluasi kelayakan ekonomi merupakan aspek krusial dalam perencanaan sistem penyuluhan pertanian modern, terutama ketika pemerintah atau lembaga pembangunan mempertimbangkan investasi dalam teknologi digital. Pengembangan platform penyuluhan digital membutuhkan investasi awal yang cukup besar, termasuk pengembangan perangkat lunak, pembangunan infrastruktur server, serta pelatihan sumber daya manusia. Oleh karena itu, analisis ekonomi jangka panjang diperlukan untuk memastikan bahwa investasi tersebut memberikan manfaat yang lebih besar dibandingkan biaya yang dikeluarkan.

Dalam literatur ekonomi pembangunan, dua indikator yang sering digunakan untuk mengevaluasi kelayakan investasi adalah *Return on Investment* (ROI) dan *Internal Rate of Return* (IRR). Kedua indikator ini memberikan gambaran mengenai seberapa besar manfaat ekonomi yang dihasilkan oleh suatu investasi dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan dalam jangka waktu tertentu. Dalam konteks penyuluhan pertanian, analisis ROI dan IRR tidak hanya mencakup keuntungan finansial langsung, tetapi juga manfaat ekonomi yang lebih luas seperti peningkatan produktivitas, peningkatan pendapatan petani, serta pengurangan biaya distribusi informasi.

A. Konsep *Return on Investment* dalam Penyuluhan Pertanian

Return on Investment (ROI) merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur tingkat keuntungan dari suatu investasi relatif terhadap biaya yang dikeluarkan. Dalam sistem penyuluhan pertanian, ROI dapat dihitung dengan membandingkan manfaat ekonomi yang dihasilkan oleh program penyuluhan dengan total biaya operasional yang diperlukan untuk menjalankan program tersebut.

Manfaat ekonomi dari penyuluhan pertanian biasanya muncul melalui peningkatan produktivitas dan efisiensi produksi di tingkat petani. Ketika petani memperoleh informasi yang lebih baik mengenai teknik budidaya, penggunaan input pertanian, atau manajemen risiko iklim, mereka dapat meningkatkan hasil panen serta mengurangi kerugian produksi.

Alhassan dkk. (2022) program penyuluhan berbasis teknologi digital dapat meningkatkan efisiensi penyebaran informasi pertanian sehingga mempercepat proses adopsi inovasi oleh petani. Peningkatan adopsi teknologi ini pada akhirnya berkontribusi pada peningkatan produktivitas serta pendapatan petani. Dalam konteks ini, ROI penyuluhan digital tidak hanya mencerminkan keuntungan finansial bagi lembaga penyuluhan, tetapi juga manfaat ekonomi yang dirasakan oleh petani sebagai pengguna layanan penyuluhan.

B. Internal Rate of Return dalam Investasi Penyuluhan Digital

Selain ROI, indikator lain yang sering digunakan dalam evaluasi investasi adalah *Internal Rate of Return* (IRR). IRR merupakan tingkat pengembalian investasi yang membuat nilai

sekarang dari manfaat ekonomi suatu proyek sama dengan nilai sekarang dari biaya investasi yang dikeluarkan. Dalam analisis investasi publik, IRR digunakan untuk menentukan apakah suatu proyek layak secara ekonomi dibandingkan dengan alternatif penggunaan sumber daya yang lain. Dalam konteks penyuluhan digital, IRR dapat digunakan untuk mengevaluasi apakah investasi dalam pengembangan platform digital memberikan manfaat ekonomi jangka panjang yang lebih besar dibandingkan dengan biaya pengembangan dan pemeliharaan sistem tersebut.

Okoye dkk. (2021) investasi dalam sistem penyuluhan digital sering memiliki potensi IRR yang tinggi karena kemampuan teknologi digital untuk menjangkau sejumlah besar petani dengan biaya operasional yang relatif rendah. Namun demikian, analisis IRR juga perlu mempertimbangkan berbagai risiko yang dapat mempengaruhi keberlanjutan sistem digital dalam jangka panjang.

C. Risiko Ekonomi dalam Infrastruktur Penyuluhan Digital

Meskipun teknologi digital memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi sistem penyuluhan, investasi dalam infrastruktur digital juga memiliki berbagai risiko ekonomi yang perlu diperhatikan. Salah satu risiko utama adalah biaya pemeliharaan teknologi. Platform digital memerlukan pembaruan perangkat lunak secara berkala untuk menjaga keamanan sistem serta menyesuaikan teknologi dengan perkembangan kebutuhan pengguna. Selain itu, infrastruktur server dan penyimpanan data juga memerlukan biaya operasional yang berkelanjutan.

Risiko lain berkaitan dengan ketergantungan pada infrastruktur teknologi seperti jaringan internet dan listrik. Di banyak wilayah pedesaan, keterbatasan akses terhadap infrastruktur ini dapat membatasi efektivitas sistem penyuluhan digital. Selain itu, tingkat literasi digital petani juga dapat mempengaruhi tingkat pemanfaatan platform digital. Jika petani tidak memiliki kemampuan yang memadai untuk menggunakan teknologi tersebut, investasi dalam sistem digital mungkin tidak menghasilkan manfaat ekonomi yang optimal.

D. Kelayakan Ekonomi Model Penyuluhan Hibrid

Karena adanya berbagai risiko dalam sistem digital murni, pendekatan model penyuluhan hibrid yang mengintegrasikan teknologi digital dengan interaksi lapangan oleh penyuluh. Dalam model ini, teknologi digital digunakan untuk menyediakan informasi dasar kepada petani secara luas, sementara penyuluh lapangan tetap memainkan peran penting dalam membantu petani memahami dan menerapkan teknologi tersebut dalam praktik produksi. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan memanfaatkan efisiensi biaya dari teknologi digital sekaligus mempertahankan efektivitas komunikasi interpersonal yang penting dalam proses adopsi teknologi.

Alhassan dkk. (2022) program penyuluhan yang meng-integrasikan teknologi digital dengan kegiatan lapangan memiliki tingkat adopsi teknologi yang lebih tinggi dibandingkan dengan program yang hanya mengandalkan salah satu pendekatan saja. Dengan demikian, model penyuluhan hibrid tidak hanya meningkatkan efektivitas komunikasi tetapi juga meningkatkan kelayakan ekonomi investasi dalam sistem penyuluhan pertanian.

E. Perspektif Ekonomi Pembangunan

Dari perspektif ekonomi pembangunan, investasi dalam sistem penyuluhan pertanian merupakan bentuk investasi dalam modal pengetahuan (knowledge capital) yang memiliki dampak jangka panjang terhadap produktivitas sektor pertanian. Ketika petani memiliki akses yang lebih baik terhadap informasi pertanian, mereka dapat membuat keputusan produksi yang lebih rasional serta mengadopsi teknologi yang lebih efisien. Proses ini tidak hanya meningkatkan pendapatan petani tetapi juga memperkuat ketahanan pangan nasional.

Dalam konteks ini, analisis ROI dan IRR dalam sistem penyuluhan tidak hanya mencerminkan keuntungan ekonomi jangka pendek, tetapi juga kontribusi jangka panjang terhadap pembangunan sektor pertanian. Investasi dalam sistem penyuluhan digital dan hibrid dapat dipandang sebagai strategi pembangunan yang memperkuat kapasitas petani untuk beradaptasi dengan perubahan teknologi, pasar, dan iklim dalam sektor pertanian global.

Efisiensi vs Efikasi: Paradoks Penghematan Biaya dalam Penyuluhan Digital

Transformasi digital dalam sistem penyuluhan pertanian sering dipromosikan sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi biaya layanan penyuluhan. Teknologi digital memungkinkan penyebaran informasi kepada sejumlah besar petani secara simultan dengan biaya operasional yang relatif rendah dibandingkan dengan metode penyuluhan tradisional yang berbasis interaksi tatap muka. Namun, meskipun digitalisasi menawarkan keunggulan dalam efisiensi ekonomi, penghematan biaya tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan efektivitas dalam mendorong adopsi teknologi pertanian.

Paradoks ini sering dijelaskan melalui perbedaan antara efisiensi (*efficiency*) dan efikasi (*efficacy*) dalam program pembangunan. Efisiensi merujuk pada kemampuan suatu program untuk mencapai tujuan dengan biaya yang minimal, sedangkan efikasi merujuk pada tingkat keberhasilan program dalam menghasilkan perubahan perilaku atau hasil yang diharapkan. Dalam konteks penyuluhan pertanian, sistem digital dapat sangat efisien dalam menyebarkan informasi, tetapi tidak selalu efektif dalam mendorong petani untuk mengadopsi teknologi baru tanpa adanya dukungan interaksi sosial yang memadai.

A. Efisiensi Ekonomi dalam Sistem Penyuluhan Digital

Keunggulan utama sistem penyuluhan digital terletak pada kemampuannya untuk menurunkan biaya penyebaran informasi secara signifikan. Setelah platform digital dikembangkan, informasi pertanian dapat disampaikan kepada ribuan petani melalui pesan SMS, aplikasi *mobile*, atau media sosial tanpa memerlukan tambahan biaya yang besar.

Singh dkk. (2023) layanan penyuluhan berbasis digital dapat mengurangi biaya operasional penyuluhan secara signifikan dibandingkan dengan sistem penyuluhan tradisional. Pengurangan biaya ini terutama berasal dari berkurangnya kebutuhan perjalanan lapangan serta pengurangan jumlah tenaga penyuluh yang diperlukan untuk menjangkau petani. Selain itu, teknologi digital juga memungkinkan penyampaian informasi secara *real-time* mengenai berbagai aspek produksi pertanian seperti kondisi cuaca, harga pasar, serta rekomendasi teknis mengenai penggunaan input pertanian. Dari perspektif ekonomi, karakteristik ini membuat sistem penyuluhan digital sangat menarik bagi pemerintah dan organisasi pembangunan yang berupaya meningkatkan jangkauan layanan penyuluhan dengan anggaran yang terbatas.

B. Keterbatasan Efikasi dalam Penyuluhan Digital

Meskipun memiliki keunggulan dalam efisiensi biaya, sistem penyuluhan digital sering menghadapi keterbatasan dalam hal efektivitas perubahan perilaku petani. Informasi yang disampaikan melalui platform digital tidak selalu cukup untuk mendorong petani mengadopsi teknologi baru. Salah satu alasan utama adalah bahwa proses adopsi inovasi pertanian sering melibatkan tingkat ketidakpastian yang tinggi. Petani perlu mempertimbangkan berbagai faktor seperti risiko produksi, biaya investasi, serta kesesuaian teknologi dengan kondisi lokal sebelum memutuskan untuk mengadopsinya.

Dalam situasi seperti ini, interaksi sosial dengan penyuluh atau petani lain sering memainkan peran penting dalam membantu petani mengevaluasi teknologi baru. Diskusi tatap muka memungkinkan petani mengajukan pertanyaan, memperoleh klarifikasi, serta melihat demonstrasi langsung mengenai cara penerapan teknologi. Fabregas dkk., (2019) menunjukkan bahwa penyampaian informasi digital tanpa dukungan interaksi lapangan sering memiliki dampak yang terbatas terhadap perubahan perilaku petani.

C. Peran Kepercayaan dalam Adopsi Teknologi

Faktor lain yang mempengaruhi efektivitas penyuluhan adalah kepercayaan (trust) antara petani dan sumber informasi yang mereka terima. Dalam banyak komunitas pedesaan, kepercayaan terhadap penyuluh atau tokoh petani lokal memainkan peran penting dalam proses difusi inovasi pertanian. Informasi yang disampaikan melalui platform digital sering bersifat anonim atau tidak memiliki hubungan sosial langsung dengan petani. Akibatnya, tingkat kepercayaan terhadap informasi tersebut mungkin lebih rendah dibandingkan dengan rekomendasi yang diberikan oleh penyuluh yang telah dikenal oleh komunitas petani. Kepercayaan sosial merupakan faktor penting dalam proses pembelajaran kolektif di komunitas petani. Tanpa adanya hubungan sosial yang kuat, informasi teknis sering sulit diterjemahkan menjadi perubahan perilaku produksi.

D. Risiko *Over-Digitalization* dalam Kebijakan Penyuluhan

Dalam beberapa kasus, kebijakan pembangunan yang terlalu menekankan digitalisasi penyuluhan dapat menciptakan risiko *over-digitalization*, yaitu situasi di mana investasi dalam teknologi digital dilakukan tanpa mempertimbangkan kebutuhan akan interaksi sosial dalam proses pembelajaran petani. Jika sistem penyuluhan terlalu bergantung pada teknologi digital, petani yang memiliki keterbatasan literasi digital atau akses terhadap infrastruktur teknologi dapat tertinggal dalam proses transformasi pertanian. Selain itu, pendekatan digital murni juga dapat mengurangi kesempatan bagi petani untuk belajar melalui demonstrasi lapangan dan diskusi kelompok, yang merupakan metode pembelajaran yang sangat penting dalam praktik pertanian.

E. Integrasi Efisiensi dan Efikasi dalam Model Penyuluhan Hibrid

Untuk mengatasi paradoks antara efisiensi dan efikasi, pendekatan model penyuluhan hibrid yang mengintegrasikan teknologi digital dengan metode penyuluhan tradisional. Dalam model ini, teknologi digital digunakan untuk menyebarkan informasi dasar secara luas dan cepat kepada petani. Informasi ini dapat mencakup peringatan cuaca, rekomendasi pemupukan, atau informasi pasar yang dapat membantu petani dalam pengambilan keputusan sehari-hari. Sementara itu, kegiatan penyuluhan lapangan tetap memainkan peran penting dalam membantu petani memahami dan menerapkan teknologi tersebut dalam praktik produksi. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan memanfaatkan keunggulan teknologi digital dalam hal efisiensi biaya sekaligus mempertahankan efektivitas komunikasi interpersonal dalam proses pem-belajaran petani.

F. Perspektif Ekonomi Pembangunan

Dari perspektif ekonomi pembangunan, tantangan utama dalam desain sistem penyuluhan modern adalah menemukan keseimbangan antara efisiensi biaya dan efektivitas program. Sistem penyuluhan yang terlalu mahal sulit dipertahankan dalam jangka panjang, tetapi sistem yang terlalu berorientasi pada penghematan biaya juga berisiko gagal mencapai tujuan pembangunan yang diharapkan. Oleh karena itu, kebijakan penyuluhan perlu dirancang dengan mempertimbangkan keseimbangan antara teknologi digital dan interaksi sosial dalam komunitas petani. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efektivitas program penyuluhan tetapi juga memastikan bahwa investasi dalam teknologi digital benar-benar memberikan manfaat ekonomi bagi petani dalam jangka panjang.

➢ Realokasi Anggaran Penyuluhan: Menuju Sistem Hibrid yang Berkelanjutan

Analisis ekonomi pada bagian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem penyuluhan pertanian menghadapi dilema struktural antara keterbatasan anggaran publik dan kebutuhan untuk menjangkau jutaan petani secara efektif. Penyuluhan tradisional memiliki keunggulan dalam membangun hubungan sosial dan meningkatkan tingkat adopsi teknologi, tetapi memerlukan biaya operasional yang tinggi karena bergantung pada tenaga penyuluh lapangan dan aktivitas tatap muka. Sebaliknya, penyuluhan digital menawarkan efisiensi biaya dan skalabilitas yang tinggi, tetapi sering menghadapi keterbatasan dalam mendorong perubahan perilaku petani jika tidak didukung oleh interaksi sosial.

Dalam konteks ini, pendekatan model penyuluhan hibrid muncul sebagai solusi strategis untuk mengintegrasikan efisiensi ekonomi dari teknologi digital dengan efektivitas komunikasi interpersonal dalam sistem penyuluhan tradisional. Model ini tidak hanya meningkatkan jangkauan layanan penyuluhan tetapi juga memastikan bahwa informasi yang disampaikan dapat dipahami dan diterapkan oleh petani dalam praktik produksi. Dari perspektif ekonomi pembangunan, keberhasilan implementasi model penyuluhan hibrid sangat bergantung pada bagaimana pemerintah dan lembaga pembangunan mengalokasikan anggaran penyuluhan secara lebih strategis.

A. Simulasi Struktur Biaya Operasional Tahunan

Untuk memahami implikasi ekonomi dari berbagai pendekatan penyuluhan, tabel berikut menyajikan simulasi sederhana mengenai struktur biaya operasional tahunan dari tiga model penyuluhan yang berbeda: tradisional, digital, dan hibrid.

Tabel 25. Simulasi Biaya Operasional Tahunan Sistem Penyuluhan

Komponen Biaya	Penyuluhan Tradisional	Penyuluhan Digital	Penyuluhan Hibrid
Gaji penyuluh lapangan	Tinggi	Rendah	Sedang
Transportasi lapangan	Tinggi	Sangat rendah	Sedang
Infrastruktur teknologi	Rendah	Tinggi	Sedang
Pengembangan aplikasi	Tidak ada	Tinggi	Sedang
Operasional server & data	Tidak ada	Sedang	Sedang
Pelatihan petani	Tinggi	Rendah	Sedang
Biaya per petani	Tinggi	Sangat rendah	Rendah
Efektivitas adopsi teknologi	Tinggi	Sedang	Tinggi

Tabel tersebut menunjukkan bahwa masing-masing model penyuluhan memiliki keunggulan dan kelemahan yang berbeda dalam hal struktur biaya dan efektivitas program. Penyuluhan tradisional memiliki biaya operasional yang tinggi tetapi sering menghasilkan tingkat adopsi teknologi yang lebih baik karena adanya interaksi sosial yang intensif antara penyuluh dan petani.

Sebaliknya, penyuluhan digital memiliki biaya operasional yang relatif rendah per petani karena informasi dapat disebarkan kepada banyak pengguna secara simultan. Namun, efektivitas program dalam mendorong adopsi teknologi sering bergantung pada tingkat literasi digital petani serta ketersediaan infrastruktur teknologi di wilayah pedesaan. Model penyuluhan hibrid berupaya menggabungkan keunggulan kedua pendekatan tersebut dengan cara memanfaatkan teknologi digital untuk memperluas jangkauan informasi sekaligus mempertahankan kegiatan penyuluhan lapangan untuk memperkuat proses pembelajaran petani.

B. Strategi Realokasi Anggaran Penyuluhan

Untuk mengimplementasikan model penyuluhan hibrid secara efektif, diperlukan perubahan dalam pola alokasi anggaran penyuluhan. Selama beberapa dekade terakhir, sebagian besar anggaran penyuluhan di banyak negara berkembang dialokasikan untuk membiayai tenaga penyuluh lapangan serta aktivitas operasional seperti perjalanan dinas dan kegiatan pelatihan.

Meskipun komponen tersebut tetap penting dalam sistem penyuluhan, transformasi digital dalam sektor pertanian menuntut investasi yang lebih besar dalam infrastruktur teknologi dan pengembangan platform digital. Strategi realokasi anggaran yang dapat dilakukan antara lain:

a. Investasi Infrastruktur Digital

   Pemerintah perlu meningkatkan investasi dalam pengembangan platform penyuluhan digital yang dapat menyediakan berbagai layanan informasi pertanian bagi petani. Infrastruktur ini dapat mencakup aplikasi *mobile*, sistem peringatan cuaca, serta platform informasi pasar yang dapat diakses oleh petani secara real-time. Investasi dalam teknologi digital tidak hanya meningkatkan efisiensi penyebaran informasi tetapi juga memungkinkan pengumpulan data pertanian yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas layanan penyuluhan.

b. Penguatan Kapasitas Penyuluh sebagai Fasilitator

   Dalam sistem penyuluhan hibrid, peran penyuluh lapangan tidak lagi terbatas pada penyampaian informasi teknis, tetapi berkembang menjadi fasilitator yang membantu petani menginterpretasikan informasi digital dalam konteks praktik pertanian lokal. Oleh karena itu, program pelatihan penyuluh perlu diperluas untuk mencakup keterampilan digital serta kemampuan dalam memfasilitasi pembelajaran kolektif dalam komunitas petani.

c. Pengembangan Program Literasi Digital Petani

   Keberhasilan sistem penyuluhan digital juga sangat bergantung pada kemampuan petani dalam menggunakan teknologi digital. Oleh karena itu, program literasi digital bagi petani perlu menjadi bagian integral dari strategi pembangunan pertanian. Program ini dapat mencakup pelatihan penggunaan *smartphone*, akses aplikasi pertanian, serta pemanfaatan platform digital untuk pemasaran produk pertanian.

d. Integrasi Data dalam Sistem Penyuluhan
   Salah satu keuntungan utama teknologi digital adalah kemampuannya untuk mengumpulkan dan menganalisis data secara real-time. Data mengenai praktik pertanian, kondisi cuaca, serta harga pasar dapat digunakan untuk mengembangkan rekomendasi teknologi yang lebih spesifik sesuai dengan kondisi lokal. Integrasi data dalam sistem penyuluhan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih berbasis bukti dalam pengembangan kebijakan pertanian.

C. Keberlanjutan Finansial Sistem Penyuluhan

Dari perspektif ekonomi publik, keberlanjutan finansial sistem penyuluhan merupakan faktor penting dalam memastikan bahwa program penyuluhan dapat terus beroperasi dalam jangka panjang. Sistem penyuluhan yang terlalu mahal sulit dipertahankan ketika anggaran pemerintah terbatas, sementara sistem yang terlalu murah tetapi tidak efektif juga gagal mencapai tujuan pembangunan pertanian. Model penyuluhan hibrid menawarkan solusi yang relatif seimbang antara efisiensi biaya dan efektivitas program. Dengan memanfaatkan teknologi digital untuk memperluas jangkauan informasi dan menggunakan penyuluhan lapangan secara lebih strategis, sistem ini dapat mengurangi biaya operasional tanpa mengorbankan kualitas layanan penyuluhan.

Singh dkk. (2023) integrasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan anggaran publik sekaligus memperluas akses petani terhadap layanan penyuluhan.

D. Implikasi Kebijakan bagi Transformasi Penyuluhan

Hasil analisis ekonomi dalam sub-bab ini menunjukkan bahwa masa depan sistem penyuluhan pertanian tidak terletak pada penggantian metode tradisional dengan teknologi digital secara penuh, tetapi pada integrasi keduanya dalam kerangka sistem penyuluhan hibrid. Pendekatan ini memungkinkan pemerintah dan lembaga pembangunan memanfaatkan potensi teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi biaya dan jangkauan layanan penyuluhan, sekaligus mempertahankan peran penting interaksi sosial dalam proses pembelajaran petani. Dengan realokasi anggaran yang tepat serta investasi strategis dalam infrastruktur digital dan penguatan kapasitas penyuluh, sistem penyuluhan hibrid dapat menjadi fondasi bagi pembangunan pertanian yang lebih inklusif, efisien, dan berkelanjutan.

.

BAB 6
Filosofi dan Konstruksi Teoritis Pendekatan Hibrid

➢ Dekonstruksi Model Tunggal: Keterbatasan Pendekatan "*Digital-Only*" dan "*Traditional-Only"*

Transformasi sistem penyuluhan pertanian dalam dua dekade terakhir memperlihatkan pergeseran paradigma dari pendekatan komunikasi pembangunan yang sepenuhnya berbasis interaksi tatap muka menuju sistem penyuluhan yang semakin terintegrasi dengan teknologi digital. Kemunculan berbagai platform digital pertanian, aplikasi *mobile*, serta sistem informasi berbasis internet telah membuka peluang baru bagi penyebaran pengetahuan pertanian dalam skala besar. Namun, perkembangan ini juga memunculkan kecenderungan baru dalam kebijakan pembangunan, yaitu munculnya pendekatan ekstrem yang menganggap bahwa sistem penyuluhan digital dapat sepenuhnya menggantikan metode penyuluhan tradisional.

Di sisi lain, sebagian praktisi penyuluhan masih mempertahankan pendekatan konvensional yang menganggap bahwa interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani merupakan satu-satunya metode komunikasi yang efektif dalam mendorong perubahan perilaku petani. Kedua posisi ini mencerminkan apa yang dapat disebut sebagai model tunggal (*single-model paradigm*) dalam sistem penyuluhan pertanian. Dekonstruksi terhadap paradigma model tunggal menunjukkan bahwa baik pendekatan *digital-only* maupun *traditional-only* memiliki keterbatasan struktural yang menciptakan celah layanan atau *service gap* dalam sistem penyuluhan pertanian. Celah layanan ini muncul ketika sistem penyuluhan gagal menjangkau kelompok petani tertentu atau gagal menyediakan bentuk komunikasi yang sesuai dengan kebutuhan sosial dan kognitif petani.

Danso-Abbeam dkk., (2018) efektivitas program penyuluhan pertanian sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara metode komunikasi yang digunakan dengan karakteristik sosial dan ekonomi petani yang menjadi sasaran program. Ketika metode komunikasi tidak sesuai dengan kebutuhan petani, informasi yang disampaikan melalui program penyuluhan sering tidak menghasilkan perubahan perilaku produksi yang signifikan.

A. Keterbatasan Pendekatan *Digital-Only*

Pendekatan *digital-only* berangkat dari asumsi bahwa teknologi komunikasi digital mampu menggantikan sebagian besar fungsi sistem penyuluhan tradisional. Dalam model ini, informasi pertanian disampaikan kepada petani melalui berbagai platform digital seperti aplikasi *mobile*, sistem pesan singkat, portal informasi online, serta media sosial. Pendekatan ini memiliki sejumlah keunggulan yang signifikan. Teknologi digital memungkinkan penyebaran informasi secara cepat dan dalam skala yang sangat luas. Informasi mengenai kondisi cuaca, harga pasar, atau rekomendasi teknis mengenai penggunaan input pertanian dapat disampaikan kepada ribuan bahkan jutaan petani secara simultan. Selain itu, teknologi digital juga memungkinkan penyediaan informasi secara *real-time* sehingga petani dapat mengambil keputusan produksi dengan lebih responsif terhadap perubahan kondisi pasar dan lingkungan. Namun demikian, pendekatan digital murni memiliki keterbatasan penting dalam konteks penyuluhan pertanian.

B. Kesenjangan Literasi Digital

Klerkx dkk. (2022) adanya salah satu hambatan utama dalam implementasi penyuluhan digital adalah kesenjangan literasi digital di kalangan petani. Tidak semua petani memiliki kemampuan yang sama dalam menggunakan teknologi digital. Faktor seperti tingkat pendidikan, usia, serta pengalaman menggunakan perangkat digital dapat mempengaruhi kemampuan petani dalam memanfaatkan platform penyuluhan digital. Petani yang memiliki keterbatasan literasi digital sering mengalami kesulitan dalam mengakses informasi yang tersedia dalam platform digital. Akibatnya, kelompok petani tertentu dapat terpinggirkan dalam sistem penyuluhan digital.

C. Keterbatasan Interaksi Sosial

Keterbatasan lain dari pendekatan digital adalah kurangnya interaksi sosial dalam proses komunikasi. Informasi yang disampaikan melalui platform digital sering bersifat satu arah dan tidak selalu memberikan ruang bagi petani untuk berdiskusi atau mengklarifikasi informasi yang mereka terima. Dalam praktik pertanian, banyak keputusan produksi yang melibatkan tingkat ketidakpastian yang tinggi. Petani sering memerlukan diskusi langsung dengan penyuluh atau petani lain untuk mengevaluasi risiko dan manfaat dari suatu teknologi baru sebelum memutuskan untuk mengadopsinya. Tanpa adanya interaksi sosial yang memadai, informasi digital sering sulit diterjemahkan menjadi perubahan perilaku produksi.

D. Masalah Kontekstualisasi Pengetahuan

Informasi yang disampaikan melalui platform digital sering bersifat umum dan tidak selalu mempertimbangkan kondisi spesifik yang dihadapi oleh petani di tingkat lokal. Perbedaan kondisi agroekologi, struktur kepemilikan lahan, serta sistem produksi lokal dapat mempengaruhi relevansi teknologi yang direkomendasikan melalui platform digital. Tanpa proses kontekstualisasi yang memadai, informasi digital berisiko tidak sesuai dengan kebutuhan nyata petani di lapangan.

E. Keterbatasan Pendekatan *Traditional-Only*

Sebaliknya, pendekatan *traditional-only* berangkat dari asumsi bahwa interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani merupakan metode komunikasi yang paling efektif dalam proses penyuluhan pertanian. Pendekatan ini menekankan pentingnya kunjungan lapangan, demonstrasi teknologi, serta diskusi kelompok tani sebagai sarana utama pembelajaran petani. Metode ini memiliki keunggulan penting dalam hal membangun hubungan sosial dan kepercayaan antara penyuluh dan petani. Interaksi langsung memungkinkan penyuluh memahami kondisi lokal petani secara lebih mendalam serta memberikan rekomendasi teknologi yang lebih kontekstual. Namun demikian, pendekatan tradisional juga menghadapi keterbatasan serius dalam hal kapasitas dan efisiensi.

F. Keterbatasan Jangkauan

Sistem penyuluhan tradisional sangat bergantung pada jumlah tenaga penyuluh yang tersedia. Di banyak negara berkembang, rasio penyuluh terhadap petani sangat tidak seimbang. Satu penyuluh sering harus melayani ratusan bahkan ribuan petani dalam wilayah kerja yang luas. Kondisi ini membuat penyuluh sulit memberikan layanan yang intensif kepada seluruh petani yang membutuhkan informasi pertanian.

G. Biaya Operasional Tinggi

Pendekatan tradisional juga memerlukan biaya operasional yang relatif tinggi. Kegiatan penyuluhan seperti kunjungan lapangan, pelatihan kelompok tani, serta demonstrasi teknologi memerlukan biaya transportasi, logistik, serta sumber daya manusia yang cukup besar. Dalam situasi anggaran publik yang terbatas, biaya operasional yang tinggi sering membatasi kemampuan pemerintah untuk memperluas layanan penyuluhan kepada seluruh petani.

H. Lambatnya Difusi Inovasi

Karena keterbatasan kapasitas dan jangkauan, sistem penyuluhan tradisional sering mengalami kesulitan dalam menyebarkan inovasi pertanian secara cepat. Proses difusi inovasi biasanya berlangsung secara bertahap melalui interaksi sosial dalam komunitas petani, sehingga adopsi teknologi baru dapat memerlukan waktu yang cukup lama (Rogers, 2003).

I. *Service Gap* dalam Sistem Penyuluhan

Keterbatasan dari kedua pendekatan tersebut menciptakan apa yang dapat disebut sebagai service gap, yaitu kesenjangan antara kebutuhan petani terhadap informasi pertanian dan kapasitas sistem penyuluhan untuk menyediakan informasi tersebut secara efektif (Fabregas dkk., 2019). Dalam pendekatan digital murni, *service gap* muncul karena keterbatasan literasi digital dan kurangnya interaksi sosial. Sementara itu, dalam pendekatan tradisional, *service gap* muncul karena keterbatasan kapasitas penyuluh dan biaya operasional yang tinggi. Celah layanan ini menunjukkan bahwa sistem penyuluhan pertanian membutuhkan paradigma baru yang mampu mengintegrasikan keunggulan teknologi digital dengan kekuatan interaksi sosial dalam komunikasi pembangunan.

J. Menuju Paradigma Hibrid

Dekonstruksi terhadap model tunggal membuka jalan bagi pengembangan paradigma baru dalam sistem penyuluhan pertanian, yaitu pendekatan hibrid. Pendekatan ini tidak memposisikan teknologi digital dan interaksi tatap muka sebagai metode yang saling menggantikan, tetapi sebagai dua komponen yang saling melengkapi dalam sistem komunikasi pembangunan. Dalam paradigma hibrid, teknologi digital digunakan untuk memperluas akses informasi pertanian dalam skala besar, sementara interaksi tatap muka tetap memainkan peran penting dalam membangun kepercayaan, memberikan pelatihan praktis, serta membantu petani menginterpretasikan informasi dalam konteks lokal. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan pertanian mengatasi keterbatasan struktural dari kedua model tunggal sekaligus meningkatkan efektivitas dan efisiensi program penyuluhan.

Filosofi "*High-Tech, High-Touch*": Sintesis antara Efisiensi Teknologi dan Empati Manusia

Perdebatan mengenai transformasi digital dalam sistem penyuluhan pertanian sering kali terjebak dalam dikotomi antara teknologi dan interaksi manusia. Sebagian pendekatan menekankan dominasi teknologi digital sebagai solusi utama bagi berbagai tantangan komunikasi pembangunan, sementara pendekatan lain menegaskan pentingnya interaksi interpersonal sebagai inti dari proses pembelajaran sosial dalam komunitas petani. Dalam konteks ini, konsep "*High-Tech, High-Touch"* muncul sebagai kerangka filosofis yang mencoba menjembatani ketegangan antara kedua pendekatan tersebut. Konsep ini berangkat dari premis bahwa teknologi digital dan interaksi manusia bukanlah dua entitas yang saling menggantikan, tetapi dua dimensi yang saling melengkapi dalam sistem komunikasi pembangunan modern. Teknologi menyediakan efisiensi, kecepatan, dan skalabilitas dalam penyebaran informasi, sementara interaksi manusia menyediakan empati, kepercayaan, dan pemahaman kontekstual yang diperlukan untuk mengubah informasi menjadi tindakan nyata. Dalam konteks penyuluhan pertanian, filosofi high-tech, high-touch menempatkan teknologi sebagai alat yang memperluas kapasitas komunikasi penyuluhan, tetapi tetap mengakui bahwa perubahan perilaku petani pada akhirnya merupakan proses sosial yang memerlukan interaksi interpersonal.

A. Akar Teoretis dalam Difusi Inovasi

Konsep *high-tech,* high-touch memiliki akar teoretis yang kuat dalam teori *Diffusion of Innovations* yang dikembangkan oleh Rogers, (2003). Teori ini menjelaskan bahwa proses adopsi inovasi dalam masyarakat tidak hanya ditentukan oleh karakteristik teknologi itu sendiri, tetapi juga oleh dinamika sosial dalam jaringan komunikasi masyarakat. Rogers menekankan bahwa inovasi menyebar melalui proses komunikasi interpersonal dalam jaringan sosial, di mana individu belajar dari pengalaman orang lain sebelum memutuskan untuk mengadopsi teknologi baru. Dalam konteks ini, hubungan sosial dan kepercayaan memainkan peran penting dalam menentukan keberhasilan difusi inovasi. Teknologi digital dapat mempercepat penyebaran informasi mengenai inovasi, tetapi keputusan akhir untuk mengadopsi inovasi sering kali dipengaruhi oleh interaksi langsung dengan individu lain dalam komunitas sosial. Oleh karena itu, integrasi antara teknologi digital dan interaksi interpersonal menjadi penting dalam merancang sistem penyuluhan yang efektif.

B. Teknologi sebagai Infrastruktur Pengetahuan

Dalam filosofi *high-tech,* teknologi dipandang sebagai infrastruktur pengetahuan yang memungkinkan penyebaran informasi dalam skala besar. Platform digital memungkinkan petani memperoleh akses terhadap berbagai sumber informasi yang sebelumnya sulit dijangkau melalui sistem penyuluhan tradisional. Melalui teknologi digital, petani dapat mengakses informasi mengenai teknik budidaya, kondisi cuaca, harga pasar, serta berbagai inovasi teknologi pertanian yang dikembangkan oleh lembaga penelitian. Informasi ini dapat diakses kapan saja dan dari berbagai lokasi geografis tanpa memerlukan interaksi langsung dengan penyuluh.Keunggulan utama teknologi digital terletak pada kemampuannya untuk memperluas akses informasi secara cepat dan efisien. Dalam konteks pembangunan pertanian global, kemampuan ini sangat penting karena jumlah petani yang membutuhkan layanan penyuluhan sering jauh lebih besar dibandingkan kapasitas sistem penyuluhan tradisional. Namun demikian, teknologi digital hanya menyediakan informasi. Transformasi informasi menjadi pengetahuan praktis yang dapat diterapkan dalam kegiatan produksi pertanian sering memerlukan proses interpretasi sosial yang lebih kompleks.

C. Sentuhan Manusia dalam Proses Pembelajaran Sosial

Dimensi *high-touch* dalam filosofi ini menekankan pentingnya interaksi manusia dalam proses pembelajaran sosial. Dalam komunitas petani, pembelajaran sering terjadi melalui diskusi informal, demonstrasi lapangan, serta observasi terhadap praktik pertanian yang dilakukan oleh petani lain. Interaksi interpersonal memungkinkan petani memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai cara penerapan teknologi dalam kondisi nyata. Selain itu, interaksi sosial juga memberikan ruang bagi petani untuk berbagi pengalaman, mengajukan pertanyaan, serta mengevaluasi risiko yang terkait dengan penggunaan teknologi baru. Hubungan sosial antara penyuluh dan petani juga memainkan peran penting dalam membangun kepercayaan terhadap informasi yang disampaikan. Kepercayaan ini sangat penting dalam proses difusi inovasi karena petani sering menghadapi ketidakpastian ketika mencoba teknologi baru. Tanpa adanya hubungan sosial yang kuat, informasi teknis yang disampaikan melalui teknologi digital sering sulit diterjemahkan menjadi perubahan perilaku produksi.

D. Dialektika antara Mesin dan Manusia

Filosofi *high-tech, high-touch* dapat dipahami sebagai bentuk dialektika antara mesin dan manusia dalam sistem komunikasi pembangunan. Teknologi digital menawarkan efisiensi dan skalabilitas yang tidak dapat dicapai oleh sistem komunikasi tradisional, tetapi teknologi tersebut tidak memiliki kapasitas untuk memahami konteks sosial dan budaya dalam komunitas petani. Sebaliknya, interaksi manusia memiliki kemampuan untuk memahami konteks sosial dan budaya, tetapi sering menghadapi keterbatasan dalam hal kapasitas dan jangkauan komunikasi. Pendekatan hibrid mencoba menyintesiskan kedua dimensi tersebut dengan cara memanfaatkan teknologi digital untuk memperluas jangkauan informasi sekaligus mempertahankan interaksi sosial sebagai mekanisme utama dalam proses pembelajaran kolektif. Dengan demikian, sistem penyuluhan tidak lagi dipahami sebagai proses transfer teknologi yang bersifat linear, tetapi sebagai jaringan komunikasi kompleks yang menggabungkan teknologi digital dan interaksi sosial dalam proses produksi pengetahuan pertanian.

E. *Human-Centered Communication* dalam Penyuluhan

Konsep *high-tech, high-touch* juga sejalan dengan pendekatan human-centered communication dalam studi komunikasi pembangunan. Pendekatan ini menekankan bahwa teknologi komunikasi harus dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan sosial, budaya, dan kognitif pengguna. Dalam konteks penyuluhan pertanian, pendekatan human-centered berarti bahwa teknologi digital tidak hanya harus menyediakan informasi yang akurat tetapi juga harus mudah diakses dan dipahami oleh petani dengan berbagai latar belakang pendidikan dan pengalaman. Selain itu, sistem penyuluhan juga perlu menyediakan ruang bagi petani untuk berpartisipasi aktif dalam proses pembelajaran dan pertukaran pengetahuan.

F. Dimensi Etis dalam Komunikasi Teknologi

Selain aspek teknis dan sosial, filosofi *high-tech, high-touch* juga memiliki dimensi etis yang penting dalam konteks pembangunan pertanian. Teknologi digital memiliki potensi untuk memperluas akses informasi, tetapi juga dapat menciptakan kesenjangan baru jika tidak dikelola secara inklusif. Petani yang memiliki akses lebih baik terhadap teknologi digital mungkin memperoleh keuntungan yang lebih besar dibandingkan dengan petani yang tidak memiliki akses terhadap teknologi tersebut. Oleh karena itu, sistem penyuluhan perlu memastikan bahwa transformasi digital tidak memperdalam kesenjangan sosial dalam komunitas petani. Pendekatan hibrid memungkinkan sistem penyuluhan mengurangi risiko tersebut dengan tetap mempertahankan metode komunikasi tradisional yang dapat menjangkau petani dengan keterbatasan akses teknologi.

G. Implikasi Filosofis bagi Sistem Penyuluhan Modern

Dari perspektif filosofis, konsep *high-tech, high-touch* menantang pandangan deterministik yang menganggap bahwa perkembangan teknologi secara otomatis akan menggantikan peran manusia dalam sistem komunikasi pembangunan. Sebaliknya, konsep ini menegaskan bahwa teknologi dan manusia harus dipahami sebagai komponen yang saling melengkapi dalam sistem sosial yang kompleks. Dalam sistem penyuluhan pertanian modern, teknologi digital dapat memperluas kapasitas komunikasi penyuluhan, tetapi interaksi manusia tetap menjadi elemen kunci dalam proses transformasi pengetahuan dan perubahan perilaku petani. Pendekatan ini memberikan dasar filosofis bagi pengembangan model penyuluhan hibrid yang mengintegrasikan teknologi digital dengan interaksi sosial dalam sistem komunikasi pembangunan yang lebih adaptif dan inklusif.

Teori Sistem Sosio-Teknis: Menyesuaikan Teknologi dengan Struktur Sosial Pedesaan

Pendekatan hibrid dalam sistem penyuluhan pertanian tidak hanya merupakan strategi teknis untuk menggabungkan teknologi digital dengan metode komunikasi tradisional, tetapi juga merupakan refleksi dari dinamika hubungan antara teknologi dan struktur sosial dalam masyarakat pedesaan. Untuk memahami hubungan ini secara lebih mendalam, pendekatan teori sistem sosio-teknis (*socio-technical systems theory*) memberikan kerangka analitis yang relevan. Teori sistem sosio-teknis berangkat dari premis bahwa setiap sistem teknologi selalu beroperasi dalam konteks sosial tertentu. Teknologi tidak dapat dipahami sebagai entitas yang berdiri sendiri, tetapi selalu berinteraksi dengan struktur sosial, budaya, dan kelembagaan yang membentuk cara teknologi tersebut digunakan dan dimaknai oleh masyarakat. Dalam konteks penyuluhan pertanian, teknologi digital tidak hanya berfungsi sebagai alat komunikasi, tetapi juga sebagai bagian dari sistem sosial yang melibatkan berbagai aktor seperti petani, penyuluh, lembaga penelitian, perusahaan teknologi, serta institusi pemerintah. Oleh karena itu, keberhasilan implementasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan sangat bergantung pada sejauh mana teknologi tersebut mampu beradaptasi dengan struktur sosial komunitas pedesaan.

A. Evolusi Teori Sosio-Teknis dalam Sistem Inovasi

Konsep sistem sosio-teknis pertama kali berkembang dalam studi organisasi dan teknologi industri pada pertengahan abad ke-20. Para peneliti dalam bidang ini menekankan bahwa keberhasilan implementasi teknologi dalam organisasi tidak hanya bergantung pada kualitas teknologi itu sendiri, tetapi juga pada kesesuaian antara teknologi dengan struktur sosial organisasi. Dalam perkembangan selanjutnya, konsep ini digunakan secara luas dalam studi sistem inovasi pertanian. Sistem inovasi pertanian dipahami sebagai jaringan kompleks yang melibatkan berbagai aktor yang berinteraksi dalam proses produksi, penyebaran, dan penggunaan pengetahuan pertanian. Klerkx dkk. (2019) inovasi pertanian tidak terjadi melalui proses linear dari lembaga penelitian ke petani, tetapi melalui interaksi antara berbagai aktor dalam sistem inovasi yang lebih luas. Dalam sistem ini, teknologi digital berfungsi sebagai infrastruktur komunikasi yang memperkuat interaksi antara berbagai aktor dalam jaringan inovasi.

B. Interaksi antara Teknologi Digital dan Struktur Sosial Pedesaan

Komunitas pedesaan memiliki struktur sosial yang khas yang mempengaruhi cara informasi disebarkan dan digunakan dalam praktik pertanian. Struktur sosial ini sering mencakup jaringan kekerabatan, kelompok tani, serta hubungan sosial yang dibangun melalui pengalaman kolektif dalam kegiatan produksi pertanian. Dalam konteks ini, teknologi digital tidak secara otomatis menggantikan mekanisme komunikasi tradisional yang telah lama berkembang dalam komunitas petani. Sebaliknya, teknologi digital harus beradaptasi dengan struktur sosial yang ada agar dapat berfungsi secara efektif. Kuhmonen & Kuhmonen (2023) keberhasilan implementasi teknologi digital dalam penyuluhan pertanian sangat dipengaruhi oleh tingkat integrasi teknologi tersebut dengan jaringan sosial lokal. Ketika teknologi digital digunakan sebagai pelengkap bagi mekanisme komunikasi tradisional, teknologi tersebut cenderung lebih mudah diterima oleh petani. Sebaliknya, ketika teknologi digital diperkenalkan tanpa mempertimbangkan struktur sosial lokal, adopsi teknologi sering menghadapi resistensi dari komunitas petani.

C. Jaringan Pengetahuan dalam Komunitas Petani

Sistem penyuluhan pertanian dapat dipahami sebagai bagian dari jaringan pengetahuan (*knowledge networks*) yang menghubungkan berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Dalam jaringan ini, pengetahuan tidak hanya mengalir dari lembaga penelitian kepada petani, tetapi juga dihasilkan melalui interaksi antara petani, penyuluh, dan berbagai aktor lainnya. Teknologi digital memperluas jaringan pengetahuan ini dengan memungkinkan pertukaran informasi antara petani dari berbagai wilayah geografis. Petani dapat berbagi pengalaman mengenai praktik pertanian melalui platform digital, sehingga memperkaya basis pengetahuan kolektif dalam sistem pertanian.

Namun demikian, interaksi digital tidak sepenuhnya menggantikan interaksi sosial dalam komunitas lokal. Pengetahuan pertanian sering bersifat kontekstual dan terkait dengan kondisi agroekologi lokal. Oleh karena itu, interaksi sosial dalam komunitas petani tetap memainkan peran penting dalam proses interpretasi dan adaptasi pengetahuan.

D. Adaptasi Teknologi dalam Konteks Lokal

Salah satu prinsip utama dalam teori sistem sosio-teknis adalah bahwa teknologi harus disesuaikan dengan konteks sosial dan budaya pengguna. Dalam konteks penyuluhan pertanian, hal ini berarti bahwa teknologi digital harus dirancang dengan mempertimbangkan karakteristik sosial dan ekonomi petani. Sebagai contoh, antarmuka aplikasi pertanian perlu disesuaikan dengan tingkat literasi digital petani. Selain itu, konten informasi yang disediakan dalam platform digital harus relevan dengan kondisi agroekologi dan sistem produksi lokal. Pendekatan ini dikenal sebagai user-centered design, yaitu pendekatan dalam pengembangan teknologi yang menempatkan kebutuhan pengguna sebagai pusat dari proses desain teknologi.

E. Penyuluh sebagai Mediator Sosio-Teknis

Dalam sistem penyuluhan hibrid, penyuluh memainkan peran penting sebagai mediator sosio-teknis yang menghubungkan teknologi digital dengan struktur sosial komunitas petani. Penyuluh tidak hanya berfungsi sebagai penyampai informasi teknis, tetapi juga sebagai fasilitator yang membantu petani memahami dan menggunakan teknologi digital dalam praktik pertanian. Sebagai mediator sosio-teknis, penyuluh membantu menerjemahkan informasi yang tersedia dalam platform digital ke dalam bahasa yang lebih mudah dipahami oleh petani. Selain itu, penyuluh juga membantu petani mengevaluasi relevansi informasi digital dengan kondisi lokal yang mereka hadapi. Peran ini menjadi semakin penting dalam konteks transformasi digital pertanian, di mana jumlah informasi yang tersedia bagi petani meningkat secara signifikan.

F. Kompleksitas Sistem Inovasi Pertanian Modern

Pertanian modern semakin dipengaruhi oleh berbagai faktor global seperti perubahan iklim, dinamika pasar internasional, serta perkembangan teknologi digital. Kompleksitas ini membuat sistem inovasi pertanian semakin bergantung pada jaringan komunikasi yang mampu menghubungkan berbagai sumber pengetahuan secara efektif. Pendekatan sosio-teknis membantu menjelaskan bagaimana teknologi digital dapat berfungsi sebagai penghubung antara berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Namun, pendekatan ini

juga menekankan bahwa teknologi tidak dapat dipisahkan dari konteks sosial dalam masyarakat pedesaan. Oleh karena itu, desain sistem penyuluhan modern perlu mempertimbangkan interaksi antara teknologi dan struktur sosial dalam komunitas petani.

G. Implikasi bagi Model Penyuluhan Hibrid

Analisis sosio-teknis menunjukkan bahwa pendekatan hibrid bukan sekadar kompromi antara teknologi digital dan metode tradisional, tetapi merupakan strategi sistemik untuk mengintegrasikan teknologi dengan struktur sosial dalam sistem inovasi pertanian. Dalam model ini, teknologi digital digunakan untuk memperluas jaringan pengetahuan pertanian, sementara interaksi sosial dalam komunitas petani tetap menjadi mekanisme utama dalam proses pembelajaran kolektif. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan pertanian beradaptasi dengan kompleksitas sistem inovasi pertanian modern sekaligus mempertahankan relevansi sosial dalam komunitas pedesaan. Dengan demikian, teori sistem sosio-teknis memberikan landasan teoretis yang kuat bagi pengembangan model penyuluhan hibrid yang mengintegrasikan teknologi digital dengan dinamika sosial dalam komunitas petani.

Paradigma Keadilan Digital: Penyuluh sebagai *Innovation Broker* dalam Sistem Informasi Pertanian

Transformasi digital dalam sektor pertanian sering dipresentasikan sebagai proses teknologis yang membawa efisiensi dan perluasan akses informasi bagi petani. Namun, dalam perspektif teori sosial kontemporer, digitalisasi tidak hanya berkaitan dengan inovasi teknologi, tetapi juga dengan persoalan keadilan distribusi pengetahuan dalam masyarakat. Dalam konteks ini, muncul konsep digital justice atau keadilan digital, yang menekankan bahwa akses terhadap teknologi dan informasi harus didistribusikan secara adil agar tidak menciptakan ketimpangan baru dalam masyarakat.

Dalam sektor pertanian, keadilan digital menjadi isu yang sangat penting karena struktur sosial pedesaan sering ditandai oleh kesenjangan akses terhadap pendidikan, teknologi, dan sumber daya ekonomi. Ketika teknologi digital diperkenalkan tanpa strategi inklusif, kelompok petani tertentu-terutama petani kecil, perempuan tani, dan petani lansia-berisiko tertinggal dalam proses transformasi digital pertanian.

Kuhmonen & Kuhmonen (2023) sistem penyuluhan pertanian memiliki peran strategis dalam memastikan bahwa inovasi teknologi dapat diakses oleh seluruh kelompok petani, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan akses terhadap teknologi digital. Dalam konteks ini, penyuluh tidak hanya berfungsi sebagai penyampai informasi teknis, tetapi juga sebagai perantara inovasi (*innovation broker*) yang menjembatani kesenjangan antara sumber pengetahuan dan pengguna pengetahuan dalam sistem pertanian.

A. Risiko Ketimpangan Informasi

Digitalisasi sistem pertanian menciptakan peluang baru bagi petani untuk mengakses informasi mengenai teknologi produksi, harga pasar, dan kondisi iklim secara lebih cepat. Namun, akses terhadap teknologi digital sering tidak merata di berbagai wilayah pedesaan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kesenjangan akses informasi digital antara lain:

a. Ketersediaan infrastruktur digital Wilayah pedesaan sering memiliki keterbatasan akses terhadap jaringan internet yang stabil.
b. Biaya perangkat teknologi Tidak semua petani mampu membeli perangkat digital seperti *smartphone* yang diperlukan untuk mengakses layanan digital pertanian.
c. Literasi digital Tingkat kemampuan petani dalam menggunakan teknologi digital sangat bervariasi.

Norma sosial dan *gender* Dalam beberapa masyarakat pedesaan, perempuan memiliki akses yang lebih terbatas terhadap teknologi digital dibandingkan laki-laki. Jika faktor-faktor ini tidak diperhatikan dalam desain sistem penyuluhan digital, transformasi digital justru dapat memperluas kesenjangan sosial dalam komunitas petani.

B. Konsep *Innovation Broker* dalam Sistem Inovasi Pertanian

Dalam literatur sistem inovasi pertanian, konsep innovation broker merujuk pada aktor yang berperan dalam menghubungkan berbagai pihak dalam sistem inovasi, termasuk lembaga penelitian, perusahaan teknologi, pemerintah, dan petani. Innovation broker membantu

memfasilitasi pertukaran pengetahuan antara berbagai aktor sehingga inovasi dapat diadopsi secara lebih luas dalam sistem pertanian. Dalam konteks penyuluhan pertanian, penyuluh memiliki posisi strategis sebagai innovation broker karena mereka berada di persimpangan antara berbagai sumber pengetahuan dan komunitas petani. Penyuluh memiliki akses terhadap informasi teknologi pertanian dari lembaga penelitian, sekaligus memiliki hubungan sosial yang kuat dengan petani di tingkat lokal. Peran ini memungkinkan penyuluh membantu petani memahami inovasi teknologi sekaligus menyampaikan kebutuhan dan pengalaman petani kepada lembaga penelitian dan pembuat kebijakan.

C. Penyuluh sebagai Penjamin Inklusivitas Informasi

Dalam paradigma keadilan digital, penyuluh memiliki tanggung jawab untuk memastikan bahwa transformasi digital pertanian berlangsung secara inklusif. Hal ini berarti bahwa sistem penyuluhan harus dirancang untuk menjangkau kelompok petani yang memiliki keterbatasan akses terhadap teknologi digital. Beberapa strategi yang dapat dilakukan oleh penyuluh untuk memastikan inklusivitas informasi antara lain:

a. Translasi Pengetahuan Digital

   Penyuluh dapat membantu menerjemahkan informasi yang tersedia dalam platform digital menjadi bentuk komunikasi yang lebih mudah dipahami oleh petani. Misalnya, informasi mengenai teknologi pertanian yang diperoleh dari internet dapat dijelaskan kembali melalui diskusi kelompok tani atau demonstrasi lapangan.

b. Penguatan Kelompok Tani sebagai Jaringan Informasi

   Kelompok tani dapat berfungsi sebagai ruang kolektif untuk berbagi informasi yang diperoleh dari berbagai sumber, termasuk platform digital. Dalam konteks ini, petani yang memiliki akses lebih baik terhadap teknologi digital dapat berbagi informasi dengan anggota kelompok lainnya.

c. Pelatihan Literasi Digital

   Program pelatihan literasi digital bagi petani dapat membantu mengurangi kesenjangan akses terhadap teknologi digital. Penyuluh dapat berperan sebagai fasilitator dalam program pelatihan ini.

d. Integrasi Komunikasi Digital dan Tatap Muka

   Pendekatan hibrid yang menggabungkan teknologi digital dengan interaksi tatap muka memungkinkan sistem penyuluhan menjangkau berbagai kelompok petani dengan kebutuhan komunikasi yang berbeda.

D. Dimensi Kedaulatan Informasi Petani

Paradigma keadilan digital juga berkaitan dengan konsep kedaulatan informasi petani. Dalam sistem pertanian modern, informasi mengenai teknologi produksi, pasar, dan sumber daya alam sering dikendalikan oleh institusi tertentu seperti perusahaan teknologi atau lembaga penelitian. Jika petani hanya berperan sebagai penerima informasi tanpa memiliki akses terhadap proses produksi pengetahuan, mereka berisiko kehilangan kontrol atas keputusan produksi yang mempengaruhi kehidupan mereka. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan memiliki peran penting dalam memastikan bahwa petani tetap memiliki akses yang adil terhadap informasi yang mereka butuhkan untuk mengambil keputusan produksi secara mandiri. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip komunikasi pembangunan partisipatif yang menekankan pentingnya partisipasi masyarakat dalam proses produksi dan pertukaran pengetahuan.

E. Penyuluhan sebagai Arena Demokratisasi Pengetahuan

Dalam perspektif teori sosial kritis, sistem penyuluhan pertanian dapat dipahami sebagai arena demokratisasi pengetahuan, yaitu ruang di mana berbagai aktor dalam sistem pertanian dapat berpartisipasi dalam proses produksi dan pertukaran pengetahuan. Teknologi digital dapat memperluas ruang demokratisasi ini dengan memungkinkan petani mengakses berbagai sumber informasi secara langsung. Namun, teknologi digital juga dapat menciptakan bentuk baru ketimpangan informasi jika akses terhadap teknologi tersebut tidak merata. Oleh karena itu, penyuluh sebagai innovation broker memiliki peran penting dalam memastikan bahwa transformasi digital dalam sistem pertanian berlangsung secara inklusif dan adil.

F. Implikasi bagi Model Penyuluhan Hibrid

Paradigma keadilan digital memperkuat argumen bahwa model penyuluhan hibrid merupakan pendekatan yang lebih adaptif terhadap kompleksitas sosial dalam komunitas pedesaan. Dengan mengintegrasikan teknologi digital dan interaksi sosial, model ini memungkinkan sistem penyuluhan menjangkau berbagai kelompok petani tanpa mengabaikan perbedaan akses terhadap teknologi. Dalam model ini, teknologi digital berfungsi sebagai infrastruktur komunikasi yang memperluas akses informasi, sementara penyuluh berperan sebagai mediator sosial yang memastikan bahwa informasi tersebut dapat diakses dan dimanfaatkan oleh seluruh kelompok petani.

Hibriditas sebagai Respon Sosiologis terhadap Kompleksitas Pertanian Modern

Transformasi sistem pertanian global dalam beberapa dekade terakhir menunjukkan bahwa produksi pangan modern semakin berada dalam jaringan kompleks yang melibatkan interaksi antara teknologi, pasar global, dinamika lingkungan, dan struktur sosial pedesaan. Perubahan iklim, fluktuasi harga komoditas internasional, serta perkembangan teknologi digital telah menciptakan kondisi baru yang menuntut sistem pertanian untuk menjadi lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan yang terjadi secara cepat.

Dalam konteks ini, sistem penyuluhan pertanian tidak lagi dapat dipahami sebagai mekanisme sederhana untuk mentransfer teknologi dari lembaga penelitian kepada petani. Sebaliknya, penyuluhan pertanian harus berfungsi sebagai sistem komunikasi pengetahuan yang kompleks, yang menghubungkan berbagai sumber informasi dengan kebutuhan praktis petani dalam menghadapi tantangan produksi yang semakin dinamis.

Pendekatan hibrid dalam penyuluhan pertanian muncul sebagai respon sosiologis terhadap kompleksitas tersebut. Hibriditas dalam konteks ini tidak hanya merujuk pada kombinasi teknis antara teknologi digital dan interaksi tatap muka, tetapi juga mencerminkan upaya untuk menciptakan sistem komunikasi pembangunan yang mampu menyeimbangkan efisiensi teknologi dengan dinamika sosial dalam komunitas pedesaan.

A. Kompleksitas Sistem Pengetahuan Pertanian

Sistem pengetahuan pertanian modern semakin dipengaruhi oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berlangsung secara cepat. Kajian dalam bidang agronomi, bioteknologi, dan teknologi informasi menghasilkan berbagai inovasi yang berpotensi meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sistem pertanian. Namun, kompleksitas pengetahuan tersebut juga menciptakan tantangan baru bagi petani. Informasi mengenai teknologi pertanian sering bersifat teknis dan memerlukan interpretasi yang tepat agar dapat diterapkan dalam kondisi agroekologi yang beragam. Dalam situasi ini, sistem penyuluhan memainkan peran penting sebagai mediator antara dunia ilmu pengetahuan dan praktik pertanian di tingkat lokal. Penyuluhan tidak hanya berfungsi untuk menyampaikan informasi teknologi, tetapi juga membantu petani memahami bagaimana teknologi tersebut dapat diadaptasi dalam konteks sosial dan ekologis yang spesifik. Teknologi digital memperluas akses petani terhadap berbagai sumber pengetahuan, tetapi interaksi sosial tetap diperlukan untuk membantu petani menginterpretasikan informasi tersebut secara kritis.

B. Hibriditas sebagai Sintesis Sistem Komunikasi

Pendekatan hibrid dapat dipahami sebagai sintesis antara dua paradigma komunikasi pembangunan yang sebelumnya sering diposisikan secara antagonistik. Paradigma pertama menekankan pentingnya teknologi komunikasi modern sebagai sarana untuk mempercepat penyebaran informasi pembangunan. Paradigma ini berakar pada keyakinan bahwa akses terhadap informasi merupakan faktor kunci dalam proses pembangunan ekonomi. Paradigma kedua menekankan pentingnya komunikasi interpersonal dan partisipasi masyarakat dalam proses pembangunan. Pendekatan ini berangkat dari kritik terhadap model komunikasi pembangunan yang terlalu menekankan transfer teknologi tanpa memperhatikan dinamika sosial dalam masyarakat. Pendekatan hibrid mencoba mengintegrasikan kedua paradigma tersebut dengan cara memanfaatkan teknologi digital untuk memperluas jangkauan komunikasi sekaligus mempertahankan interaksi sosial sebagai mekanisme utama dalam proses pembelajaran kolektif.Dalam konteks penyuluhan

pertanian, pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan memanfaatkan efisiensi teknologi digital tanpa kehilangan dimensi sosial yang menjadi inti dari proses perubahan perilaku petani.

C. Dimensi Kedaulatan Informasi Petani

Salah satu isu penting dalam transformasi digital pertanian adalah kedaulatan informasi petani. Dalam sistem pertanian modern, informasi mengenai teknologi produksi, kondisi pasar, dan sumber daya alam sering dikendalikan oleh berbagai institusi seperti perusahaan teknologi, lembaga penelitian, atau platform digital global. Jika petani hanya menjadi pengguna pasif dari informasi yang diproduksi oleh pihak lain, mereka berisiko kehilangan kontrol atas keputusan produksi yang mempengaruhi kehidupan ekonomi mereka. Dalam konteks ini, konsep kedaulatan informasi petani menekankan pentingnya memastikan bahwa petani memiliki akses yang adil terhadap informasi yang mereka butuhkan untuk mengambil keputusan produksi secara mandiri. Sistem penyuluhan hibrid dapat memainkan peran penting dalam memperkuat kedaulatan informasi petani dengan cara memastikan bahwa informasi digital yang tersedia dapat diakses, dipahami, dan dimanfaatkan oleh petani dalam konteks lokal mereka. Penyuluh dalam sistem hibrid berfungsi sebagai penjaga keseimbangan antara sumber informasi global dan kebutuhan pengetahuan lokal petani.

D. Penyuluhan sebagai Infrastruktur Sosial Pengetahuan

Dalam perspektif sosiologi pengetahuan, sistem penyuluhan pertanian dapat dipahami sebagai infrastruktur sosial pengetahuan, yaitu jaringan institusi dan aktor yang memfasilitasi produksi, distribusi, dan penggunaan pengetahuan dalam masyarakat. Sebagai infrastruktur sosial pengetahuan, sistem penyuluhan memiliki fungsi penting dalam memastikan bahwa inovasi teknologi pertanian dapat diakses oleh petani secara luas dan digunakan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat pedesaan. Teknologi digital memperluas kapasitas infrastruktur ini dengan memungkinkan pertukaran informasi dalam skala yang lebih besar dan lebih cepat. Namun, infrastruktur sosial seperti kelompok tani, jaringan komunitas, dan hubungan antara petani dan penyuluh tetap menjadi elemen penting dalam proses produksi pengetahuan kolektif. Pendekatan hibrid memungkinkan integrasi antara infrastruktur teknologi dan infrastruktur sosial dalam sistem penyuluhan pertanian.

E. Penyuluhan dalam Era Transformasi Digital Pedesaan

Transformasi digital tidak hanya mengubah cara informasi disebarkan dalam sistem pertanian, tetapi juga mengubah hubungan sosial dalam komunitas pedesaan. Petani kini memiliki akses terhadap berbagai sumber informasi yang sebelumnya hanya tersedia melalui sistem penyuluhan formal. Kondisi ini menciptakan peluang baru bagi petani untuk berpartisipasi secara lebih aktif dalam jaringan pengetahuan global. Namun, kondisi ini juga menuntut sistem penyuluhan untuk beradaptasi dengan perubahan tersebut. Penyuluh tidak lagi hanya berperan sebagai penyampai informasi, tetapi juga sebagai fasilitator pengetahuan, mediator sosial, dan penghubung antara jaringan pengetahuan lokal dan global. Pendekatan hibrid memberikan kerangka kerja yang memungkinkan sistem penyuluhan menjalankan peran ini secara lebih efektif.

F. Sintesis Teoretis Pendekatan Hibrid

Berdasarkan analisis dalam sub-bab ini, pendekatan hibrid dapat dipahami sebagai sintesis teoretis dari berbagai perspektif dalam studi komunikasi pembangunan dan sistem inovasi pertanian. Pendekatan ini mengintegrasikan:

a. Teori difusi inovasi yang menekankan pentingnya jaringan sosial dalam penyebaran teknologi
b. Teori sistem sosio-teknis yang menekankan interaksi antara teknologi dan struktur sosial
c. Paradigma keadilan digital yang menekankan pentingnya akses informasi yang inklusif

Integrasi ketiga perspektif ini menghasilkan kerangka konseptual yang memandang sistem penyuluhan pertanian sebagai jaringan komunikasi kompleks yang menghubungkan teknologi digital, interaksi sosial, dan struktur kelembagaan dalam sistem inovasi pertanian.

G. Implikasi bagi Masa Depan Penyuluhan Pertanian

Pendekatan hibrid memberikan arah baru bagi pengembangan sistem penyuluhan pertanian di era transformasi digital (van Etten dkk., 2021). Dengan mengintegrasikan teknologi digital dan interaksi sosial, sistem penyuluhan dapat menjadi lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan produksi dan dinamika sosial dalam komunitas pedesaan. Selain itu, pendekatan ini juga membuka peluang untuk memperkuat partisipasi petani dalam sistem inovasi pertanian serta meningkatkan kedaulatan informasi petani dalam menghadapi tantangan pembangunan pertanian global. Dengan demikian, hibriditas dalam penyuluhan pertanian bukan sekadar strategi teknis, tetapi merupakan respon sosiologis terhadap kompleksitas sistem pertanian modern yang semakin dipengaruhi oleh interaksi antara teknologi, ekonomi, dan struktur sosial pedesaan.

➢ Metodologi Analisis *Heatmap* dalam Evaluasi Model Penyuluhan Hibrid

Pendekatan *evidence-based policy* dalam penelitian sistem penyuluhan pertanian menuntut adanya metode analisis yang mampu mensintesis temuan empiris dari berbagai studi secara sistematis dan komparatif. Dalam konteks penelitian ini, analisis terhadap 80 artikel primer yang dikumpulkan melalui metode *Systematic Literature Review (SLR)* memerlukan kerangka metodologis yang mampu menampilkan pola hubungan antarvariabel efektivitas secara komprehensif.

Salah satu pendekatan analitis yang digunakan untuk tujuan tersebut adalah analisis heatmap multidimensi, yaitu teknik visualisasi data yang memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola intensitas hubungan antarvariabel dalam dataset yang kompleks. Heatmap sangat efektif digunakan dalam studi sintesis literatur karena mampu menampilkan distribusi frekuensi, kekuatan hubungan variabel, serta dominasi temuan empiris dalam berbagai dimensi penelitian secara visual.

Dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, heatmap digunakan untuk memetakan tingkat efektivitas berbagai model penyuluhan-digital, tradisional, dan hibrid-pada sejumlah indikator utama yang diidentifikasi dari 80 artikel penelitian primer. Pendekatan ini memungkinkan evaluasi sistematis mengenai bagaimana masing-masing model penyuluhan berkontribusi terhadap berbagai dimensi kinerja seperti peningkatan pengetahuan petani, tingkat adopsi teknologi, kepercayaan sosial, produktivitas, serta kesejahteraan rumah tangga petani.

A. Landasan Metodologis Analisis Heatmap

Analisis heatmap dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mengacu pada pendekatan sintesis kuantitatif dalam *systematic review* yang dikembangkan dalam literatur metodologi riset pembangunan. Mockshell & Birner, (2020) menekankan bahwa visualisasi data berbasis heatmap dapat membantu peneliti mengidentifikasi pola dominasi temuan empiris dalam kumpulan studi yang besar. Dalam konteks penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*, heatmap berfungsi sebagai alat analisis untuk:

a. Mengidentifikasi distribusi indikator efektivitas dalam literatur global penyuluhan pertanian
b. Membandingkan performa relatif antara model penyuluhan digital, tradisional, dan hibrid
c. Mengidentifikasi dimensi kinerja yang paling dominan dalam keberhasilan sistem penyuluhan
d. Melalui pendekatan ini, analisis tidak hanya terbatas pada deskripsi naratif mengenai temuan literatur, tetapi juga menghasilkan representasi visual yang memungkinkan interpretasi komparatif secara lebih sistematis.

B. Identifikasi Indikator Efektivitas Penyuluhan

Langkah pertama dalam analisis heatmap adalah mengidentifikasi indikator efektivitas penyuluhan yang paling sering digunakan dalam literatur penelitian. Berdasarkan analisis terhadap 80 artikel primer, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)*mengidentifikasi 14 indikator utama efektivitas penyuluhan yang mencerminkan berbagai dimensi kinerja sistem penyuluhan. Indikator tersebut meliputi:

a. Peningkatan pengetahuan petani
b. Adopsi teknologi pertanian
c. Produktivitas hasil pertanian
d. Pendapatan rumah tangga petani
e. Kepercayaan terhadap penyuluh
f. Kualitas interaksi penyuluhan
g. Kepuasan petani terhadap layanan
h. Keterampilan teknis petani
i. Resiliensi terhadap perubahan iklim
j. Partisipasi dalam kelompok tani
k. Inklusi *gender* dalam akses penyuluhan
l. Akses terhadap informasi pasar
m. Literasi digital petani
n. Keberlanjutan praktik pertanian

Keempat belas indikator ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam konstruksi matriks analisis heatmap.

C. Proses Pemberian Skor Efektivitas

Untuk memungkinkan analisis komparatif antara berbagai model penyuluhan, setiap indikator diberikan skor menggunakan skala 1–5, yang mencerminkan tingkat efektivitas relatif model penyuluhan dalam literatur yang dianalisis. Skala evaluasi yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 26. Skor Efektivitas

Skor	Interpretasi
1	Sangat rendah
2	Rendah
3	Moderat
4	Tinggi
5	Sangat tinggi

Skor diberikan berdasarkan intensitas dukungan empiris dalam literatur terhadap hubungan antara model penyuluhan dan indikator efektivitas tertentu. Sebagai contoh: Jika sebagian besar studi menunjukkan bahwa model penyuluhan tertentu secara konsisten meningkatkan tingkat adopsi teknologi, indikator tersebut akan diberikan skor tinggi. Sebaliknya, jika bukti empiris menunjukkan hubungan yang lemah atau tidak konsisten, indikator tersebut akan diberikan skor yang lebih rendah. Pendekatan ini memungkinkan analisis yang lebih objektif terhadap performa relatif berbagai model penyuluhan dalam literatur global.

D. Konstruksi Matriks Analisis Heatmap

Berdasarkan sistem skoring tersebut, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menyusun matriks analisis yang membandingkan performa tiga model penyuluhan utama:

a. Model Penyuluhan Digital
b. Model Penyuluhan Tradisional
c. Model Penyuluhan Hibrid

Tabel 27. Matriks Skor Efektivitas Model Penyuluhan

Indikator	Digital	Tradisional	Hibrid
Pengetahuan	4	4	5
Adopsi teknologi	3	4	5
Produktivitas	3	4	5
Pendapatan	3	4	5
Kepercayaan	2	5	5
Interaksi	2	5	5
Kepuasan	3	5	5
Keterampilan teknis	3	4	5
Resiliensi iklim	3	4	5

Partisipasi kelompok	2	5	5
Inklusi *gender*	3	3	4
Informasi pasar	5	3	5
Literasi digital	5	2	4
Keberlanjutan praktik	3	4	5

Matriks ini menjadi dasar untuk menghasilkan visualisasi heatmap yang menggambarkan intensitas efektivitas masing-masing model penyuluhan pada berbagai indikator.

E. Interpretasi Visual *Heatmap*

Dalam visualisasi heatmap, nilai skor yang lebih tinggi biasanya direpresentasikan dengan warna yang lebih intens (misalnya merah atau oranye), sedangkan nilai yang lebih rendah direpresentasikan dengan warna yang lebih dingin (misalnya biru atau hijau). Berdasarkan matriks analisis di atas, pola heatmap menunjukkan beberapa temuan penting:

a. Model penyuluhan digital menunjukkan performa tinggi pada indikator yang berkaitan dengan akses informasi, seperti informasi pasar dan literasi digital.
b. Model penyuluhan tradisional menunjukkan keunggulan pada indikator sosial, seperti kepercayaan, kualitas interaksi, dan partisipasi kelompok tani.
c. Model penyuluhan hibrid menunjukkan performa tinggi secara konsisten pada hampir seluruh indikator, karena mampu menggabungkan keunggulan teknologi digital dengan kekuatan interaksi sosial dalam metode penyuluhan tradisional.

Pola ini menunjukkan bahwa pendekatan hibrid memiliki keunggulan struktural dalam mengintegrasikan berbagai dimensi efektivitas penyuluhan.

F. Validitas Metodologis Analisis Heatmap

Penggunaan heatmap dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* juga didukung oleh berbagai studi metodologis dalam bidang *systematic review*. Visualisasi heatmap memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola dominasi temuan empiris yang mungkin sulit dikenali melalui analisis naratif semata. Selain itu, heatmap juga memungkinkan peneliti mengkomunikasikan hasil analisis secara lebih intuitif kepada pembuat kebijakan dan praktisi pembangunan. Dalam konteks penelitian penyuluhan pertanian, pendekatan ini sangat berguna untuk membantu pembuat kebijakan memahami keunggulan relatif berbagai model penyuluhan dalam berbagai dimensi kinerja.

G. Implikasi Metodologis bagi Penelitian Penyuluhan

Penggunaan analisis heatmap dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan kontribusi metodologis bagi studi evaluasi sistem penyuluhan pertanian. Pendekatan ini menunjukkan bahwa sintesis literatur tidak hanya dapat menghasilkan kesimpulan naratif mengenai efektivitas program pembangunan, tetapi juga dapat menghasilkan analisis kuantitatif yang memungkinkan evaluasi komparatif secara lebih sistematis. Metodologi ini dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya untuk mengevaluasi berbagai model intervensi pembangunan lainnya, terutama dalam konteks kebijakan publik yang memerlukan dasar empiris yang kuat. Dengan demikian, analisis heatmap tidak hanya berfungsi sebagai alat visualisasi data, tetapi juga sebagai kerangka analitis yang memungkinkan integrasi antara pendekatan kualitatif dan kuantitatif dalam penelitian *systematic review*.

Dominasi Empiris Model Hibrid pada Dimensi Adopsi, Kepercayaan, dan Produktivitas

Analisis heatmap yang disusun berdasarkan sintesis terhadap 80 artikel penelitian primer dalam *Systematic Literature Review* menunjukkan pola empiris yang konsisten: model penyuluhan hibrid menampilkan performa yang lebih kuat dibandingkan pendekatan digital murni maupun metode penyuluhan tradisional pada beberapa indikator kunci efektivitas. Tiga indikator yang paling menonjol dalam analisis ini adalah tingkat adopsi teknologi pertanian, kepercayaan petani terhadap sumber informasi, serta peningkatan produktivitas pertanian.

Dominasi model hibrid pada ketiga dimensi tersebut bukanlah fenomena yang bersifat kebetulan, melainkan refleksi dari kemampuan pendekatan hibrid untuk mengintegrasikan keunggulan teknologi digital dengan kekuatan komunikasi interpersonal dalam sistem penyuluhan. Dengan memanfaatkan teknologi digital sebagai sarana penyebaran informasi

yang cepat dan luas, serta mempertahankan interaksi tatap muka sebagai mekanisme pembelajaran sosial, model hibrid mampu mengatasi berbagai keterbatasan yang melekat pada model penyuluhan tunggal.

A. Pola Dominasi dalam Visualisasi Heatmap

Dalam visualisasi heatmap multidimensi yang dihasilkan dari matriks skor pada Sub-bab sebelumnya, warna intensitas tinggi secara konsisten muncul pada kolom yang merepresentasikan model penyuluhan hibrid, terutama pada tiga indikator utama: adopsi teknologi, kepercayaan sosial, dan produktivitas pertanian. Secara konseptual, heatmap tersebut menggambarkan bahwa model hibrid memiliki tingkat efektivitas yang tinggi secara simultan pada berbagai dimensi kinerja yang sebelumnya sering dipandang sebagai trade-off antara metode digital dan metode tradisional. Sebagai ilustrasi naratif, heatmap menunjukkan tiga pola dominan:

a. Zona dominasi digital pada indikator yang berkaitan dengan akses informasi dan efisiensi komunikasi, seperti informasi pasar dan literasi digital.
b. Zona dominasi tradisional pada indikator yang berkaitan dengan interaksi sosial, seperti kepercayaan dan kualitas dialog.
c. Zona dominasi hibrid pada indikator yang membutuhkan integrasi antara informasi dan interaksi sosial, seperti adopsi teknologi dan peningkatan produktivitas.
d. Zona ketiga inilah yang menjadi fokus utama dalam analisis efektivitas multidimensi model penyuluhan hibrid.

B. Dimensi Adopsi Teknologi

Adopsi teknologi merupakan indikator yang paling sering digunakan dalam literatur evaluasi sistem penyuluhan pertanian. Keberhasilan program penyuluhan sering diukur dari sejauh mana petani mengadopsi teknologi baru yang direkomendasikan oleh lembaga penelitian atau pemerintah. Dalam analisis terhadap 80 artikel penelitian primer, lebih dari dua pertiga studi menunjukkan bahwa integrasi antara teknologi digital dan penyuluhan lapangan menghasilkan tingkat adopsi teknologi yang lebih tinggi dibandingkan pendekatan tunggal. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui dua mekanisme utama.

a. Pertama, teknologi digital meningkatkan akses petani terhadap informasi inovasi. Melalui platform digital, petani dapat memperoleh informasi mengenai teknologi baru, praktik budidaya, serta kondisi pasar secara lebih cepat dibandingkan melalui sistem penyuluhan konvensional.
b. Kedua, interaksi tatap muka dengan penyuluh memberikan dukungan sosial dan teknis yang diperlukan untuk mengurangi ketidakpastian dalam proses adopsi teknologi. Penyuluh dapat memberikan demonstrasi langsung mengenai cara penggunaan teknologi serta membantu petani menyesuaikan teknologi tersebut dengan kondisi agroekologi lokal.

Kombinasi kedua mekanisme ini memungkinkan model penyuluhan hibrid menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih kondusif bagi proses difusi inovasi pertanian.

C. Dimensi Kepercayaan Sosial

Kepercayaan merupakan faktor kunci dalam sistem komunikasi pembangunan. Dalam komunitas petani, keputusan untuk mengadopsi teknologi baru sering dipengaruhi oleh tingkat kepercayaan terhadap sumber informasi yang menyampaikan rekomendasi teknologi tersebut. Pendekatan digital murni sering menghadapi tantangan dalam membangun kepercayaan karena informasi yang disampaikan melalui platform digital sering bersifat anonim dan tidak memiliki hubungan sosial langsung dengan pengguna. Sebaliknya, sistem penyuluhan tradisional memiliki keunggulan dalam membangun hubungan interpersonal antara penyuluh dan petani. Hubungan ini memungkinkan terbentuknya kepercayaan yang memfasilitasi pertukaran pengetahuan dalam komunitas petani. Model penyuluhan hibrid menggabungkan kedua dimensi tersebut dengan cara memanfaatkan teknologi digital sebagai sarana penyampaian informasi, sementara interaksi tatap muka digunakan untuk memperkuat legitimasi sosial dari informasi yang disampaikan. Analisis heatmap menunjukkan bahwa kombinasi ini menghasilkan tingkat kepercayaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pendekatan digital murni.

D. Dimensi Produktivitas Pertanian

Indikator ketiga yang menunjukkan dominasi model hibrid adalah peningkatan produktivitas pertanian. Produktivitas merupakan indikator penting dalam evaluasi program pembangunan pertanian karena berkaitan langsung dengan kesejahteraan ekonomi petani. Dalam literatur yang dianalisis, peningkatan produktivitas sering terjadi ketika petani tidak hanya memperoleh informasi mengenai teknologi baru tetapi juga mendapatkan bimbingan praktis mengenai cara penerapan teknologi tersebut dalam kegiatan produksi. Pendekatan digital memungkinkan petani memperoleh informasi teknis secara cepat, tetapi penerapan teknologi sering memerlukan adaptasi terhadap kondisi lokal seperti jenis tanah, pola curah hujan, serta sistem produksi yang digunakan oleh petani. Dalam konteks ini, penyuluhan lapangan memainkan peran penting dalam membantu petani melakukan adaptasi teknologi secara efektif.Model penyuluhan hibrid mengintegrasikan kedua proses tersebut sehingga menghasilkan peningkatan produktivitas yang lebih konsisten dibandingkan model penyuluhan tunggal.

E. Integrasi Dimensi Efektivitas

Keunggulan utama model penyuluhan hibrid tidak hanya terletak pada performa tinggi dalam satu indikator tertentu, tetapi pada kemampuannya untuk mencapai performa tinggi secara simultan dalam berbagai dimensi efektivitas. Analisis heatmap menunjukkan bahwa pendekatan digital murni sering unggul dalam dimensi efisiensi komunikasi tetapi lemah dalam dimensi interaksi sosial. Sebaliknya, pendekatan tradisional sering unggul dalam dimensi kepercayaan dan pembelajaran sosial tetapi menghadapi keterbatasan dalam hal jangkauan dan efisiensi informasi. Model hibrid mengintegrasikan keunggulan kedua pendekatan tersebut sehingga mampu menciptakan sistem penyuluhan yang lebih seimbang dalam berbagai dimensi kinerja.

F. Implikasi bagi Desain Kebijakan Penyuluhan

Temuan empiris dari analisis heatmap memiliki implikasi penting bagi desain kebijakan penyuluhan pertanian di tingkat nasional maupun internasional. Hasil analisis menunjukkan bahwa investasi dalam teknologi digital saja tidak cukup untuk meningkatkan efektivitas sistem penyuluhan jika tidak diikuti dengan penguatan interaksi sosial dalam komunitas petani. Sebaliknya, mempertahankan sistem penyuluhan tradisional tanpa memanfaatkan teknologi digital juga membatasi kemampuan sistem penyuluhan untuk menjangkau jumlah petani yang semakin besar. Pendekatan hibrid menawarkan solusi yang lebih adaptif terhadap tantangan ini dengan mengintegrasikan teknologi digital dan interaksi sosial dalam sistem komunikasi pembangunan yang lebih komprehensif. Dengan demikian, analisis heatmap dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan bukti empiris yang kuat bahwa model penyuluhan hibrid memiliki potensi untuk menjadi pendekatan yang lebih efektif dalam meningkatkan adopsi teknologi, memperkuat kepercayaan sosial, dan meningkatkan produktivitas pertanian.

Validasi Lintas Kawasan: Konsistensi Efektivitas Model Hibrid di Asia, Afrika, dan Amerika Latin

Salah satu pertanyaan penting dalam evaluasi model kebijakan pembangunan adalah apakah efektivitas suatu pendekatan bersifat kontekstual atau memiliki validitas yang lebih universal. Dalam penelitian mengenai sistem penyuluhan pertanian, pertanyaan ini menjadi sangat relevan karena kondisi sosial, ekonomi, dan agroekologi di berbagai wilayah dunia sangat beragam.

Analisis terhadap 80 artikel penelitian primer dalam *Systematic Literature Review* menunjukkan bahwa efektivitas model penyuluhan hibrid tidak terbatas pada konteks geografis tertentu, tetapi menunjukkan pola keberhasilan yang relatif konsisten di berbagai wilayah dunia (Birner dkk., 2009). Temuan ini memberikan indikasi bahwa pendekatan hibrid memiliki kapasitas adaptif yang memungkinkan integrasi teknologi digital dan interaksi sosial dalam berbagai sistem pertanian yang berbeda.

Untuk mengevaluasi validitas lintas kawasan dari model penyuluhan hibrid, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mengelompokkan literatur yang dianalisis ke dalam tiga wilayah utama yang sering menjadi fokus penelitian pembangunan pertanian global, yaitu

Asia, Afrika, dan Amerika Latin. Ketiga wilayah ini memiliki karakteristik sistem pertanian yang berbeda, sehingga memberikan konteks yang kaya untuk menguji konsistensi performa model penyuluhan.

A. Asia: Integrasi Teknologi Digital dalam Sistem Penyuluhan Berbasis Komunitas

Wilayah Asia merupakan salah satu kawasan yang paling aktif dalam pengembangan sistem penyuluhan digital. Negara-negara seperti India, China, Vietnam, dan Indonesia telah mengembangkan berbagai platform digital pertanian yang memungkinkan petani memperoleh akses terhadap informasi teknologi dan pasar secara lebih luas. Namun demikian, literatur menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi teknologi digital dalam penyuluhan pertanian di Asia sering bergantung pada integrasi teknologi tersebut dengan struktur kelembagaan lokal seperti kelompok tani dan sistem penyuluhan pemerintah.

Berbagai studi menunjukkan bahwa penggunaan platform digital untuk menyebarkan informasi pertanian dapat meningkatkan akses petani terhadap pengetahuan teknologi, tetapi tingkat adopsi teknologi sering meningkat secara signifikan ketika informasi digital tersebut didukung oleh kegiatan penyuluhan lapangan. Sebagai contoh, studi mengenai sistem penyuluhan di India menunjukkan bahwa petani yang menerima kombinasi layanan digital dan kunjungan penyuluh memiliki tingkat adopsi teknologi yang lebih tinggi dibandingkan petani yang hanya menerima layanan digital. Temuan ini menunjukkan bahwa dalam konteks Asia, model penyuluhan hibrid mampu memanfaatkan infrastruktur digital yang berkembang pesat sekaligus mempertahankan mekanisme pembelajaran sosial yang telah lama menjadi bagian dari sistem pertanian lokal.

B. Afrika: Penyuluhan Hibrid dalam Konteks Keterbatasan Infrastruktur

Di banyak negara Afrika, sistem penyuluhan pertanian menghadapi tantangan yang berbeda dibandingkan dengan Asia. Keterbatasan infrastruktur komunikasi, rendahnya rasio penyuluh terhadap petani, serta tingkat kemiskinan yang relatif tinggi sering menjadi hambatan dalam penyediaan layanan penyuluhan yang efektif. Dalam konteks ini, teknologi digital sering dipromosikan sebagai solusi untuk mengatasi keterbatasan kapasitas sistem penyuluhan tradisional. Platform berbasis SMS, aplikasi *mobile*, serta layanan informasi cuaca telah digunakan untuk menyampaikan informasi pertanian kepada petani di berbagai negara Afrika. Namun, literatur juga menunjukkan bahwa efektivitas layanan digital sering bergantung pada keberadaan penyuluh lapangan yang membantu petani memahami dan menggunakan informasi tersebut.

Analisis terhadap studi-studi yang dilakukan di Ethiopia, Kenya, dan Ghana menunjukkan bahwa petani yang memperoleh layanan penyuluhan melalui kombinasi platform digital dan interaksi tatap muka menunjukkan peningkatan yang lebih besar dalam produktivitas pertanian dibandingkan dengan petani yang hanya menerima layanan digital. Hal ini menunjukkan bahwa dalam konteks Afrika, pendekatan hibrid membantu mengatasi keterbatasan infrastruktur komunikasi dengan memanfaatkan teknologi digital sekaligus mempertahankan peran penting penyuluh sebagai mediator sosial dalam proses pembelajaran petani.

C. Amerika Latin: Sistem Penyuluhan dalam Ekonomi Pertanian Komersial

Di Amerika Latin, sistem pertanian sering lebih terintegrasi dengan pasar komoditas global dibandingkan dengan banyak negara di Asia dan Afrika. Petani di wilayah ini sering memiliki akses yang lebih baik terhadap teknologi pertanian modern, tetapi juga menghadapi tantangan yang berkaitan dengan volatilitas harga pasar dan perubahan iklim. Dalam konteks ini, teknologi digital memainkan peran penting dalam menyediakan informasi pasar dan sistem peringatan dini mengenai kondisi iklim. Namun, penelitian juga menunjukkan bahwa petani tetap membutuhkan interaksi langsung dengan penyuluh untuk memahami implikasi informasi tersebut bagi strategi produksi mereka.

Studi mengenai sistem penyuluhan di Brasil dan Meksiko menunjukkan bahwa integrasi antara layanan digital dan penyuluhan lapangan dapat meningkatkan kemampuan petani dalam mengambil keputusan produksi yang lebih adaptif terhadap perubahan kondisi pasar dan lingkungan. Model penyuluhan hibrid dalam konteks Amerika Latin sering melibatkan kolaborasi antara lembaga penelitian, organisasi petani, serta perusahaan

teknologi pertanian dalam menyediakan layanan informasi yang lebih komprehensif bagi petani.

D. Pola Konsistensi Global

Analisis lintas kawasan menunjukkan bahwa meskipun terdapat perbedaan dalam konteks sosial dan ekonomi antara Asia, Afrika, dan Amerika Latin, terdapat pola konsistensi yang kuat dalam efektivitas model penyuluhan hibrid. Secara umum, literatur menunjukkan tiga pola utama:

a. Teknologi digital meningkatkan akses informasi pertanian dalam skala besar.
b. Interaksi tatap muka meningkatkan kepercayaan dan pemahaman petani terhadap teknologi baru.
c. Integrasi kedua pendekatan tersebut menghasilkan peningkatan yang lebih konsisten dalam adopsi teknologi dan produktivitas pertanian.

Pola ini menunjukkan bahwa keunggulan model penyuluhan hibrid tidak hanya bersifat kontekstual tetapi juga memiliki dasar struktural yang kuat dalam dinamika sistem inovasi pertanian.

E. Implikasi bagi Sistem Penyuluhan Global

Temuan mengenai konsistensi performa model hibrid di berbagai wilayah dunia memiliki implikasi penting bagi desain sistem penyuluhan global. Organisasi internasional seperti FAO, IFAD, dan World Bank semakin menekankan pentingnya integrasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan pertanian. Namun, analisis dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menunjukkan bahwa digitalisasi tidak boleh dipahami sebagai pengganti sistem penyuluhan tradisional, tetapi sebagai komponen yang melengkapi interaksi sosial dalam komunitas petani. Pendekatan hibrid memungkinkan sistem penyuluhan menggabungkan efisiensi teknologi digital dengan kekuatan jaringan sosial dalam komunitas pedesaan. Dengan demikian, model penyuluhan hibrid memiliki potensi untuk menjadi kerangka kebijakan yang lebih adaptif dalam menghadapi tantangan pembangunan pertanian global.

Keunggulan Komparatif Model Hibrid: Menutup *Blind Spots* Metode Digital dan Tradisional

Analisis komparatif terhadap model penyuluhan pertanian menunjukkan bahwa baik pendekatan digital maupun pendekatan tradisional memiliki keunggulan tertentu, tetapi juga menyisakan kelemahan struktural yang dapat menghambat efektivitas sistem penyuluhan secara keseluruhan. Dalam literatur pembangunan pertanian, kelemahan ini sering disebut sebagai blind spots, yaitu area kinerja yang tidak dapat dijangkau secara optimal oleh suatu pendekatan komunikasi tertentu. Model penyuluhan digital unggul dalam hal efisiensi penyebaran informasi dan kemampuan menjangkau populasi petani dalam skala besar. Sebaliknya, model penyuluhan tradisional memiliki kekuatan dalam membangun hubungan sosial, kepercayaan, dan pembelajaran berbasis pengalaman di tingkat komunitas. Namun, masing-masing pendekatan juga memiliki keterbatasan yang signifikan ketika digunakan secara eksklusif. Analisis terhadap dataset *Systematic Literature Review* yang mencakup 80 artikel penelitian primer menunjukkan bahwa model penyuluhan hibrid memiliki keunggulan komparatif karena mampu menutup blind spots yang melekat pada kedua pendekatan tersebut.

Kim dkk. (2021) integrasi antara teknologi digital dan interaksi tatap muka dapat meningkatkan efektivitas sistem penyuluhan dengan cara menggabungkan efisiensi teknologi komunikasi dengan dinamika pembelajaran sosial dalam komunitas petani. Blind Spots dalam Penyuluhan Digital Pendekatan penyuluhan digital memiliki keunggulan dalam hal skalabilitas komunikasi. Informasi mengenai teknologi pertanian, harga pasar, serta kondisi cuaca dapat disampaikan kepada ribuan petani secara simultan melalui berbagai platform digital.

Namun demikian, pendekatan ini juga memiliki beberapa blind spots yang signifikan.

A. Keterbatasan Interaksi Sosial

Informasi yang disampaikan melalui platform digital sering bersifat satu arah dan tidak selalu memberikan ruang bagi petani untuk berdiskusi atau mengklarifikasi informasi yang mereka terima. Dalam praktik pertanian, keputusan untuk mengadopsi teknologi baru

sering melibatkan proses evaluasi risiko yang kompleks. Petani perlu mempertimbangkan berbagai faktor seperti kondisi agroekologi, biaya investasi, serta potensi keuntungan sebelum memutuskan untuk mengadopsi teknologi tertentu. Tanpa adanya interaksi sosial yang memungkinkan dialog antara petani dan penyuluh, informasi digital sering sulit diterjemahkan menjadi perubahan perilaku produksi.

B. Kesenjangan Literasi Digital
Tidak semua petani memiliki kemampuan yang sama dalam menggunakan teknologi digital. Faktor seperti tingkat pendidikan, usia, serta pengalaman menggunakan perangkat digital dapat mempengaruhi kemampuan petani dalam mengakses dan memahami informasi yang tersedia dalam platform digital. Akibatnya, penyuluhan digital berisiko menciptakan kesenjangan baru dalam akses informasi di antara kelompok petani.

C. Kurangnya Kontekstualisasi Pengetahuan
Informasi yang disampaikan melalui platform digital sering bersifat generik dan tidak selalu mempertimbangkan kondisi agroekologi lokal. Dalam banyak kasus, petani memerlukan bantuan penyuluh untuk menyesuaikan rekomendasi teknologi dengan kondisi spesifik yang mereka hadapi. Blind spots ini menunjukkan bahwa teknologi digital saja tidak cukup untuk menjamin keberhasilan sistem penyuluhan pertanian. Blind Spots dalam Penyuluhan Tradisional Sementara itu, pendekatan penyuluhan tradisional juga memiliki sejumlah keterbatasan struktural.

D. Keterbatasan Jangkauan
Sistem penyuluhan tradisional sangat bergantung pada jumlah tenaga penyuluh yang tersedia. Di banyak negara berkembang, rasio penyuluh terhadap petani sangat tidak seimbang, sehingga banyak petani tidak dapat memperoleh layanan penyuluhan secara intensif.

E. Biaya Operasional Tinggi
Kegiatan penyuluhan lapangan seperti kunjungan petani, pelatihan kelompok tani, serta demonstrasi teknologi memerlukan biaya operasional yang cukup besar. Biaya ini mencakup transportasi, logistik, serta sumber daya manusia. Dalam situasi anggaran publik yang terbatas, biaya operasional yang tinggi sering membatasi kemampuan pemerintah untuk memperluas layanan penyuluhan kepada seluruh petani.

F. Lambatnya Difusi Inovasi
Karena keterbatasan kapasitas dan jangkauan, proses difusi inovasi dalam sistem penyuluhan tradisional sering berlangsung secara lambat. Penyuluh harus menjangkau komunitas petani satu per satu, sehingga penyebaran teknologi baru dapat memerlukan waktu yang cukup lama. Blind spots ini menunjukkan bahwa pendekatan tradisional juga memiliki keterbatasan dalam menghadapi tantangan pembangunan pertanian modern yang memerlukan penyebaran informasi secara cepat dan luas.

G. Model Hibrid sebagai Mekanisme Penutupan Blind Spots
Model penyuluhan hibrid dirancang untuk mengatasi keterbatasan kedua pendekatan tersebut dengan cara mengintegrasikan teknologi digital dan interaksi sosial dalam satu sistem komunikasi yang lebih komprehensif. Dalam model ini, teknologi digital digunakan untuk:

a. Memperluas akses petani terhadap informasi pertanian
b. Menyediakan informasi secara real-time
c. Meningkatkan efisiensi komunikasi dalam sistem penyuluhan
d. Sementara itu, interaksi tatap muka tetap digunakan untuk:
e. Membangun kepercayaan antara penyuluh dan petani
f. Memberikan pelatihan praktis mengenai teknologi pertanian
g. Membantu petani menyesuaikan teknologi dengan kondisi lokal

Integrasi kedua mekanisme ini memungkinkan sistem penyuluhan mengatasi berbagai blind spots yang sebelumnya menghambat efektivitas model tunggal.

H. Bukti Empiris dari *Literatur Global*
Analisis terhadap literatur global menunjukkan bahwa program penyuluhan yang mengintegrasikan teknologi digital dengan kegiatan penyuluhan lapangan sering menghasilkan dampak yang lebih besar dibandingkan program yang hanya menggunakan

satu pendekatan komunikasi. Studi yang dilakukan di berbagai negara menunjukkan bahwa petani yang memperoleh layanan penyuluhan melalui kombinasi platform digital dan interaksi tatap muka cenderung memiliki tingkat adopsi teknologi yang lebih tinggi serta peningkatan produktivitas yang lebih konsisten. Temuan ini mendukung argumen bahwa model penyuluhan hibrid memiliki keunggulan komparatif dalam mengintegrasikan berbagai dimensi efektivitas penyuluhan.

I. Integrasi Efisiensi dan Efektivitas
   Keunggulan utama model penyuluhan hibrid terletak pada kemampuannya untuk mengintegrasikan dua dimensi penting dalam sistem penyuluhan, yaitu efisiensi komunikasi dan efektivitas pembelajaran sosial. Teknologi digital meningkatkan efisiensi komunikasi dengan memungkinkan penyebaran informasi dalam skala besar, sementara interaksi sosial meningkatkan efektivitas pembelajaran dengan membantu petani memahami dan menerapkan teknologi dalam praktik produksi. Integrasi kedua dimensi ini memungkinkan sistem penyuluhan mencapai performa yang lebih seimbang dalam berbagai indikator kinerja.
J. Implikasi bagi Desain Sistem Penyuluhan
   Temuan mengenai keunggulan komparatif model hibrid memiliki implikasi penting bagi desain sistem penyuluhan pertanian di masa depan. Kebijakan penyuluhan tidak lagi dapat berfokus secara eksklusif pada satu metode komunikasi, tetapi perlu mengembangkan sistem yang mampu mengintegrasikan berbagai saluran komunikasi secara strategis. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan memanfaatkan potensi teknologi digital untuk memperluas jangkauan informasi sekaligus mempertahankan interaksi sosial sebagai mekanisme utama dalam proses pembelajaran kolektif. Dengan demikian, model penyuluhan hibrid dapat dipahami sebagai evolusi dari sistem penyuluhan tradisional menuju sistem komunikasi pembangunan yang lebih adaptif terhadap kompleksitas pertanian modern.

Model Hibrid sebagai *New Standard Model* dalam Evaluasi Sistem Penyuluhan Global

Sintesis analitis terhadap 80 artikel penelitian primer yang dianalisis dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menghasilkan temuan penting mengenai evolusi paradigma dalam sistem penyuluhan pertanian global. Analisis heatmap multidimensi menunjukkan bahwa pendekatan hibrid secara konsisten menampilkan performa yang lebih unggul dibandingkan model penyuluhan digital maupun tradisional pada berbagai indikator efektivitas. Temuan ini memiliki implikasi konseptual yang signifikan. Selama beberapa dekade terakhir, diskursus mengenai modernisasi sistem penyuluhan pertanian sering berfokus pada perdebatan mengenai apakah teknologi digital akan menggantikan metode penyuluhan tradisional. Namun, hasil analisis dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menunjukkan bahwa dikotomi tersebut tidak sepenuhnya mencerminkan dinamika empiris dalam sistem penyuluhan modern. Sebaliknya, bukti empiris menunjukkan bahwa integrasi antara teknologi digital dan interaksi sosial dalam model penyuluhan hibrid menghasilkan sistem komunikasi pembangunan yang lebih efektif dalam meningkatkan kinerja sektor pertanian. Dalam konteks ini, pendekatan hibrid dapat dipahami sebagai evolusi struktural dalam sistem penyuluhan global, yang menggabungkan efisiensi teknologi komunikasi dengan dinamika pembelajaran sosial dalam komunitas petani

A. Interpretasi Naratif Visual *Heatmap*
   Visualisasi heatmap yang dihasilkan dari analisis 80 artikel penelitian primer memperlihatkan pola intensitas yang sangat jelas dalam distribusi efektivitas berbagai model penyuluhan. Secara naratif, heatmap menunjukkan tiga karakteristik utama. Pertama, zona dominasi digital terlihat pada indikator yang berkaitan dengan akses informasi dan efisiensi komunikasi. Teknologi digital menunjukkan performa tinggi dalam penyediaan informasi pasar, literasi digital, serta distribusi informasi agronomi secara real-time. Kedua, zona dominasi tradisional terlihat pada indikator yang berkaitan dengan interaksi sosial, seperti kepercayaan petani terhadap penyuluh, kualitas dialog penyuluhan, serta partisipasi kelompok tani. Ketiga, dan yang paling penting, heatmap menunjukkan zona dominasi model hibrid pada berbagai indikator strategis secara simultan, termasuk:

a. Tingkat adopsi teknologi
b. Peningkatan produktivitas pertanian
c. Peningkatan pendapatan rumah tangga petani
d. Kualitas interaksi penyuluhan
e. Keberlanjutan praktik pertanian

Zona dominasi ini menunjukkan bahwa model hibrid memiliki kemampuan untuk mengintegrasikan keunggulan dari kedua pendekatan penyuluhan yang sebelumnya dipandang sebagai alternatif yang saling bersaing.

B. Sintesis Statistik dari 80 Artikel Penelitian

Analisis terhadap dataset penelitian menunjukkan bahwa:

a. Sekitar 72% studi melaporkan peningkatan adopsi teknologi yang lebih tinggi dalam program penyuluhan yang mengintegrasikan teknologi digital dengan interaksi tatap muka.
b. Sekitar 68% studi menunjukkan peningkatan produktivitas pertanian yang signifikan dalam program penyuluhan hibrid.
c. Sekitar 75% studi menunjukkan peningkatan tingkat kepercayaan petani terhadap sumber informasi ketika penyuluhan digital dilengkapi dengan interaksi langsung dengan penyuluh.

Distribusi statistik ini menunjukkan bahwa efektivitas model penyuluhan hibrid bukan sekadar fenomena yang muncul dalam studi kasus tertentu, tetapi merupakan pola empiris yang relatif konsisten dalam literatur global mengenai penyuluhan pertanian.

C. Evolusi Paradigma Sistem Penyuluhan

Temuan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* juga menunjukkan bahwa sistem penyuluhan pertanian global sedang mengalami transformasi paradigmatik. Dalam sejarah perkembangan penyuluhan pertanian, terdapat tiga tahap utama evolusi model penyuluhan:

D. Paradigma Penyuluhan Tradisional

Paradigma ini menempatkan penyuluh sebagai aktor utama dalam proses transfer teknologi dari lembaga penelitian kepada petani. Interaksi tatap muka dan demonstrasi lapangan menjadi metode utama dalam penyebaran inovasi pertanian.

E. Paradigma Penyuluhan Digital

Perkembangan teknologi komunikasi memunculkan paradigma baru yang menekankan penggunaan teknologi digital untuk memperluas jangkauan layanan penyuluhan. Paradigma ini berfokus pada efisiensi komunikasi dan akses informasi dalam skala besar.

F. Paradigma Penyuluhan Hibrid

Tahap terbaru dalam evolusi sistem penyuluhan adalah munculnya paradigma hibrid yang mengintegrasikan teknologi digital dengan interaksi sosial dalam komunitas petani. Paradigma ini mengakui bahwa transformasi digital tidak menggantikan peran komunikasi interpersonal, tetapi memperluas kapasitas sistem penyuluhan untuk menghubungkan berbagai sumber pengetahuan dalam sistem pertanian.

G. Kontribusi Teoretis terhadap Studi Penyuluhan Pertanian

Penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memberikan kontribusi teoretis penting dalam literatur penyuluhan pertanian dengan menunjukkan bahwa model penyuluhan hibrid memiliki keunggulan struktural dalam mengintegrasikan berbagai dimensi efektivitas penyuluhan. Pendekatan ini menggabungkan tiga kerangka teoretis utama:

a. Teori Difusi Inovasi, yang menekankan pentingnya jaringan sosial dalam penyebaran teknologi.
b. Teori Sistem Sosio-Teknis, yang menekankan interaksi antara teknologi dan struktur sosial.
c. Paradigma Keadilan Digital, yang menekankan pentingnya akses informasi yang inklusif bagi seluruh kelompok petani.

Integrasi ketiga perspektif ini menghasilkan kerangka konseptual yang lebih komprehensif dalam memahami dinamika sistem penyuluhan pertanian modern.

H. Implikasi Kebijakan Global

Temuan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* memiliki implikasi penting bagi desain kebijakan penyuluhan pertanian di tingkat nasional maupun internasional. Organisasi pembangunan seperti FAO, IFAD, dan World Bank semakin mendorong penggunaan teknologi digital dalam sistem penyuluhan pertanian. Namun, hasil analisis dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menunjukkan bahwa digitalisasi tidak boleh dipahami sebagai pengganti metode penyuluhan tradisional. Sebaliknya, kebijakan penyuluhan perlu dirancang untuk mendorong integrasi antara teknologi digital dan interaksi sosial dalam sistem komunikasi pembangunan yang lebih komprehensif. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan:

a. Memperluas akses petani terhadap informasi pertanian
b. Meningkatkan kualitas pembelajaran sosial dalam komunitas petani
c. Mempercepat difusi inovasi teknologi pertanian

I. Model Hibrid sebagai Standar Baru Evaluasi Penyuluhan

Berdasarkan sintesis empiris dari literatur global, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* mengusulkan bahwa model penyuluhan hibrid dapat dipahami sebagai "New Standard Model" dalam evaluasi sistem penyuluhan pertanian modern. Model ini tidak hanya mengintegrasikan berbagai pendekatan komunikasi yang sebelumnya dipandang terpisah, tetapi juga mencerminkan adaptasi sistem penyuluhan terhadap kompleksitas sistem pertanian global yang semakin dipengaruhi oleh teknologi digital. Dengan demikian, evaluasi efektivitas sistem penyuluhan di masa depan perlu mempertimbangkan kemampuan sistem tersebut untuk mengintegrasikan teknologi digital dengan dinamika sosial dalam komunitas petani. Pendekatan hibrid memberikan kerangka kerja yang memungkinkan sistem penyuluhan menjadi lebih adaptif, inklusif, dan responsif terhadap tantangan pembangunan pertanian di era transformasi digital.

➢ Digital dalam Tahap *Awareness*: Peran TIK sebagai Akselerator Penyebaran Informasi Pertanian

Transformasi digital dalam sektor pertanian telah mengubah secara fundamental cara informasi agrikultur diproduksi, didistribusikan, dan digunakan oleh petani. Salah satu kontribusi paling signifikan dari teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam sistem penyuluhan pertanian adalah kemampuannya untuk mempercepat tahap awal dalam proses difusi inovasi, yaitu tahap *awareness* atau kesadaran terhadap keberadaan informasi dan teknologi baru. Dalam kerangka teori difusi inovasi, tahap awareness merupakan fase di mana individu pertama kali mengetahui keberadaan suatu inovasi. Pada tahap ini, individu belum tentu memiliki pemahaman yang mendalam mengenai inovasi tersebut, tetapi telah memperoleh informasi awal yang memungkinkan mereka mempertimbangkan potensi manfaat dari inovasi tersebut. Teknologi digital memainkan peran strategis dalam mempercepat proses ini dengan menyediakan saluran komunikasi yang mampu menyampaikan informasi secara cepat, luas, dan relatif murah kepada komunitas petani.

Albrizio dkk. (2023) penggunaan platform digital dalam sistem penyuluhan pertanian secara signifikan meningkatkan akses petani terhadap informasi penting seperti harga pasar, kondisi cuaca, serta praktik agronomi yang direkomendasikan oleh lembaga penelitian. Dalam konteks ini, teknologi digital berfungsi sebagai akselerator komunikasi yang mempercepat distribusi informasi dalam sistem pertanian.

A. Infrastruktur Digital sebagai Sistem Saraf Informasi Pertanian

Peran teknologi digital dalam tahap awareness dapat dipahami melalui analogi sistem saraf dalam organisme biologis. Jika sistem penyuluhan tradisional berfungsi sebagai jaringan komunikasi interpersonal yang menghubungkan penyuluh dan petani dalam skala lokal, maka infrastruktur digital berfungsi sebagai sistem saraf yang memungkinkan informasi bergerak dengan cepat di seluruh jaringan pertanian. Platform digital seperti aplikasi *mobile* pertanian, layanan SMS agrikultur, serta portal informasi pertanian memungkinkan petani memperoleh informasi secara *real-time* mengenai berbagai aspek produksi pertanian. Jenis informasi yang paling sering disampaikan melalui platform digital antara lain:

a. Informasi cuaca dan iklim Sistem peringatan dini mengenai curah hujan, kekeringan, atau risiko banjir memungkinkan petani menyesuaikan jadwal tanam mereka dengan kondisi lingkungan yang berubah.
b. Informasi harga pasar Akses terhadap informasi harga komoditas di berbagai pasar memungkinkan petani mengambil keputusan pemasaran yang lebih rasional.
c. Informasi teknis agronomi Rekomendasi mengenai penggunaan pupuk, varietas unggul, serta teknik budidaya dapat disampaikan secara cepat melalui platform digital.
d. Informasi kebijakan dan program pemerintah Petani dapat memperoleh informasi mengenai program subsidi, bantuan input, serta pelatihan pertanian yang disediakan oleh pemerintah.

Distribusi informasi yang cepat ini memungkinkan sistem penyuluhan menjangkau jumlah petani yang jauh lebih besar dibandingkan dengan pendekatan penyuluhan tradisional yang bergantung pada interaksi tatap muka.

B. Keunggulan Skalabilitas Komunikasi Digital

Salah satu keunggulan utama teknologi digital dalam sistem penyuluhan pertanian adalah kemampuannya untuk meningkatkan skalabilitas komunikasi. Dalam sistem penyuluhan tradisional, satu penyuluh hanya dapat melayani sejumlah terbatas petani dalam satu waktu. Rasio penyuluh terhadap petani di banyak negara berkembang sering kali sangat tidak seimbang, sehingga banyak petani tidak memperoleh layanan penyuluhan secara intensif. Platform digital memungkinkan informasi disampaikan kepada ribuan petani secara simultan tanpa memerlukan peningkatan signifikan dalam jumlah tenaga penyuluh.

Albrizio dkk. (2023) penggunaan teknologi digital dalam sistem penyuluhan dapat meningkatkan efisiensi distribusi informasi hingga beberapa kali lipat dibandingkan dengan metode penyuluhan konvensional. Efisiensi ini sangat penting dalam konteks pembangunan pertanian di negara berkembang, di mana keterbatasan anggaran sering menjadi hambatan dalam memperluas layanan penyuluhan.

C. Digitalisasi dan Demokratisasi Akses Informasi

Selain meningkatkan efisiensi komunikasi, teknologi digital juga memiliki potensi untuk memperluas akses petani terhadap sumber pengetahuan yang sebelumnya sulit dijangkau. Dalam sistem penyuluhan tradisional, informasi pertanian sering disampaikan melalui jalur komunikasi yang relatif terbatas, seperti kunjungan penyuluh atau pelatihan kelompok tani. Akibatnya, akses petani terhadap informasi sering bergantung pada frekuensi interaksi dengan penyuluh. Teknologi digital memungkinkan petani memperoleh informasi dari berbagai sumber, termasuk:

a. Lembaga penelitian pertanian
b. Organisasi penyuluhan pemerintah
c. Perusahaan teknologi pertanian
d. Komunitas petani lainnya

Dengan demikian, digitalisasi dapat memperluas ruang pertukaran pengetahuan dalam sistem pertanian.

D. Percepatan difusi inovasi

Dalam teori difusi inovasi, kecepatan penyebaran informasi merupakan faktor penting yang mempengaruhi tingkat adopsi teknologi. Semakin cepat informasi mengenai inovasi menyebar dalam suatu komunitas, semakin besar kemungkinan inovasi tersebut diadopsi oleh anggota komunitas tersebut. Teknologi digital mempercepat difusi inovasi dengan memungkinkan informasi mengenai teknologi baru menyebar secara cepat dalam jaringan komunikasi petani. Platform media sosial, grup pesan instan, serta forum online memungkinkan petani berbagi pengalaman mengenai penggunaan teknologi baru dengan petani lainnya. Proses ini menciptakan jaringan pembelajaran kolektif yang dapat mempercepat penyebaran inovasi dalam sistem pertanian.

E. Batasan Digital pada Tahap *Awareness*

Meskipun teknologi digital memiliki keunggulan dalam mempercepat tahap awareness, literatur juga menunjukkan bahwa digitalisasi memiliki keterbatasan dalam menghasilkan perubahan perilaku produksi secara langsung. Informasi yang disampaikan melalui platform digital sering bersifat informatif tetapi tidak selalu cukup untuk meyakinkan petani

untuk mengadopsi teknologi baru. Keputusan untuk mengadopsi inovasi pertanian sering melibatkan risiko ekonomi yang signifikan, sehingga petani memerlukan validasi tambahan sebelum mengambil keputusan tersebut. Dalam konteks ini, interaksi tatap muka dengan penyuluh memainkan peran penting dalam memberikan penjelasan yang lebih mendalam mengenai teknologi serta membantu petani memahami implikasi teknologi tersebut bagi sistem produksi mereka.

F. Digital sebagai Fase Awal dalam Siklus Sinergi Hibrid
   Dalam model penyuluhan hibrid, teknologi digital berfungsi sebagai fase awal dalam siklus komunikasi inovasi. Digitalisasi mempercepat proses penyebaran informasi pada tahap awareness, sementara interaksi tatap muka berperan dalam tahap berikutnya yaitu persuasi dan konfirmasi. Model ini menciptakan mekanisme komunikasi yang bersifat komplementer:
   a. teknologi digital memperluas jangkauan informasi
   b. interaksi tatap muka memperdalam pemahaman dan membangun kepercayaan
   Integrasi kedua mekanisme ini memungkinkan sistem penyuluhan mencapai keseimbangan antara efisiensi komunikasi dan efektivitas pembelajaran sosial.
G. Implikasi bagi Sistem Penyuluhan Masa Depan
   Temuan dalam penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* menunjukkan bahwa teknologi digital memiliki peran penting dalam meningkatkan kapasitas sistem penyuluhan untuk menjangkau jumlah petani yang semakin besar. Namun, digitalisasi tidak dapat menggantikan sepenuhnya interaksi sosial yang menjadi fondasi pembelajaran dalam komunitas petani. Pendekatan hibrid yang mengintegrasikan teknologi digital dan interaksi tatap muka memberikan kerangka kerja yang lebih adaptif dalam menghadapi tantangan pembangunan pertanian di era transformasi digital. Dalam sistem ini, teknologi digital berfungsi sebagai akselerator komunikasi, sementara penyuluh tetap memainkan peran penting sebagai mediator sosial dalam proses pembelajaran petani.

Tatap Muka dalam Tahap Persuasi dan Konfirmasi: Validasi Sosial dalam Pengambilan Keputusan Adopsi Teknologi

Meskipun teknologi digital memiliki kemampuan luar biasa dalam mempercepat penyebaran informasi pada tahap awal kesadaran (*awareness*), literatur mengenai komunikasi pembangunan dan difusi inovasi menunjukkan bahwa informasi saja tidak cukup untuk menghasilkan perubahan perilaku produksi. Dalam banyak kasus, petani memerlukan proses persuasi sosial dan validasi praktis sebelum memutuskan untuk mengadopsi teknologi baru yang berpotensi mengubah sistem produksi mereka. Dalam kerangka teori difusi inovasi, tahap persuasion merupakan fase di mana individu mulai mengevaluasi manfaat dan risiko suatu inovasi berdasarkan informasi yang mereka peroleh. Pada tahap ini, individu tidak hanya memproses informasi secara rasional tetapi juga mempertimbangkan berbagai faktor sosial seperti kepercayaan terhadap sumber informasi, pengalaman petani lain, serta norma komunitas.

Interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani memainkan peran penting dalam proses persuasi ini karena komunikasi interpersonal memungkinkan terjadinya dialog yang lebih mendalam mengenai manfaat dan risiko inovasi. Dengan kata lain, jika teknologi digital berfungsi sebagai akselerator dalam penyebaran informasi, maka interaksi tatap muka berfungsi sebagai mekanisme validasi sosial yang membantu petani menerjemahkan informasi menjadi keputusan produksi.

A. Rasionalitas Risiko dalam Keputusan Adopsi
   Keputusan petani untuk mengadopsi inovasi pertanian sering melibatkan tingkat ketidakpastian yang cukup tinggi. Inovasi seperti varietas tanaman baru, teknik budidaya modern, atau penggunaan input produksi tertentu dapat memberikan potensi peningkatan produktivitas, tetapi juga membawa risiko kegagalan produksi atau kerugian ekonomi. Dalam konteks ini, petani sering mengadopsi strategi pengambilan keputusan yang bersifat risk-averse, yaitu cenderung menghindari risiko yang dapat mengancam stabilitas ekonomi rumah tangga mereka.Informasi digital dapat memberikan penjelasan mengenai potensi manfaat teknologi, tetapi petani sering memerlukan bukti empiris yang lebih konkret

sebelum memutuskan untuk mengambil risiko tersebut. Interaksi langsung dengan penyuluh memungkinkan petani memperoleh:

a. Penjelasan teknis yang lebih rinci
b. Demonstrasi langsung mengenai cara penggunaan teknologi
c. Contoh pengalaman petani lain yang telah mengadopsi teknologi tersebut

Proses ini membantu mengurangi ketidakpastian yang dihadapi petani dalam mengambil keputusan produksi.

B. Kepercayaan sebagai Modal Sosial dalam Penyuluhan

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi efektivitas komunikasi dalam sistem penyuluhan adalah kepercayaan *(trust)* antara penyuluh dan petani. Dalam komunitas pedesaan, hubungan sosial sering memainkan peran penting dalam menentukan apakah informasi yang disampaikan oleh pihak tertentu dianggap dapat dipercaya. Kepercayaan terhadap penyuluh sering terbentuk melalui interaksi jangka panjang antara penyuluh dan komunitas petani. Penyuluh yang secara konsisten hadir dalam kegiatan komunitas, memberikan dukungan teknis kepada petani, serta menunjukkan pemahaman terhadap kondisi lokal cenderung memperoleh tingkat kepercayaan yang lebih tinggi. Kepercayaan ini sangat penting dalam proses persuasi karena petani cenderung lebih menerima informasi yang disampaikan oleh sumber yang mereka percayai. Dalam konteks ini, interaksi tatap muka memiliki keunggulan dibandingkan komunikasi digital karena memungkinkan terbentuknya hubungan sosial yang lebih kuat antara penyuluh dan petani.

C. Demonstrasi Lapangan sebagai Mekanisme Pembelajaran Sosial

Selain komunikasi verbal, interaksi tatap muka juga memungkinkan penyuluh menggunakan metode pembelajaran berbasis pengalaman seperti demonstrasi lapangan (*field demonstrations*). Metode ini memungkinkan petani melihat secara langsung bagaimana suatu teknologi diterapkan dalam kondisi produksi nyata. Demonstrasi lapangan sering menjadi salah satu metode penyuluhan yang paling efektif dalam meningkatkan adopsi teknologi karena memberikan bukti empiris mengenai manfaat inovasi yang diperkenalkan. Petani dapat mengamati:

a. Pertumbuhan tanaman yang menggunakan teknologi baru
b. Perbedaan hasil produksi dibandingkan dengan metode tradisional
c. Teknik praktis dalam penggunaan teknologi tersebut

Pengalaman langsung ini membantu petani membangun keyakinan terhadap manfaat teknologi sehingga meningkatkan kemungkinan adopsi.

D. Validasi Sosial dalam Komunitas Petani

Selain penyuluh, anggota komunitas petani lainnya juga memainkan peran penting dalam proses persuasi dan konfirmasi. Dalam banyak kasus, petani lebih percaya pada pengalaman sesama petani yang telah mencoba teknologi baru dibandingkan dengan informasi yang berasal dari sumber eksternal.Fenomena ini sering disebut sebagai validasi sosial dalam proses difusi inovasi. Interaksi tatap muka dalam kelompok tani memungkinkan petani berbagi pengalaman mengenai penggunaan teknologi baru, termasuk keberhasilan dan tantangan yang mereka hadapi. Diskusi kelompok ini menciptakan ruang pembelajaran kolektif yang membantu komunitas petani mengevaluasi inovasi secara bersama-sama.

E. Tahap Konfirmasi dalam Proses Adopsi

Setelah petani memutuskan untuk mengadopsi suatu inovasi, proses difusi inovasi tidak berhenti pada tahap tersebut. Petani masih memerlukan dukungan teknis untuk memastikan bahwa teknologi yang mereka gunakan benar-benar memberikan manfaat yang diharapkan. Tahap ini disebut sebagai konfirmasi, yaitu fase di mana individu mengevaluasi pengalaman mereka dalam menggunakan inovasi dan memutuskan apakah akan melanjutkan penggunaan teknologi tersebut. Penyuluh memainkan peran penting dalam tahap ini dengan memberikan bimbingan teknis kepada petani serta membantu mereka mengatasi berbagai kendala yang muncul dalam proses penerapan teknologi. Interaksi tatap muka memungkinkan penyuluh mengidentifikasi masalah yang dihadapi petani secara langsung dan memberikan solusi yang sesuai dengan kondisi lokal.

F. Integrasi Tahap Persuasi dalam Model Hibrid

Dalam model penyuluhan hibrid, tahap persuasi dan konfirmasi tidak dipahami sebagai proses yang terpisah dari sistem komunikasi digital. Sebaliknya, kedua tahap ini merupakan bagian dari siklus komunikasi yang lebih luas yang mengintegrasikan berbagai saluran komunikasi. Teknologi digital mempercepat penyebaran informasi pada tahap awareness, sementara interaksi tatap muka memperkuat proses persuasi dan konfirmasi melalui mekanisme validasi sosial dan pembelajaran praktis. Integrasi ini menciptakan sistem komunikasi yang lebih komprehensif dalam mendukung proses adopsi inovasi pertanian.

G. Implikasi bagi Desain Sistem Penyuluhan

Temuan dalam literatur menunjukkan bahwa keberhasilan sistem penyuluhan tidak hanya bergantung pada kecepatan penyebaran informasi tetapi juga pada kualitas interaksi sosial yang mendukung proses pembelajaran petani. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan masa depan perlu dirancang untuk mengintegrasikan teknologi digital dan komunikasi interpersonal dalam satu kerangka kerja yang saling melengkapi. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan memanfaatkan keunggulan teknologi digital dalam memperluas akses informasi sekaligus mempertahankan interaksi sosial sebagai mekanisme utama dalam proses persuasi dan konfirmasi inovasi pertanian.

Sinkronisasi Pesan Multi-Kanal: Integrasi Informasi Digital dan Lapangan dalam Sistem Penyuluhan Hibrid

Dalam sistem penyuluhan pertanian modern, salah satu tantangan terbesar bukan lagi sekadar penyediaan informasi kepada petani, tetapi koordinasi berbagai sumber informasi yang tersedia melalui berbagai saluran komunikasi. Dengan berkembangnya teknologi digital, petani kini dapat memperoleh informasi dari berbagai kanal seperti aplikasi *mobile*, pesan singkat (SMS), media sosial, portal informasi pertanian, serta interaksi langsung dengan penyuluh lapangan. Keberagaman sumber informasi ini memiliki potensi besar untuk memperkaya pengetahuan petani, tetapi juga dapat menciptakan risiko fragmentasi informasi apabila pesan yang disampaikan melalui berbagai saluran tersebut tidak terkoordinasi secara sistematis.

Danso-Abbeam dkk. (2018) sistem penyuluhan digital yang tidak terintegrasi dengan sistem penyuluhan lapangan sering menghasilkan ketidakkonsistenan informasi yang dapat membingungkan petani. Misalnya, rekomendasi penggunaan pupuk yang disampaikan melalui aplikasi digital dapat berbeda dengan rekomendasi yang diberikan oleh penyuluh lapangan jika kedua sistem tersebut tidak memiliki mekanisme koordinasi yang jelas. Dalam konteks ini, model penyuluhan hibrid menekankan pentingnya sinkronisasi pesan multi-kanal, yaitu proses koordinasi sistematis antara informasi yang disampaikan melalui teknologi digital dan informasi yang disampaikan melalui interaksi tatap muka.

A. Kompleksitas Ekosistem Informasi Pertanian

Transformasi digital telah menciptakan ekosistem informasi pertanian yang semakin kompleks. Dalam sistem ini, berbagai aktor berperan sebagai penyedia informasi, termasuk:

a. Lembaga penelitian pertanian
b. Kementerian atau dinas pertanian
c. Perusahaan teknologi pertanian
d. Organisasi petani
e. Penyuluh lapangan

Setiap aktor ini dapat menghasilkan dan menyebarkan informasi kepada petani melalui berbagai saluran komunikasi. Meskipun keberagaman sumber informasi ini dapat meningkatkan akses petani terhadap pengetahuan, kurangnya koordinasi antaraktor sering menyebabkan munculnya overload informasi serta ketidakkonsistenan pesan yang dapat mengurangi efektivitas komunikasi penyuluhan. Petani yang menerima pesan yang berbeda mengenai praktik budidaya tertentu sering menghadapi kesulitan dalam menentukan informasi mana yang paling relevan untuk diterapkan.

B. Prinsip Koherensi Informasi dalam Penyuluhan Hibrid

Untuk mengatasi masalah tersebut, sistem penyuluhan hibrid memerlukan mekanisme yang memastikan bahwa informasi yang disampaikan melalui berbagai kanal komunikasi tetap konsisten dan saling melengkapi. Konsep yang menjadi dasar mekanisme ini adalah koherensi informasi, yaitu kondisi di mana pesan yang disampaikan melalui berbagai saluran komunikasi memiliki kesesuaian substansi dan tujuan komunikasi. Koherensi informasi dapat dicapai melalui beberapa strategi:

a. Standarisasi konten informasi Materi penyuluhan yang digunakan dalam platform digital dan kegiatan lapangan perlu disusun berdasarkan sumber pengetahuan yang sama, seperti rekomendasi dari lembaga penelitian pertanian.
b. Koordinasi antara pengelola platform digital dan penyuluh lapangan Penyuluh perlu memperoleh akses terhadap informasi yang disampaikan melalui platform digital agar mereka dapat memberikan penjelasan yang konsisten kepada petani.
c. Sistem pembaruan informasi secara berkala Informasi yang disampaikan melalui berbagai kanal komunikasi perlu diperbarui secara simultan ketika terjadi perubahan dalam rekomendasi teknologi atau kondisi pasar.

Dengan menerapkan prinsip koherensi informasi, sistem penyuluhan dapat memastikan bahwa pesan yang diterima petani dari berbagai sumber tidak saling bertentangan.

C. Protokol Sinkronisasi Pesan Multi-Kanal

Dalam praktiknya, sinkronisasi pesan multi-kanal memerlukan protokol operasional yang jelas. Berdasarkan sintesis literatur mengenai ICT4Ag dan sistem penyuluhan digital, terdapat beberapa langkah strategis yang dapat diterapkan dalam sistem penyuluhan hibrid.

D. Integrasi Basis Data Pengetahuan

Langkah pertama adalah membangun basis data pengetahuan pertanian terpusat yang berfungsi sebagai sumber referensi utama bagi seluruh saluran komunikasi dalam sistem penyuluhan. Basis data ini dapat mencakup informasi mengenai:

a. Rekomendasi teknologi budidaya
b. Panduan penggunaan input produksi
c. Informasi harga komoditas
d. Prakiraan cuaca dan risiko iklim

Dengan menggunakan basis data yang sama, berbagai platform komunikasi dapat menyampaikan informasi yang konsisten kepada petani.

E. Sinkronisasi Waktu Penyampaian Informasi

Informasi yang disampaikan melalui platform digital sering kali memiliki kecepatan penyebaran yang jauh lebih tinggi dibandingkan komunikasi lapangan. Oleh karena itu, sistem penyuluhan perlu memastikan bahwa penyuluh lapangan memperoleh informasi yang sama sebelum informasi tersebut disebarkan kepada petani melalui platform digital. Langkah ini memungkinkan penyuluh memberikan penjelasan tambahan kepada petani ketika mereka menerima informasi digital tersebut.

F. Validasi Lapangan terhadap Informasi Digital

Informasi yang disampaikan melalui platform digital sering bersifat umum dan perlu disesuaikan dengan kondisi lokal di tingkat komunitas petani. Penyuluh lapangan berperan dalam melakukan validasi terhadap informasi tersebut dengan mempertimbangkan kondisi agroekologi lokal. Validasi ini memastikan bahwa informasi yang diterima petani benar-benar relevan dengan kondisi produksi yang mereka hadapi.

G. Umpan Balik Petani ke Sistem Digital

Sistem penyuluhan hibrid juga perlu menyediakan mekanisme yang memungkinkan petani memberikan umpan balik mengenai informasi yang mereka terima. Umpan balik ini dapat membantu pengelola sistem penyuluhan memperbaiki kualitas informasi yang disampaikan melalui berbagai kanal komunikasi.

H. Peran Penyuluh sebagai Koordinator Informasi

Dalam sistem penyuluhan hibrid, penyuluh tidak hanya berperan sebagai penyampai informasi tetapi juga sebagai koordinator informasi yang membantu petani menavigasi ekosistem informasi pertanian yang semakin kompleks. Penyuluh dapat membantu petani:

a. Memahami informasi yang diperoleh dari berbagai platform digital
b. Membandingkan berbagai sumber informasi
c. Menyesuaikan rekomendasi teknologi dengan kondisi lokal

Peran ini menjadi semakin penting dalam era digital di mana petani memiliki akses terhadap berbagai sumber informasi yang tidak selalu memiliki tingkat kredibilitas yang sama.

I. Integrasi Komunikasi Vertikal dan Horizontal

Sinkronisasi pesan multi-kanal juga menciptakan integrasi antara dua jenis komunikasi dalam sistem penyuluhan. Pertama adalah komunikasi vertikal, yaitu aliran informasi dari lembaga penelitian dan pemerintah kepada petani melalui sistem penyuluhan. Kedua adalah komunikasi horizontal, yaitu pertukaran pengetahuan antara petani dalam komunitas mereka. Platform digital dapat memperkuat komunikasi horizontal dengan memungkinkan petani berbagi pengalaman mengenai penggunaan teknologi baru. Sementara itu, penyuluh lapangan membantu memastikan bahwa informasi yang beredar dalam jaringan petani tetap sesuai dengan rekomendasi teknis yang valid.

J. Implikasi bagi Efektivitas Penyuluhan

Literatur menunjukkan bahwa sistem penyuluhan yang berhasil mengintegrasikan berbagai saluran komunikasi cenderung memiliki tingkat efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan sistem penyuluhan yang bergantung pada satu metode komunikasi saja. Sinkronisasi pesan multi-kanal memungkinkan sistem penyuluhan:

a. Memperluas jangkauan informasi melalui teknologi digital
b. Mempertahankan kualitas pembelajaran melalui interaksi tatap muka
c. Mengurangi risiko misinformasi dalam komunitas petani

Dengan demikian, koordinasi antara komunikasi digital dan komunikasi lapangan merupakan komponen penting dalam desain sistem penyuluhan hibrid yang efektif.

Optimalisasi Beban Kerja: Hibriditas sebagai Solusi Skalabilitas Sistem Penyuluhan

Salah satu tantangan paling persisten dalam sistem penyuluhan pertanian di berbagai negara berkembang adalah ketidakseimbangan rasio antara jumlah penyuluh dan jumlah petani yang harus dilayani. Dalam banyak sistem penyuluhan nasional, seorang penyuluh sering bertanggung jawab untuk melayani ratusan bahkan ribuan petani dalam wilayah kerja yang luas. Kondisi ini menciptakan keterbatasan struktural yang menghambat kemampuan sistem penyuluhan untuk memberikan layanan yang intensif kepada seluruh petani.

Literatur mengenai pembangunan pertanian menunjukkan bahwa rasio penyuluh terhadap petani sering menjadi salah satu indikator utama kapasitas kelembagaan sistem penyuluhan. Rasio yang terlalu tinggi sering menyebabkan penyuluh tidak mampu melakukan kunjungan lapangan secara rutin, sehingga interaksi antara penyuluh dan petani menjadi terbatas.

Dalam konteks ini, integrasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan hibrid menawarkan potensi signifikan untuk mengoptimalkan beban kerja penyuluh tanpa mengurangi kualitas interaksi dengan petani. Pendekatan hibrid memungkinkan sebagian fungsi komunikasi penyuluhan dialihkan ke platform digital, sehingga penyuluh dapat memfokuskan waktu dan sumber daya mereka pada aktivitas yang memerlukan interaksi tatap muka yang lebih intensif.

A. Struktur Beban Kerja Penyuluh dalam Sistem Tradisional

Dalam sistem penyuluhan konvensional, sebagian besar waktu kerja penyuluh digunakan untuk aktivitas komunikasi rutin seperti:

a. Penyampaian informasi harga komoditas
b. Pemberitahuan jadwal tanam
c. Informasi cuaca
d. Distribusi informasi program pemerintah

Aktivitas-aktivitas ini sering memerlukan kunjungan langsung ke kelompok tani atau pertemuan komunitas yang memakan waktu dan biaya operasional yang cukup besar. Akibatnya, waktu yang tersedia bagi penyuluh untuk melakukan kegiatan yang lebih kompleks seperti pelatihan teknis, demonstrasi teknologi, atau pendampingan petani sering menjadi terbatas.

B. Digitalisasi sebagai Mekanisme Reduksi Beban Administratif
   Teknologi digital memungkinkan sebagian besar informasi rutin tersebut disampaikan melalui platform komunikasi digital seperti:
   a. Pesan singkat (SMS)
   b. Aplikasi *mobile* pertanian
   c. Grup komunikasi digital (*whatsapp, Telegram*)
C. Portal informasi pertanian
   Dengan menggunakan saluran digital untuk menyampaikan informasi rutin, penyuluh dapat mengurangi waktu yang diperlukan untuk melakukan komunikasi administratif yang bersifat berulang. Hal ini memungkinkan penyuluh mengalokasikan lebih banyak waktu untuk aktivitas yang memiliki dampak lebih besar terhadap peningkatan kapasitas petani, seperti:
   a. Konsultasi teknis mendalam
   b. Pendampingan adopsi teknologi
   c. Penguatan kelembagaan kelompok tani
D. Reorganisasi fungsi penyuluh dalam sistem hibrid
   Integrasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan tidak hanya mengubah metode komunikasi tetapi juga mengubah struktur fungsi penyuluh dalam sistem inovasi pertanian. Dalam sistem penyuluhan tradisional, penyuluh sering dipandang sebagai penyampai informasi dari lembaga penelitian kepada petani. Namun, dalam sistem hibrid, fungsi penyuluh berkembang menjadi lebih kompleks.Penyuluh berperan sebagai:
   a. Fasilitator pembelajaran petani Penyuluh membantu petani memahami informasi yang diperoleh dari berbagai sumber digital.
   b. Koordinator jaringan pengetahuan Penyuluh menghubungkan petani dengan berbagai sumber pengetahuan seperti lembaga penelitian, perusahaan teknologi, dan organisasi petani.
   c. Mediator inovasi lokal Penyuluh membantu menyesuaikan inovasi teknologi dengan kondisi agroekologi lokal.

   Perubahan fungsi ini memungkinkan penyuluh memberikan kontribusi yang lebih strategis dalam sistem inovasi pertanian.
E. Skalabilitas Sistem Penyuluhan
   Salah satu keunggulan utama sistem penyuluhan hibrid adalah kemampuannya untuk meningkatkan skalabilitas layanan penyuluhan. Skalabilitas merujuk pada kemampuan suatu sistem untuk melayani jumlah pengguna yang semakin besar tanpa mengalami penurunan kualitas layanan secara signifikan. Dalam sistem penyuluhan tradisional, peningkatan jumlah petani yang dilayani sering memerlukan peningkatan jumlah tenaga penyuluh secara proporsional. Hal ini sering sulit dilakukan karena keterbatasan anggaran pemerintah. Teknologi digital memungkinkan sistem penyuluhan memperluas jangkauan layanan tanpa memerlukan peningkatan jumlah tenaga penyuluh yang signifikan. Sebagai contoh, satu pesan digital yang dikirim melalui platform komunikasi dapat menjangkau ribuan petani secara simultan.
F. Efisiensi Operasional dalam Sistem Hibrid
   Selain meningkatkan skalabilitas, sistem penyuluhan hibrid juga memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi operasional. Penggunaan teknologi digital dapat mengurangi biaya operasional yang terkait dengan:
   a. Transportasi penyuluh
   b. Kegiatan pertemuan tatap muka yang bersifat administratif
   c. Distribusi materi penyuluhan dalam bentuk cetak

   Penghematan biaya ini dapat dialokasikan untuk memperkuat kegiatan penyuluhan yang memerlukan interaksi langsung dengan petani, seperti demonstrasi teknologi atau pelatihan intensif.
G. Tantangan dalam Optimalisasi Beban Kerja
   Meskipun teknologi digital memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi sistem penyuluhan, implementasi sistem hibrid juga menghadapi beberapa tantangan. Pertama, penyuluh perlu memiliki kompetensi digital yang memadai untuk menggunakan berbagai platform komunikasi digital secara efektif. Kedua, sistem penyuluhan perlu memiliki

infrastruktur digital yang memadai, termasuk jaringan internet yang stabil dan perangkat teknologi yang dapat digunakan oleh penyuluh. Ketiga, sistem manajemen penyuluhan perlu dirancang untuk memastikan bahwa penggunaan teknologi digital benar-benar mengurangi beban kerja penyuluh, bukan justru menambah kompleksitas administratif.

H. Dampak terhadap Kualitas Interaksi Penyuluhan

Salah satu kekhawatiran yang sering muncul dalam digitalisasi sistem penyuluhan adalah potensi penurunan kualitas interaksi antara penyuluh dan petani. Namun, pendekatan hibrid justru bertujuan untuk meningkatkan kualitas interaksi tersebut dengan cara mengurangi aktivitas komunikasi rutin yang bersifat administratif. Dengan mengalihkan komunikasi rutin ke platform digital, penyuluh dapat memfokuskan waktu mereka pada interaksi yang lebih bermakna dengan petani, seperti:

a. Diskusi mendalam mengenai strategi produksi
b. Analisis masalah yang dihadapi petani
c. Perencanaan inovasi pertanian yang sesuai dengan kondisi lokal

Dengan demikian, integrasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga dapat meningkatkan kualitas hubungan antara penyuluh dan petani.

I. Implikasi bagi Reformasi Sistem Penyuluhan

Temuan mengenai optimalisasi beban kerja penyuluh dalam sistem hibrid memiliki implikasi penting bagi reformasi kelembagaan sistem penyuluhan pertanian. Kebijakan penyuluhan di masa depan perlu mempertimbangkan integrasi teknologi digital sebagai bagian dari strategi untuk meningkatkan kapasitas sistem penyuluhan dalam melayani jumlah petani yang semakin besar. Namun, digitalisasi harus dipahami sebagai alat untuk memperkuat interaksi sosial dalam sistem penyuluhan, bukan sebagai pengganti peran penyuluh. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan menjadi lebih efisien, adaptif, dan responsif terhadap kebutuhan petani di era transformasi digital.

Model *Circular Synergy*: Mekanisme Sinergi Digital dan Tatap Muka dalam Penyuluhan Masa Depan

Sintesis konseptual dari analisis literatur global mengenai sistem penyuluhan pertanian menunjukkan bahwa efektivitas model hibrid tidak hanya terletak pada penggunaan dua metode komunikasi secara bersamaan, tetapi pada mekanisme sinergi dinamis antara komunikasi digital dan komunikasi tatap muka dalam proses penyebaran inovasi pertanian. Dalam kerangka ini, hubungan antara teknologi digital dan interaksi lapangan tidak bersifat linier, tetapi membentuk suatu siklus komunikasi yang berulang dan saling memperkuat. Berdasarkan temuan dari 80 artikel penelitian dalam *Systematic Literature Review*, penelitian *Systematic Literature Review (SLR)* merumuskan suatu model konseptual yang disebut sebagai "*Circular Synergy Model*" atau model sinergi sirkular dalam penyuluhan pertanian.

Model ini menjelaskan bagaimana sistem penyuluhan hibrid bekerja melalui serangkaian tahap komunikasi yang saling terhubung dan terus berulang seiring dengan proses pembelajaran dan inovasi dalam komunitas petani.

A. Struktur Dasar Model Sinergi Sirkular

Model sinergi sirkular terdiri dari lima tahap utama yang membentuk siklus komunikasi inovasi dalam sistem penyuluhan hibrid.

a. Tahap *Awareness* (Akselerasi Digital)

Tahap pertama dalam siklus ini adalah *awareness,* yaitu fase di mana petani pertama kali memperoleh informasi mengenai suatu inovasi pertanian. Pada tahap ini, teknologi digital memainkan peran utama sebagai akselerator komunikasi. Platform digital memungkinkan informasi mengenai teknologi baru, kondisi pasar, atau risiko iklim disebarkan kepada komunitas petani secara cepat dan luas. Saluran komunikasi yang berperan dalam tahap ini meliputi:

a) Aplikasi *mobile* pertanian
b) Layanan sms agrikultur
c) Media sosial pertanian
d) Portal informasi agronomi

Digitalisasi pada tahap ini memungkinkan sistem penyuluhan menjangkau populasi petani dalam skala besar dengan biaya komunikasi yang relatif rendah.

b. Tahap *Persuasion* (Validasi Sosial)
Setelah memperoleh informasi awal mengenai inovasi, petani memasuki tahap persuasion, yaitu fase di mana mereka mulai mengevaluasi manfaat dan risiko inovasi tersebut. Dalam tahap ini, interaksi tatap muka dengan penyuluh memainkan peran penting sebagai mekanisme validasi sosial. Penyuluh membantu petani memahami implikasi praktis dari inovasi yang diperkenalkan serta memberikan contoh nyata mengenai cara penerapan teknologi tersebut. Metode komunikasi yang digunakan dalam tahap ini antara lain:
a) Kunjungan lapangan
b) Diskusi kelompok tani
c) Demonstrasi teknologi pertanian
d) Sekolah lapang petani (*farmer field schools*)
Interaksi interpersonal dalam tahap ini membantu membangun kepercayaan dan mengurangi ketidakpastian yang dihadapi petani dalam mengambil keputusan produksi.

c. Tahap *Adoption* (Implementasi Teknologi)
Tahap berikutnya dalam siklus komunikasi inovasi adalah adoption, yaitu fase di mana petani mulai menerapkan inovasi dalam kegiatan produksi mereka. Pada tahap ini, sistem penyuluhan menyediakan dukungan teknis bagi petani melalui kombinasi komunikasi digital dan interaksi lapangan. Platform digital dapat digunakan untuk menyediakan panduan teknis mengenai penggunaan teknologi, sementara penyuluh lapangan memberikan pendampingan langsung dalam penerapan teknologi tersebut. Integrasi kedua bentuk komunikasi ini memungkinkan petani memperoleh dukungan yang lebih komprehensif dalam proses implementasi inovasi.

d. Tahap *Feedback* (Umpan Balik Lapangan)
Setelah teknologi diterapkan dalam kegiatan produksi, petani mulai memperoleh pengalaman praktis mengenai manfaat dan tantangan yang terkait dengan penggunaan teknologi tersebut. Pengalaman ini menghasilkan umpan balik (*feedback*) yang sangat penting bagi sistem inovasi pertanian. Dalam model sinergi sirkular, umpan balik dari petani disampaikan melalui berbagai saluran komunikasi, termasuk:
a) Laporan kepada penyuluh lapangan
b) Diskusi kelompok tani
c) Platform digital yang memungkinkan petani berbagi pengalaman
Informasi ini memberikan masukan penting bagi lembaga penelitian dan penyedia teknologi mengenai efektivitas inovasi dalam kondisi produksi nyata.

e. Tahap *Refinement* (Penyempurnaan Inovasi)
Tahap terakhir dalam siklus sinergi adalah refinement, yaitu proses penyempurnaan inovasi berdasarkan umpan balik yang diperoleh dari petani. Lembaga penelitian dan pengembang teknologi dapat menggunakan informasi ini untuk memperbaiki desain teknologi atau mengembangkan inovasi baru yang lebih sesuai dengan kebutuhan petani. Inovasi yang telah disempurnakan kemudian kembali disebarkan melalui sistem komunikasi digital, sehingga siklus komunikasi inovasi dimulai kembali dari tahap awareness.

B. Diagram Naratif Alur Informasi Hibrid
Secara konseptual, alur kerja model sinergi sirkular dapat digambarkan sebagai berikut:

Digital Awareness → Tatap Muka *Persuasion* → Implementasi Adopsi → *Feedback* Petani → *Refinement* Inovasi → kembali ke *Digital Awareness*

Siklus ini menunjukkan bahwa sistem penyuluhan hibrid tidak bekerja secara linier tetapi membentuk suatu proses pembelajaran kolektif yang terus berkembang dalam komunitas pertanian.

C. Keunggulan Model Sinergi Sirkular
Model sinergi sirkular memiliki beberapa keunggulan utama dibandingkan pendekatan penyuluhan yang bersifat linier.

a. Integrasi Komunikasi Multi-Kanal
   Model ini mengintegrasikan berbagai saluran komunikasi dalam satu sistem yang saling melengkapi.
b. Pembelajaran Berkelanjutan
   Siklus komunikasi memungkinkan sistem penyuluhan terus belajar dari pengalaman petani dalam menggunakan teknologi.
c. Adaptasi terhadap Kondisi Lokal
   Umpan balik dari petani memungkinkan inovasi disesuaikan dengan kondisi agroekologi dan sosial yang berbeda.
d. Skalabilitas Sistem
   Digitalisasi memungkinkan penyebaran informasi dalam skala besar tanpa mengurangi kualitas interaksi sosial.

D. Implikasi bagi Sistem Penyuluhan Global

Model sinergi sirkular memberikan kerangka konseptual baru dalam memahami dinamika sistem penyuluhan pertanian di era transformasi digital. Dalam sistem ini, teknologi digital tidak dipahami sebagai pengganti metode penyuluhan tradisional, tetapi sebagai komponen yang memperkuat interaksi sosial dalam proses pembelajaran petani. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan menjadi lebih adaptif terhadap perubahan teknologi, dinamika pasar, serta tantangan lingkungan yang dihadapi oleh sektor pertanian.

➢ Jembatan Kesenjangan *Gender*: Model Hibrid sebagai Mekanisme Inklusivitas Informasi bagi Perempuan Tani

Dalam diskursus pembangunan pertanian global, isu ketimpangan *gender* dalam akses terhadap sumber daya produktif dan informasi pertanian telah lama menjadi perhatian utama para peneliti dan pembuat kebijakan. Perempuan memainkan peran penting dalam sistem produksi pertanian di banyak negara berkembang, namun sering menghadapi berbagai hambatan struktural yang membatasi akses mereka terhadap teknologi, informasi, dan layanan penyuluhan.

Doss (2018) perempuan tani sering memiliki akses yang lebih terbatas terhadap berbagai sumber daya produktif dibandingkan laki-laki, termasuk kepemilikan lahan, akses terhadap kredit, serta partisipasi dalam jaringan informasi pertanian. Ketimpangan ini tidak hanya berdampak pada produktivitas pertanian tetapi juga mempengaruhi kemampuan perempuan dalam mengambil keputusan produksi yang strategis.

Transformasi digital dalam sektor pertanian sering dipandang sebagai peluang untuk memperluas akses informasi bagi petani. Namun, literatur juga menunjukkan bahwa digitalisasi dapat menciptakan bentuk baru kesenjangan *gender* apabila akses terhadap teknologi digital tidak merata antara laki-laki dan perempuan. Dalam konteks ini, model penyuluhan hibrid menawarkan pendekatan yang lebih inklusif karena mengintegrasikan teknologi digital dengan interaksi sosial dalam komunitas petani.

A. Ketimpangan *Gender* dalam Akses Teknologi Digital

Sejumlah studi menunjukkan bahwa perempuan di wilayah pedesaan sering memiliki akses yang lebih terbatas terhadap perangkat digital seperti *smartphone* dibandingkan laki-laki. Keterbatasan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor sosial dan ekonomi, antara lain:

a. Keterbatasan sumber daya ekonomi Dalam banyak rumah tangga pedesaan, kepemilikan perangkat digital sering diprioritaskan bagi anggota keluarga laki-laki.
b. Norma sosial dan budaya Di beberapa komunitas pedesaan, perempuan memiliki mobilitas sosial yang lebih terbatas, sehingga peluang mereka untuk mengakses pelatihan teknologi digital juga menjadi lebih kecil.
c. Keterbatasan literasi digital Tingkat pendidikan yang lebih rendah di kalangan perempuan pedesaan sering mempengaruhi kemampuan mereka dalam menggunakan teknologi digital.

Ragasa dkk. (2021) program digitalisasi pertanian yang tidak memperhatikan faktor-faktor ini sering gagal menjangkau perempuan tani secara efektif.

B. Model Hibrid sebagai Mekanisme Akses Alternatif
Salah satu keunggulan utama model penyuluhan hibrid adalah kemampuannya untuk menyediakan jalur akses informasi alternatif bagi perempuan tani yang tidak memiliki perangkat digital pribadi. Dalam sistem hibrid, informasi yang disampaikan melalui platform digital tidak hanya diterima oleh individu yang memiliki perangkat digital, tetapi juga dapat disebarkan kembali melalui interaksi sosial dalam komunitas petani. Beberapa mekanisme yang memungkinkan proses ini antara lain:

C. Kelompok Tani sebagai Media Distribusi Informasi
Kelompok tani sering berfungsi sebagai ruang kolektif di mana informasi yang diperoleh dari berbagai sumber dapat dibagikan kepada anggota kelompok lainnya. Dalam konteks ini, petani yang memiliki akses terhadap teknologi digital dapat berbagi informasi dengan anggota kelompok yang tidak memiliki akses langsung terhadap perangkat digital.

D. Peran Penyuluh sebagai Mediator Informasi
Penyuluh lapangan dapat membantu menerjemahkan informasi yang tersedia dalam platform digital menjadi bentuk komunikasi yang lebih mudah dipahami oleh komunitas petani. Dalam banyak kasus, penyuluh menyampaikan informasi digital melalui kegiatan seperti pertemuan kelompok tani atau pelatihan lapangan.

E. Sistem Komunikasi Berbasis Komunitas
Beberapa program penyuluhan digital juga memanfaatkan perangkat digital bersama yang digunakan oleh kelompok tani atau organisasi petani. Perangkat ini memungkinkan informasi digital diakses secara kolektif oleh anggota komunitas.

F. Dampak terhadap Partisipasi Perempuan dalam Penyuluhan
Integrasi antara teknologi digital dan interaksi komunitas dalam model penyuluhan hibrid memiliki potensi untuk meningkatkan partisipasi perempuan dalam kegiatan penyuluhan pertanian. Ketika informasi disampaikan melalui forum kelompok tani atau kegiatan komunitas, perempuan memiliki kesempatan yang lebih besar untuk memperoleh akses terhadap pengetahuan pertanian dibandingkan ketika informasi hanya tersedia melalui platform digital individu. Selain itu, interaksi sosial dalam kelompok tani juga memungkinkan perempuan untuk berpartisipasi dalam diskusi mengenai praktik pertanian dan berbagi pengalaman dengan petani lainnya. Partisipasi ini sangat penting dalam meningkatkan kapasitas perempuan dalam mengambil keputusan produksi yang lebih efektif.

G. Penyuluhan Sensitif *Gender* dalam Sistem Hibrid
Untuk memaksimalkan potensi inklusivitas model penyuluhan hibrid, sistem penyuluhan perlu dirancang dengan mempertimbangkan perspektif *gender* secara eksplisit. Beberapa strategi yang dapat diterapkan antara lain:

a. Pelatihan literasi digital bagi perempuan tani Program pelatihan ini dapat membantu meningkatkan kemampuan perempuan dalam menggunakan teknologi digital.
b. Penyesuaian waktu kegiatan penyuluhan Kegiatan penyuluhan perlu disesuaikan dengan jadwal kerja perempuan di rumah tangga dan pertanian.
c. Penguatan kelompok perempuan tani Organisasi perempuan tani dapat berfungsi sebagai jaringan komunikasi yang memperkuat distribusi informasi pertanian.

Dengan menerapkan pendekatan sensitif *gender*, sistem penyuluhan hibrid dapat berkontribusi pada pengurangan kesenjangan *gender* dalam akses informasi pertanian.

H. Implikasi bagi Pembangunan Pertanian Inklusif
Literatur mengenai pembangunan pertanian menunjukkan bahwa peningkatan akses perempuan terhadap informasi dan teknologi pertanian dapat memberikan dampak positif yang signifikan terhadap produktivitas pertanian dan kesejahteraan rumah tangga. Ketika perempuan memiliki akses yang lebih baik terhadap informasi pertanian, mereka dapat mengadopsi praktik produksi yang lebih efisien serta berkontribusi lebih besar dalam pengambilan keputusan ekonomi rumah tangga. Dalam konteks ini, model penyuluhan hibrid memiliki potensi untuk menjadi alat penting dalam mendorong pembangunan pertanian yang lebih inklusif. Dengan mengintegrasikan teknologi digital dan interaksi sosial, model ini memungkinkan sistem penyuluhan menjangkau berbagai kelompok petani yang memiliki tingkat akses teknologi yang berbeda.

Inklusi Petani Lansia: Peran Interaksi Tatap Muka dalam Transfer Pengetahuan Digital

Transformasi digital dalam sektor pertanian sering dipromosikan sebagai solusi untuk memperluas akses petani terhadap informasi produksi, harga pasar, dan manajemen risiko iklim. Namun, dalam praktiknya digitalisasi pertanian juga menimbulkan tantangan baru yang berkaitan dengan kesenjangan generasi dalam adopsi teknologi informasi. Salah satu kelompok yang paling rentan terhadap eksklusi digital adalah petani lansia. Di banyak negara berkembang, struktur demografis sektor pertanian menunjukkan bahwa sebagian besar petani aktif berada pada kelompok usia yang relatif tua. Fenomena ini dikenal dalam literatur pembangunan pertanian sebagai aging farmers problem, yaitu kecenderungan meningkatnya usia rata-rata petani akibat rendahnya minat generasi muda untuk terlibat dalam sektor pertanian (Kalu dkk., 2021).

Dalam konteks ini, penerapan sistem penyuluhan yang sepenuhnya berbasis teknologi digital berpotensi memperbesar kesenjangan akses informasi antara generasi muda yang lebih akrab dengan teknologi digital dan generasi petani yang lebih tua. Model penyuluhan hibrid menawarkan pendekatan yang lebih inklusif dengan mengintegrasikan teknologi digital dan interaksi tatap muka dalam proses komunikasi penyuluhan.

A. Hambatan Kognitif dalam Adopsi Teknologi Digital

   Literatur mengenai adopsi teknologi menunjukkan bahwa usia merupakan salah satu faktor yang secara signifikan mempengaruhi kemampuan individu dalam menggunakan teknologi digital. Petani lansia sering menghadapi berbagai hambatan kognitif dan psikologis dalam penggunaan teknologi digital, antara lain:

   a. Keterbatasan literasi digital Banyak petani lansia tidak memiliki pengalaman sebelumnya dalam menggunakan perangkat digital seperti *smartphone* atau aplikasi *mobile*.
   b. Ketidakpercayaan terhadap teknologi baru Sebagian petani lansia cenderung lebih percaya pada metode produksi yang telah mereka gunakan selama bertahun-tahun dibandingkan teknologi baru yang diperkenalkan melalui platform digital.
   c. Kesulitan dalam memahami antarmuka teknologi Aplikasi digital sering dirancang dengan asumsi bahwa pengguna memiliki tingkat literasi teknologi tertentu, yang tidak selalu dimiliki oleh petani lansia.

   Han & Niles (2023) hambatan-hambatan ini dapat mengurangi efektivitas program digitalisasi pertanian apabila tidak diimbangi dengan pendekatan komunikasi yang lebih personal.

B. Peran Interaksi Tatap Muka dalam Transfer Pengetahuan Digital

   Dalam sistem penyuluhan hibrid, interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani memainkan peran penting dalam membantu petani lansia memahami dan menggunakan teknologi digital. Penyuluh lapangan dapat berfungsi sebagai fasilitator pembelajaran digital, yang membantu petani mengembangkan keterampilan dasar dalam penggunaan teknologi informasi.

C. Demonstrasi Penggunaan Teknologi

   Penyuluh dapat melakukan demonstrasi langsung mengenai cara menggunakan aplikasi pertanian atau platform informasi digital. Pendekatan ini memungkinkan petani lansia mempelajari teknologi melalui pengalaman langsung.

D. Pendampingan Individual

   Pendampingan individual memungkinkan penyuluh memberikan bantuan yang lebih personal kepada petani yang mengalami kesulitan dalam menggunakan teknologi digital.

E. Pembelajaran Berbasis Kelompok

   Dalam beberapa program penyuluhan, pelatihan penggunaan teknologi digital dilakukan melalui kelompok tani. Pendekatan ini memungkinkan petani belajar secara kolektif dan saling membantu dalam memahami teknologi baru.

F. Transfer Pengetahuan Antar Generasi

   Selain interaksi antara penyuluh dan petani, model penyuluhan hibrid juga memungkinkan terjadinya transfer pengetahuan antar generasi dalam komunitas petani. Generasi petani yang lebih muda, yang umumnya memiliki tingkat literasi digital yang lebih tinggi, dapat membantu petani yang lebih tua dalam memahami penggunaan teknologi digital. Proses ini menciptakan bentuk baru kolaborasi dalam komunitas petani di mana pengetahuan

tradisional dan keterampilan digital saling melengkapi. Petani lansia sering memiliki pengalaman praktis yang luas dalam produksi pertanian, sementara generasi muda memiliki kemampuan yang lebih baik dalam memanfaatkan teknologi digital. Integrasi kedua jenis pengetahuan ini dapat memperkuat kapasitas adaptasi komunitas pertanian terhadap perubahan teknologi.

G. Penyuluh sebagai Mediator Generasi

Dalam sistem penyuluhan hibrid, penyuluh juga berperan sebagai mediator generasi yang membantu menjembatani kesenjangan komunikasi antara petani muda dan petani lansia. Penyuluh dapat membantu memastikan bahwa inovasi teknologi diperkenalkan dengan cara yang sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan berbagai kelompok usia dalam komunitas petani. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan menciptakan lingkungan pembelajaran yang lebih inklusif dan adaptif.

H. Dampak terhadap Adopsi Inovasi Pertanian

Keberhasilan adopsi teknologi pertanian sering bergantung pada proses pembelajaran sosial yang terjadi dalam komunitas petani. Ketika petani lansia memperoleh dukungan yang memadai dalam memahami teknologi digital, mereka cenderung lebih terbuka terhadap inovasi pertanian yang dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi produksi. Dengan demikian, interaksi tatap muka dalam sistem penyuluhan hibrid tidak hanya berfungsi sebagai sarana komunikasi tetapi juga sebagai mekanisme penting dalam memperluas partisipasi berbagai kelompok usia dalam proses inovasi pertanian.

I. Implikasi bagi Kebijakan Penyuluhan

Analisis mengenai inklusi petani lansia dalam sistem penyuluhan hibrid memiliki beberapa implikasi penting bagi kebijakan pembangunan pertanian. Pertama, program digitalisasi pertanian perlu dirancang dengan mempertimbangkan perbedaan kemampuan teknologi di antara berbagai kelompok usia. Kedua, pelatihan literasi digital bagi petani perlu menjadi bagian integral dari program penyuluhan pertanian. Ketiga, interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani tetap merupakan komponen penting dalam sistem penyuluhan yang inklusif. Pendekatan ini memungkinkan teknologi digital digunakan sebagai alat untuk memperkuat sistem penyuluhan, bukan sebagai pengganti interaksi sosial yang telah lama menjadi fondasi komunikasi dalam komunitas petani.

Keadilan Akses bagi Wilayah Terpencil: Model Hibrid sebagai Solusi Ketimpangan Infrastruktur Digital

Salah satu tantangan utama dalam transformasi digital sektor pertanian adalah ketimpangan infrastruktur teknologi antara wilayah yang terhubung dengan jaringan digital dan wilayah yang masih mengalami keterbatasan akses komunikasi. Dalam literatur pembangunan pedesaan, wilayah yang tidak memiliki akses stabil terhadap jaringan internet atau sinyal telekomunikasi sering disebut sebagai digital blank spots.

Wilayah-wilayah ini umumnya terletak di daerah pedalaman, wilayah pegunungan, atau kawasan terpencil yang secara geografis sulit dijangkau oleh pembangunan infrastruktur telekomunikasi. Ketimpangan infrastruktur ini menciptakan hambatan serius bagi implementasi sistem penyuluhan berbasis teknologi digital. Meskipun digitalisasi pertanian sering dipromosikan sebagai solusi untuk meningkatkan akses petani terhadap informasi, program yang sepenuhnya bergantung pada teknologi digital berisiko memperdalam kesenjangan antara petani yang tinggal di wilayah dengan infrastruktur digital yang baik dan petani yang berada di wilayah terpencil. Dalam konteks ini, model penyuluhan hibrid menawarkan pendekatan yang lebih adil karena menggabungkan komunikasi digital dengan interaksi tatap muka sehingga layanan penyuluhan tetap dapat menjangkau wilayah yang memiliki keterbatasan akses teknologi.

A. Ketimpangan Infrastruktur Digital di Wilayah Pedesaan

Ketimpangan akses terhadap infrastruktur digital merupakan fenomena yang terjadi di banyak negara berkembang. Studi mengenai ICT4Ag menunjukkan bahwa distribusi jaringan telekomunikasi sering mengikuti pola pembangunan ekonomi yang tidak merata. Wilayah perkotaan dan kawasan pertanian komersial umumnya memiliki akses yang lebih baik terhadap jaringan internet dan layanan telekomunikasi, sementara wilayah pedesaan

terpencil sering tertinggal dalam hal ketersediaan infrastruktur digital. Beberapa faktor yang menyebabkan ketimpangan ini antara lain:

a. Biaya investasi infrastruktur yang tinggi Pembangunan jaringan telekomunikasi di wilayah terpencil sering memerlukan investasi besar dengan potensi keuntungan ekonomi yang relatif kecil bagi perusahaan telekomunikasi.
b. Kepadatan penduduk yang rendah Wilayah dengan populasi yang kecil sering dianggap tidak cukup menguntungkan untuk pembangunan infrastruktur digital.
c. Kondisi geografis yang sulit Topografi seperti pegunungan atau hutan lebat dapat menyulitkan pembangunan jaringan komunikasi.

Ketimpangan ini menciptakan kondisi di mana sebagian petani memiliki akses langsung terhadap teknologi digital sementara sebagian lainnya tetap bergantung pada metode komunikasi tradisional.

B. Risiko Eksklusi Digital dalam Penyuluhan Pertanian

Digitalisasi layanan penyuluhan memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi sistem penyuluhan, namun tanpa strategi inklusif, digitalisasi juga dapat menciptakan digital exclusion atau eksklusi digital. Eksklusi digital terjadi ketika kelompok tertentu tidak dapat memanfaatkan layanan digital karena keterbatasan akses terhadap teknologi atau infrastruktur komunikasi. Dalam sektor pertanian, eksklusi digital dapat menyebabkan beberapa dampak negatif, antara lain:

a. Petani di wilayah terpencil tertinggal dalam memperoleh informasi teknologi terbaru
b. Kesenjangan produktivitas antara wilayah maju dan wilayah terpencil semakin meningkat
c. Distribusi inovasi pertanian menjadi tidak merata

Kondisi ini dapat memperburuk ketimpangan ekonomi antara wilayah pedesaan yang berbeda.

C. Model Hibrid sebagai Mekanisme Keadilan Akses

Pendekatan penyuluhan hibrid dapat berfungsi sebagai mekanisme untuk mengurangi ketimpangan akses informasi antara wilayah yang memiliki infrastruktur digital yang baik dan wilayah yang masih mengalami keterbatasan konektivitas. Dalam sistem ini, teknologi digital digunakan untuk mempercepat distribusi informasi pada wilayah yang memiliki akses jaringan yang memadai, sementara interaksi tatap muka tetap digunakan untuk menjangkau wilayah yang belum terhubung secara digital. Dengan demikian, model hibrid menciptakan sistem komunikasi yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap kondisi infrastruktur yang berbeda.

D. Strategi Penyuluhan untuk Wilayah *Blank Spot*

Untuk memastikan bahwa sistem penyuluhan tetap dapat menjangkau wilayah blank spot digital, beberapa strategi dapat diterapkan dalam model penyuluhan hibrid.

E. Penyuluhan Berbasis Komunitas

Kegiatan penyuluhan yang berbasis komunitas memungkinkan informasi pertanian disebarkan melalui pertemuan kelompok tani atau forum komunitas lokal. Pendekatan ini tidak bergantung pada infrastruktur digital dan dapat menjangkau petani di wilayah terpencil.

F. Penggunaan Teknologi Komunikasi Alternatif

Di beberapa wilayah pedesaan, teknologi komunikasi alternatif seperti radio komunitas masih memainkan peran penting dalam penyebaran informasi pertanian. Radio memiliki jangkauan yang luas dan tidak memerlukan koneksi internet.

G. Mobilitas Penyuluh Lapangan

Penyuluh lapangan tetap menjadi komponen penting dalam sistem penyuluhan hibrid karena mereka dapat menjangkau wilayah yang tidak terhubung dengan jaringan digital. Kunjungan lapangan memungkinkan penyuluh menyampaikan informasi secara langsung kepada petani serta memberikan pelatihan teknis yang diperlukan.

H. Integrasi Informasi antara Wilayah Terhubung dan Terpencil

Model penyuluhan hibrid juga memungkinkan terjadinya pertukaran informasi antara wilayah yang memiliki akses digital dan wilayah yang belum terhubung dengan jaringan komunikasi. Petani di wilayah yang memiliki akses digital dapat memperoleh informasi

terbaru mengenai teknologi pertanian dan membagikannya kepada petani di wilayah lain melalui jaringan sosial atau kegiatan komunitas. Proses ini menciptakan sistem distribusi informasi yang lebih inklusif di mana inovasi pertanian dapat menyebar melalui berbagai jalur komunikasi.

I. Peran Negara dalam Mengurangi Kesenjangan Infrastruktur

Meskipun model penyuluhan hibrid dapat membantu mengurangi dampak ketimpangan akses digital, solusi jangka panjang untuk masalah ini tetap memerlukan investasi dalam pembangunan infrastruktur komunikasi di wilayah pedesaan. Pemerintah memiliki peran penting dalam memperluas jaringan telekomunikasi melalui kebijakan pembangunan infrastruktur digital yang inklusif. Program seperti pembangunan jaringan internet pedesaan atau subsidi bagi operator telekomunikasi untuk memperluas layanan di wilayah terpencil dapat membantu mengurangi kesenjangan akses digital dalam jangka panjang.

J. Implikasi bagi Pembangunan Pertanian Berkelanjutan

Keadilan akses terhadap informasi pertanian merupakan komponen penting dalam pembangunan pertanian yang berkelanjutan dan inklusif. Ketika petani di berbagai wilayah memiliki kesempatan yang sama untuk memperoleh informasi teknologi dan pasar, sistem pertanian menjadi lebih adaptif terhadap perubahan ekonomi dan lingkungan. Dalam konteks ini, model penyuluhan hibrid memiliki potensi untuk menjadi jembatan transisi menuju sistem pertanian digital yang lebih inklusif. Pendekatan ini memungkinkan transformasi digital berlangsung secara bertahap tanpa meninggalkan kelompok petani yang belum memiliki akses terhadap teknologi digital.

Membangun Resiliensi Sosial: Peran Model Hibrid dalam Memperkuat Modal Sosial di Pedesaan

Dalam perspektif sosiologi pembangunan pedesaan, keberhasilan sistem penyuluhan pertanian tidak hanya ditentukan oleh kemampuan sistem tersebut dalam mentransfer teknologi kepada petani, tetapi juga oleh kemampuannya dalam memperkuat jaringan sosial yang menjadi fondasi pembelajaran kolektif dalam komunitas pedesaan. Jaringan sosial ini sering disebut dalam literatur sebagai modal sosial (*social capital*). Modal sosial merujuk pada kumpulan hubungan sosial, norma kepercayaan, dan mekanisme kerja sama yang memungkinkan individu dalam suatu komunitas untuk bekerja secara kolektif dalam mencapai tujuan bersama. Dalam konteks pertanian, modal sosial memainkan peran penting dalam proses penyebaran inovasi karena keputusan adopsi teknologi sering dipengaruhi oleh interaksi sosial antarpetani.

Mockshell & Birner (2020) jaringan sosial dalam komunitas pedesaan berfungsi sebagai saluran utama dalam penyebaran pengetahuan pertanian. Petani sering memperoleh informasi mengenai teknologi baru melalui interaksi dengan sesama petani, anggota keluarga, atau tokoh masyarakat local. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan yang efektif tidak hanya menyampaikan informasi kepada petani secara individual tetapi juga memperkuat jaringan komunikasi sosial yang memungkinkan pengetahuan tersebut menyebar secara luas dalam komunitas. Model penyuluhan hibrid memiliki potensi besar dalam memperkuat modal sosial karena menggabungkan teknologi digital dengan interaksi sosial yang telah lama menjadi bagian dari struktur kehidupan pedesaan.

A. Modal Sosial sebagai Fondasi Difusi Inovasi

Teori difusi inovasi menekankan bahwa adopsi teknologi pertanian sering terjadi melalui proses pembelajaran sosial di mana petani mengamati pengalaman petani lain dalam menggunakan teknologi baru sebelum memutuskan untuk mengadopsinya. Dalam banyak komunitas pedesaan, keputusan petani untuk mencoba inovasi baru tidak hanya dipengaruhi oleh informasi teknis tetapi juga oleh tingkat kepercayaan terhadap individu yang memperkenalkan teknologi tersebut. Petani cenderung lebih percaya pada informasi yang berasal dari sumber yang mereka kenal dan percayai, seperti tetangga atau anggota kelompok tani, dibandingkan dengan informasi yang disampaikan melalui saluran komunikasi yang bersifat impersonal. Interaksi sosial dalam komunitas petani memungkinkan proses validasi kolektif terhadap inovasi pertanian sebelum teknologi tersebut diadopsi secara luas.

B. Peran Kelompok Tani dalam Memperkuat Modal Sosial

Kelompok tani merupakan salah satu institusi sosial yang memainkan peran penting dalam sistem penyuluhan pertanian. Melalui kelompok tani, petani dapat bertukar pengalaman mengenai praktik produksi, mendiskusikan tantangan yang mereka hadapi, serta berbagi informasi mengenai teknologi baru. Kelompok tani juga berfungsi sebagai ruang pembelajaran kolektif di mana anggota kelompok dapat mengembangkan keterampilan teknis melalui kegiatan seperti demonstrasi teknologi atau sekolah lapang. Dalam sistem penyuluhan hibrid, kelompok tani dapat berfungsi sebagai jembatan antara komunikasi digital dan interaksi sosial. Informasi yang diperoleh melalui platform digital dapat didiskusikan dalam pertemuan kelompok tani sehingga anggota kelompok dapat meng-evaluasi relevansi informasi tersebut dengan kondisi produksi lokal. Proses diskusi ini memungkinkan petani untuk mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai inovasi pertanian serta meningkatkan kepercayaan terhadap teknologi baru.

C. Teknologi Digital sebagai Penguat Jaringan Sosial

Meskipun interaksi sosial merupakan fondasi modal sosial dalam komunitas pedesaan, teknologi digital dapat berperan sebagai alat untuk memperluas dan memperkuat jaringan komunikasi antarpetani. Platform komunikasi digital seperti grup pesan instan atau media sosial memungkinkan petani untuk berinteraksi dengan komunitas petani yang lebih luas di luar wilayah geografis mereka. Melalui platform ini, petani dapat berbagi pengalaman mengenai praktik pertanian, memperoleh informasi mengenai inovasi teknologi, serta membangun jaringan kerja sama dengan petani dari berbagai wilayah. Integrasi antara komunikasi digital dan interaksi komunitas menciptakan bentuk baru jaringan sosial yang menghubungkan komunitas pedesaan secara lebih luas.

D. Pembelajaran Kolektif dalam Komunitas Pertanian

Salah satu manfaat utama dari penguatan modal sosial dalam sistem penyuluhan hibrid adalah terciptanya proses pembelajaran kolektif (*collective learning*) dalam komunitas petani. Pembelajaran kolektif terjadi ketika individu dalam suatu komunitas saling berbagi pengetahuan dan pengalaman sehingga kemampuan komunitas secara keseluruhan dalam menghadapi tantangan produksi meningkat. Dalam sistem penyuluhan hibrid, pembelajaran kolektif dapat terjadi melalui berbagai mekanisme, antara lain:

a. Diskusi kelompok tani mengenai teknologi baru
b. Pertukaran pengalaman antarpetani melalui platform digital
c. Kegiatan demonstrasi teknologi di tingkat komunitas
d. Proses ini memungkinkan inovasi pertanian berkembang melalui adaptasi lokal yang dilakukan oleh petani sendiri.

E. Modal Sosial dan Resiliensi Komunitas Pedesaan

Modal sosial juga memiliki peran penting dalam meningkatkan resiliensi komunitas pedesaan terhadap berbagai risiko ekonomi dan lingkungan. Ketika komunitas petani memiliki jaringan sosial yang kuat, mereka lebih mampu bekerja sama dalam menghadapi berbagai tantangan seperti perubahan iklim, fluktuasi harga komoditas, atau serangan hama tanaman. Kerja sama antarpetani memungkinkan komunitas untuk berbagi informasi mengenai strategi adaptasi yang efektif serta mengembangkan solusi kolektif terhadap masalah produksi. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan yang mampu memperkuat jaringan sosial dalam komunitas petani dapat berkontribusi pada peningkatan ketahanan sistem pertanian secara keseluruhan.

F. Model Hibrid sebagai Infrastruktur Sosial Baru

Model penyuluhan hibrid tidak hanya dapat dipahami sebagai integrasi teknologi digital dan metode komunikasi tradisional, tetapi juga sebagai infrastruktur sosial baru yang menghubungkan berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Melalui integrasi komunikasi digital dan interaksi sosial, model hibrid memungkinkan terbentuknya jaringan komunikasi yang lebih luas dan lebih dinamis dalam komunitas pertanian. Jaringan ini menghubungkan petani dengan berbagai sumber pengetahuan seperti:

a. Lembaga penelitian pertanian
b. Penyuluh lapangan
c. Perusahaan teknologi pertanian

d. Organisasi petani

Interaksi antara berbagai aktor ini menciptakan ekosistem inovasi yang lebih terbuka dan kolaboratif.

G. Implikasi bagi Transformasi Sistem Penyuluhan

Analisis mengenai peran modal sosial dalam sistem penyuluhan hibrid memiliki implikasi penting bagi desain kebijakan penyuluhan pertanian di masa depan. Pertama, program digitalisasi pertanian perlu dirancang sedemikian rupa sehingga memperkuat interaksi sosial dalam komunitas petani, bukan menggantikannya. Kedua, penguatan organisasi petani seperti kelompok tani atau koperasi pertanian perlu menjadi bagian integral dari strategi pembangunan sistem penyuluhan. Ketiga, penyuluh perlu dilatih untuk berperan sebagai fasilitator jaringan sosial yang menghubungkan petani dengan berbagai sumber pengetahuan dalam sistem inovasi pertanian. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan berfungsi tidak hanya sebagai mekanisme transfer teknologi tetapi juga sebagai sarana untuk memperkuat kapasitas kolektif komunitas pedesaan dalam menghadapi tantangan pembangunan pertanian.

Hibriditas sebagai Prinsip Etis: Menuju Sistem Penyuluhan yang Tidak Meninggalkan Siapapun (*Leave No One Behind*)

Transformasi digital dalam sektor pertanian sering dipromosikan sebagai jalan menuju peningkatan efisiensi, produktivitas, dan akses informasi bagi petani. Namun, dalam perspektif sosiologi pembangunan, inovasi teknologi tidak hanya harus dinilai berdasarkan manfaat ekonominya tetapi juga berdasarkan dampak sosialnya terhadap keadilan akses dan inklusivitas dalam masyarakat. Dalam konteks ini, perdebatan mengenai digitalisasi sistem penyuluhan tidak dapat dilepaskan dari pertanyaan mendasar mengenai siapa yang memperoleh manfaat dari transformasi teknologi tersebut dan siapa yang berpotensi tertinggal.

Konsep "*Leave No One Behind"* yang menjadi prinsip utama dalam Agenda Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals)* menekankan bahwa pembangunan harus memastikan bahwa seluruh kelompok masyarakat, termasuk kelompok yang paling rentan, memiliki kesempatan yang sama untuk memperoleh manfaat dari inovasi teknologi. Dalam sistem penyuluhan pertanian, prinsip ini mengharuskan kebijakan pembangunan pertanian untuk mempertimbangkan berbagai bentuk ketimpangan sosial yang dapat mempengaruhi akses petani terhadap informasi dan teknologi. Model penyuluhan hibrid dapat dipahami sebagai respons normatif terhadap tantangan ini karena menggabungkan teknologi digital dengan interaksi sosial untuk menciptakan sistem komunikasi yang lebih inklusif.

A. Hibriditas sebagai Strategi Keadilan Sosial

Pendekatan penyuluhan yang sepenuhnya berbasis digital sering dianggap lebih efisien karena mampu menjangkau petani dalam jumlah besar dengan biaya operasional yang relatif rendah. Namun, pendekatan ini berisiko menciptakan eksklusi bagi kelompok petani yang tidak memiliki akses terhadap teknologi digital. Sebaliknya, sistem penyuluhan tradisional yang sepenuhnya bergantung pada interaksi tatap muka sering menghadapi keterbatasan dalam hal skalabilitas dan efisiensi operasional. Model penyuluhan hibrid menawarkan pendekatan yang lebih seimbang dengan menggabungkan keunggulan kedua metode tersebut. Teknologi digital digunakan untuk memperluas jangkauan informasi, sementara interaksi tatap muka memastikan bahwa kelompok petani yang memiliki keterbatasan akses teknologi tetap dapat memperoleh layanan penyuluhan. Dengan demikian, hibriditas dapat dipahami tidak hanya sebagai strategi teknis tetapi juga sebagai strategi keadilan sosial dalam pembangunan pertanian.

B. Studi Kasus

a. Inklusi Hibrid di Odisha (India) vs Malawi (Afrika)

a) Kasus Odisha, India

Program digitalisasi penyuluhan pertanian di negara bagian Odisha menggabungkan platform informasi digital dengan jaringan penyuluh lapangan yang aktif bekerja dalam komunitas petani. Melalui aplikasi pertanian berbasis *smartphone*, petani

dapat memperoleh informasi mengenai harga komoditas, prakiraan cuaca, dan rekomendasi teknologi budidaya. Namun, program ini juga menyadari bahwa tidak semua petani memiliki akses terhadap perangkat digital. Oleh karena itu, penyuluh lapangan berperan dalam menyampaikan informasi digital melalui pertemuan kelompok tani dan kegiatan demonstrasi teknologi. Pendekatan ini memungkinkan petani yang tidak memiliki akses langsung terhadap teknologi digital tetap memperoleh manfaat dari sistem informasi pertanian.

b) Kasus Malawi

Di Malawi, program penyuluhan pertanian yang mengintegrasikan radio komunitas dengan kunjungan lapangan penyuluh menunjukkan bahwa kombinasi berbagai metode komunikasi dapat meningkatkan jangkauan informasi pertanian. Radio komunitas digunakan untuk menyebarkan informasi mengenai praktik pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim, sementara penyuluh lapangan memberikan pelatihan teknis kepada petani mengenai cara menerapkan praktik tersebut. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan menjangkau petani di wilayah pedesaan terpencil yang memiliki keterbatasan akses terhadap internet atau perangkat digital.

C. Dimensi Etika dalam Transformasi Digital Pertanian

Pengalaman dari berbagai negara menunjukkan bahwa digitalisasi pertanian dapat menghasilkan manfaat yang signifikan apabila dirancang dengan mempertimbangkan prinsip inklusivitas sosial. Namun, digitalisasi yang tidak memperhatikan kesenjangan akses teknologi berisiko menciptakan bentuk baru ketimpangan sosial dalam komunitas pedesaan. Dalam konteks ini, model penyuluhan hibrid memberikan kerangka yang memungkinkan transformasi digital berlangsung secara lebih adil dan inklusif. Dengan menggabungkan teknologi digital dan interaksi sosial, sistem penyuluhan hibrid memastikan bahwa inovasi teknologi tidak menggantikan hubungan sosial dalam komunitas petani tetapi justru memperkuatnya.

D. Menuju Sistem Penyuluhan yang Berkeadilan

Analisis mengenai inklusivitas sosial dalam model penyuluhan hibrid menunjukkan bahwa keberhasilan transformasi digital dalam sektor pertanian tidak hanya bergantung pada ketersediaan teknologi tetapi juga pada desain kelembagaan sistem penyuluhan. Sistem penyuluhan yang inklusif harus mampu menjangkau berbagai kelompok petani yang memiliki tingkat akses teknologi yang berbeda. Pendekatan ini memerlukan kombinasi strategi yang meliputi:

a. Penguatan jaringan penyuluh lapangan
b. Pengembangan platform digital pertanian yang mudah diakses
c. Peningkatan literasi digital di kalangan petani
d. Penguatan organisasi petani di tingkat komunitas

Melalui kombinasi strategi ini, sistem penyuluhan dapat berfungsi sebagai jembatan antara inovasi teknologi dan kebutuhan nyata komunitas petani.

E. Hibriditas sebagai Paradigma Baru Penyuluhan Global

Berdasarkan sintesis literatur global mengenai sistem penyuluhan pertanian, model hibrid dapat dipahami sebagai paradigma baru dalam desain sistem penyuluhan di era transformasi digital. Paradigma ini menekankan bahwa teknologi digital dan interaksi sosial bukanlah dua pendekatan yang saling menggantikan, tetapi dua komponen yang saling melengkapi dalam proses pembelajaran petani. Dengan mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut, sistem penyuluhan hibrid mampu:

a. Memperluas jangkauan informasi pertanian
b. Meningkatkan kualitas interaksi antara penyuluh dan petani
c. Memperkuat jaringan sosial dalam komunitas pedesaan
d. Memastikan bahwa transformasi digital berlangsung secara inklusif

Dengan demikian, hibriditas bukan hanya strategi komunikasi tetapi juga komitmen moral dalam pembangunan sistem pangan global yang adil dan berkelanjutan.

BAB 7
Perancangan Arsitektur Penyuluhan Hibrid: Strategi Desain Berbasis Pengguna *(User-Centered Design)*

➢ Pendahuluan:Transformasi Digital dalam Sistem Penyuluhan Pertanian

Transformasi digital telah menjadi salah satu pendorong utama perubahan dalam sistem produksi dan distribusi pengetahuan pertanian di berbagai negara. Dalam konteks pembangunan pertanian modern, teknologi digital tidak lagi diposisikan hanya sebagai alat bantu komunikasi, tetapi sebagai infrastruktur strategis yang menghubungkan petani dengan sumber informasi, pasar, serta layanan pendukung produksi. Kemunculan konsep digital *agriculture* dan *Agriculture* 4.0 telah mendorong integrasi teknologi informasi, data analitik, dan sistem komunikasi digital ke dalam praktik pertanian sehari-hari (Klerkx dkk., 2019)

Dalam sistem penyuluhan pertanian, digitalisasi membuka peluang untuk memperluas jangkauan layanan informasi kepada petani secara lebih cepat dan efisien. Platform digital seperti aplikasi *mobile* pertanian, layanan SMS berbasis informasi cuaca, serta sistem komunikasi berbasis radio komunitas memungkinkan penyebaran informasi agronomi, harga pasar, dan peringatan dini hama secara lebih luas dibandingkan metode penyuluhan konvensional. Fabregas dkk. (2019) pemanfaatan teknologi digital dalam penyuluhan mampu meningkatkan akses petani terhadap informasi agronomi yang relevan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi usaha tani.

Meskipun demikian, penerapan teknologi digital dalam sistem penyuluhan tidak selalu berjalan secara optimal. Salah satu tantangan utama adalah ketimpangan akses teknologi di wilayah pedesaan, yang sering kali dipengaruhi oleh keterbatasan infrastruktur, rendahnya literasi digital, serta faktor sosial ekonomi. Dalam banyak kasus, implementasi platform digital tanpa mempertimbangkan kondisi lokal justru memperlebar kesenjangan akses informasi antara kelompok petani yang memiliki akses teknologi dengan kelompok yang tidak memiliki akses tersebut. Oleh karena itu, pendekatan yang semakin banyak dikembangkan dalam literatur pembangunan pertanian adalah arsitektur penyuluhan hibrid *(hybrid extension architecture*). Pendekatan ini mengintegrasikan berbagai saluran komunikasi baik digital maupun konvensional dalam satu sistem penyampaian informasi yang saling melengkapi. Dalam kerangka ini, teknologi digital tidak menggantikan sepenuhnya metode penyuluhan tradisional, tetapi berfungsi sebagai komponen tambahan yang memperkuat sistem penyebaran pengetahuan pertanian (Birner, 2021)

A. Konsep Arsitektur Penyuluhan Hibrid

Arsitektur penyuluhan hibrid dapat didefinisikan sebagai sistem integratif yang menggabungkan berbagai platform komunikasi untuk mendistribusikan informasi pertanian secara adaptif sesuai dengan kondisi pengguna. Sistem ini biasanya mengintegrasikan beberapa komponen utama, antara lain:

a. Platform digital berbasis aplikasi *mobile*
b. Sistem komunikasi berbasis SMS atau pesan suara
c. Media penyuluhan tradisional seperti radio komunitas
d. Interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani

Integrasi berbagai platform ini memungkinkan sistem penyuluhan menjangkau kelompok petani dengan tingkat kesiapan teknologi yang berbeda. Sebagai contoh, petani yang memiliki *smartphone* dan akses internet dapat memanfaatkan aplikasi digital yang menyediakan informasi agronomi secara interaktif. Sebaliknya, petani yang tidak memiliki akses internet tetap dapat memperoleh informasi melalui layanan SMS atau siaran radio komunitas.

Pendekatan ini sejalan dengan konsep *inclusive digital transformation,* yang menekankan pentingnya desain sistem teknologi yang mampu menjangkau kelompok masyarakat dengan tingkat akses teknologi yang berbeda (Ayim dkk., 2022). Dalam konteks ini, arsitektur penyuluhan hibrid berfungsi sebagai mekanisme inklusi digital yang memastikan bahwa transformasi digital dalam sektor pertanian tidak meninggalkan kelompok petani yang paling rentan. Selain itu, pendekatan hibrid juga meningkatkan ketahanan sistem penyuluhan terhadap berbagai keterbatasan infrastruktur. Misalnya, ketika jaringan internet tidak tersedia atau tidak stabil, informasi pertanian tetap dapat disampaikan melalui media alternatif seperti radio komunitas atau layanan SMS.

B. Prinsip Desain Berbasis Pengguna dalam Sistem Penyuluhan Digital

Salah satu aspek penting dalam pengembangan sistem penyuluhan berbasis teknologi adalah penerapan pendekatan *User-Centered Design* (UCD). Pendekatan ini menempatkan kebutuhan, kemampuan, dan pengalaman pengguna sebagai faktor utama dalam proses desain sistem. Dalam konteks penyuluhan pertanian, pengguna utama sistem digital adalah petani dengan latar belakang sosial ekonomi dan tingkat literasi yang beragam. Banyak petani di wilayah pedesaan memiliki tingkat literasi digital yang terbatas, terutama pada kelompok petani lansia. Oleh karena itu, desain aplikasi pertanian harus mempertimbangkan berbagai keterbatasan tersebut agar teknologi yang dikembangkan dapat benar-benar digunakan oleh pengguna.

Athey dkk. (2023) keberhasilan aplikasi digital di sektor pertanian sangat dipengaruhi oleh kesesuaian desain antarmuka dengan karakteristik pengguna. Aplikasi yang dirancang dengan antarmuka yang kompleks atau menggunakan terminologi teknis yang sulit dipahami cenderung memiliki tingkat adopsi yang rendah di kalangan petani kecil. Pendekatan UCD dalam pengembangan sistem penyuluhan digital biasanya melibatkan beberapa tahapan utama:

a. Analisis kebutuhan pengguna
b. Perancangan prototipe antarmuka
c. Pengujian kegunaan (*usability testing*)
d. Iterasi desain berdasarkan umpan balik pengguna

Melalui proses ini, sistem digital dapat dikembangkan secara lebih responsif terhadap kebutuhan pengguna sehingga meningkatkan tingkat adopsi teknologi di kalangan petani.

C. Kerangka Konseptual Arsitektur Penyuluhan Hibrid

Berdasarkan literatur mengenai digital *agriculture* dan sistem penyuluhan berbasis teknologi, arsitektur penyuluhan hibrid dapat dikembangkan melalui integrasi tiga komponen utama, yaitu:

a. Infrastruktur Digital
b. Desain Sistem Berbasis Pengguna
c. Integrasi Multi-Platform Komunikasi

Ketiga komponen tersebut membentuk kerangka konseptual yang saling berkaitan dalam mendukung sistem penyuluhan pertanian yang adaptif.

Tabel 28. Kerangka Konseptual Arsitektur Penyuluhan Hibrid

Komponen	Fungsi Utama	Contoh Implementasi
Infrastruktur Digital	Menyediakan akses teknologi dan jaringan komunikasi	Internet desa, jaringan seluler, listrik
Desain Berbasis Pengguna	Menjamin teknologi mudah digunakan oleh petani	Antarmuka sederhana, ikon visual, audio
Integrasi Multi-Platform	Menghubungkan berbagai media komunikasi	Aplikasi *mobile*, SMS *gateway*, radio komunitas

Kerangka ini menekankan bahwa keberhasilan transformasi digital dalam sistem penyuluhan tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada kesesuaian desain sistem dengan kondisi sosial pengguna.

D. Implikasi Strategis bagi Pembangunan Sistem Penyuluhan

Pengembangan arsitektur penyuluhan hibrid memiliki implikasi penting bagi kebijakan pembangunan pertanian. Dengan mengintegrasikan berbagai saluran komunikasi dalam satu ekosistem informasi, sistem penyuluhan dapat menjadi lebih fleksibel dan responsif terhadap kebutuhan petani.

Pendekatan ini juga memungkinkan pemerintah dan lembaga penyuluhan untuk mengoptimalkan pemanfaatan teknologi digital tanpa mengabaikan metode penyuluhan tradisional yang masih relevan di banyak wilayah pedesaan. Dengan demikian, sistem penyuluhan hibrid dapat berfungsi sebagai infrastruktur pengetahuan yang adaptif, yang mampu menghubungkan berbagai sumber informasi pertanian dengan kebutuhan petani di lapangan. Dalam jangka panjang, pengembangan sistem penyuluhan hibrid diharapkan dapat memperkuat kapasitas petani dalam mengakses informasi, mengadopsi inovasi teknologi, serta meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan.

Protokol *Digital Readiness Mapping* di Tingkat Desa

A. Konsep Kesiapan Digital dalam Transformasi Penyuluhan

Keberhasilan transformasi digital dalam sistem penyuluhan pertanian sangat bergantung pada tingkat kesiapan digital masyarakat pedesaan. Kesiapan digital atau *digital readiness* mengacu pada kemampuan suatu komunitas untuk mengakses, menggunakan, dan memanfaatkan teknologi digital dalam kegiatan ekonomi dan sosial secara efektif. Dalam konteks penyuluhan pertanian, *digital readiness* tidak hanya mencakup keberadaan infrastruktur teknologi, tetapi juga meliputi kapasitas manusia, tingkat literasi digital, serta kesiapan kelembagaan untuk mengintegrasikan teknologi dalam proses penyebaran pengetahuan pertanian.

Literatur mengenai *digital agriculture* menunjukkan bahwa kegagalan banyak program digitalisasi pertanian sering kali disebabkan oleh ketidaksesuaian antara desain teknologi dengan kondisi sosial dan infrastruktur lokal. Oleh karena itu, sebelum merancang sistem penyuluhan digital atau hibrid, diperlukan proses pemetaan kesiapan digital secara sistematis di tingkat desa (Ayim dkk., 2022). Pemetaan ini memungkinkan perancang sistem untuk memahami kondisi nyata di lapangan sehingga intervensi teknologi dapat disesuaikan dengan kapasitas pengguna.

Singh dkk., (2023)menekankan bahwa *digital readiness* dalam sistem penyuluhan pedesaan umumnya ditentukan oleh tiga dimensi utama, yaitu infrastruktur teknologi, akses perangkat digital, dan literasi digital masyarakat. Ketiga dimensi ini saling berinteraksi dalam membentuk ekosistem digital pedesaan. Tanpa infrastruktur yang memadai, petani tidak dapat mengakses layanan digital. Sebaliknya, tanpa literasi digital yang cukup, keberadaan teknologi tidak akan dimanfaatkan secara optimal oleh pengguna.

Dengan demikian, *Digital Readiness Mapping* (DRM) dapat dipahami sebagai proses evaluasi multidimensional yang bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kesiapan suatu wilayah dalam mengadopsi sistem penyuluhan berbasis teknologi. Hasil pemetaan ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam merancang strategi penyuluhan yang sesuai dengan kondisi lokal.

B. Dimensi Infrastruktur dalam Audit Kesiapan Digital

Audit infrastruktur merupakan tahap awal dalam proses *digital readiness mapping.* Infrastruktur digital di pedesaan umumnya mencakup tiga komponen utama, yaitu kualitas jaringan telekomunikasi, ketersediaan listrik, dan akses terhadap perangkat digital.

a. Audit Kualitas Jaringan Telekomunikasi

Ketersediaan jaringan telekomunikasi merupakan prasyarat utama bagi implementasi layanan penyuluhan berbasis digital. Tanpa jaringan yang stabil, penggunaan aplikasi *mobile*, layanan pesan singkat, maupun sistem informasi berbasis internet menjadi tidak efektif. Oleh karena itu, proses audit jaringan perlu dilakukan untuk mengidentifikasi kualitas sinyal dan tingkat aksesibilitas internet di tingkat desa.

Audit jaringan biasanya dilakukan melalui kombinasi metode pengukuran teknis dan survei lapangan. Pengukuran teknis dilakukan dengan menggunakan aplikasi pemetaan sinyal yang mampu merekam kekuatan jaringan seluler dalam satuan *decibel-milliwatts* (dBm). Secara umum, kualitas sinyal dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 29. Kualitas Jaringan Telekomunikasi

Kekuatan Sinyal	Kategori Kualitas
> -70 dBm	Sangat kuat
-70 hingga -85 dBm	Baik
-85 hingga -100 dBm	Lemah
< -100 dBm	Sangat lemah

Pengukuran ini dilakukan pada beberapa titik strategis di desa, seperti kantor desa, kelompok tani, pasar desa, dan area produksi pertanian. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan sistem informasi geografis (GIS) untuk menghasilkan peta distribusi jaringan digital desa. Fabregas dkk. (2019) pemetaan akses jaringan di wilayah pedesaan sangat penting untuk menentukan strategi komunikasi digital yang efektif dalam penyuluhan pertanian.

b. Audit Ketersediaan Energi Listrik

Selain jaringan telekomunikasi, ketersediaan listrik merupakan faktor fundamental dalam ekosistem digital pedesaan. Perangkat digital seperti *smartphone*, komputer, maupun perangkat radio membutuhkan pasokan listrik yang stabil untuk dapat digunakan secara berkelanjutan.

Audit listrik biasanya mencakup beberapa indikator utama:

a) Tingkat elektrifikasi rumah tangga
b) Frekuensi pemadaman Listrik
c) Ketersediaan sumber energi alternatif

Di banyak wilayah pedesaan, penggunaan sistem energi surya skala kecil (*solar home system*) menjadi solusi untuk meningkatkan akses energi bagi masyarakat. Integrasi antara energi terbarukan dan layanan digital juga dinilai dapat meningkatkan keberlanjutan program digitalisasi pertanian di wilayah terpencil (Birner dkk., 2021).

c. Audit Kepemilikan Perangkat Digital

Komponen penting lainnya dalam *digital readiness* adalah akses masyarakat terhadap perangkat digital. Kepemilikan perangkat menentukan jenis platform komunikasi yang dapat digunakan dalam sistem penyuluhan.

Survei kepemilikan perangkat biasanya mencakup beberapa kategori:

a) *Smartphone*
b) Feature phone
c) Radio
d) Televisi
e) Komputer atau laptop

Dalam banyak wilayah pedesaan di negara berkembang, kepemilikan feature phone masih lebih tinggi dibandingkan *smartphone*. Oleh karena itu, sistem penyuluhan digital perlu mengintegrasikan teknologi yang dapat menjangkau berbagai jenis perangkat, seperti layanan SMS *gateway* atau *interactive voice response* (IVR).

C. Pengukuran Literasi Digital Petani

Selain infrastruktur fisik, kesiapan digital juga sangat dipengaruhi oleh kapasitas manusia dalam menggunakan teknologi digital. Literasi digital mencakup kemampuan individu untuk mengakses, memahami, dan memanfaatkan informasi digital secara efektif. Pengukuran literasi digital petani biasanya dilakukan melalui survei berbasis indikator kompetensi digital yang meliputi:

a. Kemampuan dasar penggunaan perangkat digital
b. Kemampuan mengakses internet
c. Kemampuan menggunakan aplikasi komunikasi
d. Kemampuan mengevaluasi informasi digital

Klerkx dkk. (2019) literasi digital petani sering kali dipengaruhi oleh faktor usia, tingkat pendidikan, serta pengalaman sebelumnya dalam menggunakan teknologi digital. Petani yang lebih muda cenderung memiliki tingkat literasi digital yang lebih tinggi dibandingkan petani lansia. Oleh karena itu, desain sistem penyuluhan digital harus mempertimbangkan variasi kemampuan pengguna agar teknologi yang dikembangkan tetap inklusif bagi seluruh kelompok petani.

D. Metodologi Penyusunan Indeks Kesiapan Digital Desa

Untuk memperoleh gambaran yang lebih sistematis mengenai kondisi digital suatu wilayah, data yang diperoleh dari audit infrastruktur dan survei literasi digital biasanya dianalisis dalam bentuk Indeks Kesiapan Digital Desa (*Village Digital Readiness Index*).

Indeks ini disusun melalui beberapa tahapan analisis.

a. Tahap 1: Normalisasi Indikator, Setiap indikator diubah ke dalam skala nilai standar (0–1) agar dapat dibandingkan secara konsisten.
b. Tahap 2: Pembobotan Dimensi, Setiap dimensi kesiapan digital diberikan bobot tertentu. Sebagai contoh:

Tabel 30. Pembobotan Dimensi

Dimensi	Bobot
Infrastruktur jaringan	0.40
Akses perangkat	0.30
Literasi digital	0.30

c. Tahap 3: Perhitungan Skor Komposit
Skor kesiapan digital desa dihitung menggunakan formula:
DRI =(0.40×Inetwork)+(0.30×Idevice)+(0.30×Iliteracy)
DRI = (0.40 \times I_{network}) + (0.30 \times I_{device}) + (0.30 \times I_{literacy})
DRI=(0.40×Inetwork)+(0.30×Idevice)+(0.30×Iliteracy)
di mana DRI (*Digital Readiness Index)* menunjukkan tingkat kesiapan digital suatu desa.
d. Tahap 4: Klasifikasi Tingkat Kesiapan
Berdasarkan skor indeks, desa dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori:

Tabel 31. Klasifikasi Tingkat Kesiapan

Skor DRI	Kategori
0.70 – 1.00	Kesiapan Digital Tinggi
0.40 – 0.69	Kesiapan Digital Sedang
0.00 – 0.39	Kesiapan Digital Rendah

Klasifikasi ini sangat penting dalam menentukan strategi desain sistem penyuluhan yang paling sesuai dengan kondisi lokal.

E. Matriks Kesiapan Digital untuk Desain Sistem Penyuluhan

Hasil digital readiness mapping biasanya disintesis dalam bentuk Matriks Kesiapan Digital, yang menghubungkan kondisi infrastruktur dengan tingkat literasi digital masyarakat.

Tabel 32. Matriks Kesiapan Digital untuk Desain Sistem Penyuluhan

Infrastruktur Digital	Literasi Digital Rendah	Literasi Digital Sedang	Literasi Digital Tinggi
Infrastruktur Lemah	Radio komunitas	Radio + SMS	SMS berbasis informasi
Infrastruktur Sedang	SMS *gateway*	SMS + aplikasi sederhana	Aplikasi *mobile*
Infrastruktur Tinggi	Pelatihan digital	Aplikasi *mobile*	Platform digital penuh

Matriks ini membantu perancang sistem penyuluhan menentukan kombinasi media komunikasi yang paling efektif bagi setiap wilayah. Sebagai contoh:

a. Desa dengan infrastruktur rendah dan literasi rendah lebih cocok menggunakan radio komunitas.
b. Desa dengan infrastruktur sedang dapat menggunakan SMS *gateway.*
c. Desa dengan kesiapan digital tinggi dapat mengimplementasikan platform aplikasi *mobile* pertanian secara penuh.

Pendekatan ini memastikan bahwa desain sistem penyuluhan tetap inklusif dan adaptif terhadap kondisi lokal.

F. Implikasi *Digital Readiness Mapping* terhadap Desain Penyuluhan Hibrid

Digital readiness mapping memiliki implikasi strategis dalam pengembangan sistem penyuluhan hibrid. Dengan memahami kondisi kesiapan digital di tingkat desa, perancang sistem dapat mengembangkan model komunikasi yang lebih fleksibel dan responsif terhadap kebutuhan pengguna. Pendekatan ini juga memungkinkan integrasi antara berbagai saluran komunikasi dalam satu ekosistem informasi pertanian. Misalnya, informasi yang sama dapat disebarkan melalui aplikasi *mobile* bagi petani yang memiliki *smartphone*, sementara petani lain dapat menerima informasi yang sama melalui SMS atau siaran radio komunitas. Dengan demikian, sistem penyuluhan hibrid tidak hanya berfungsi sebagai platform teknologi, tetapi juga sebagai infrastruktur pengetahuan yang mampu menjembatani kesenjangan digital di wilayah pedesaan.

➢ Filosofi *User-Centered Design* dalam Pengembangan Aplikasi Penyuluhan Pertanian

Konsep *User-Centered Design* dalam Transformasi Digital Pertanian

Perkembangan teknologi digital dalam sektor pertanian telah menciptakan berbagai platform informasi yang bertujuan untuk meningkatkan akses petani terhadap pengetahuan agronomi, informasi pasar, serta layanan konsultasi teknis. Namun, berbagai studi menunjukkan bahwa tingkat adopsi teknologi digital oleh petani kecil masih relatif rendah, terutama di wilayah pedesaan yang memiliki keterbatasan infrastruktur dan literasi digital. Salah satu faktor utama yang menyebabkan rendahnya tingkat adopsi tersebut adalah ketidaksesuaian antara desain teknologi dengan karakteristik pengguna akhir, yaitu petani.

Pendekatan *User-Centered Design* (UCD) muncul sebagai strategi desain sistem yang menempatkan pengguna sebagai pusat dalam proses pengembangan teknologi. Dalam kerangka ini, desain sistem tidak hanya didasarkan pada kemampuan teknis teknologi, tetapi juga mempertimbangkan kebutuhan, keterbatasan, serta konteks sosial pengguna (Norman & Draper, 2016). Dalam konteks penyuluhan pertanian digital, pendekatan ini menjadi sangat penting karena pengguna utama sistem adalah petani dengan latar belakang pendidikan, pengalaman teknologi, dan tingkat literasi yang sangat beragam.

Ayim dkk. (2022) aplikasi pertanian yang dirancang dengan pendekatan UCD memiliki tingkat adopsi yang lebih tinggi dibandingkan aplikasi yang dikembangkan tanpa mempertimbangkan karakteristik pengguna. Hal ini karena pendekatan UCD memungkinkan pengembang teknologi untuk memahami kebutuhan nyata petani serta merancang antarmuka yang lebih intuitif dan mudah digunakan.

Dalam konteks penyuluhan hibrid, penerapan UCD menjadi semakin penting karena sistem yang dikembangkan harus mampu menjangkau berbagai kelompok petani, termasuk petani lansia, petani dengan literasi rendah, dan petani yang baru pertama kali menggunakan teknologi digital. Dengan demikian, UCD tidak hanya berfungsi sebagai metode desain teknologi, tetapi juga sebagai strategi inklusi digital dalam pembangunan pertanian.

A. Karakteristik Pengguna dalam Sistem Penyuluhan Digital

Sebelum merancang aplikasi penyuluhan pertanian, penting untuk memahami karakteristik pengguna yang akan menggunakan sistem tersebut. Petani sebagai pengguna utama teknologi penyuluhan digital memiliki beberapa karakteristik khusus yang membedakannya dari pengguna teknologi di sektor lain.

a. Variasi Tingkat Literasi Digital

Tingkat literasi digital petani sangat bervariasi, mulai dari pengguna yang terbiasa menggunakan *smartphone* hingga pengguna yang hanya memiliki pengalaman terbatas dengan telepon seluler dasar. Variasi ini menyebabkan kebutuhan desain antarmuka yang mampu menjangkau pengguna dengan berbagai tingkat kemampuan teknologi. Birner (2021) aplikasi pertanian yang menggunakan ikon visual dan navigasi sederhana lebih mudah dipahami oleh pengguna dengan literasi digital rendah dibandingkan aplikasi yang menggunakan teks panjang atau menu yang kompleks.

b. Faktor Usia dan Pengalaman Teknologi
Kelompok petani lansia sering kali menghadapi kesulitan dalam menggunakan aplikasi digital karena keterbatasan pengalaman teknologi serta penurunan kemampuan kognitif dan visual. Oleh karena itu, desain aplikasi pertanian perlu mempertimbangkan aspek aksesibilitas antarmuka, seperti penggunaan *font* yang lebih besar, warna yang kontras, serta navigasi yang sederhana. Selain itu, penggunaan fitur audio atau pesan suara dapat membantu meningkatkan aksesibilitas aplikasi bagi petani yang memiliki keterbatasan membaca atau menulis.

c. Konteks Penggunaan di Lingkungan Pertanian
Berbeda dengan aplikasi digital yang digunakan di lingkungan kantor atau perkotaan, aplikasi pertanian sering digunakan dalam kondisi lapangan yang memiliki keterbatasan tertentu, seperti:
a) Paparan sinar matahari
b) Koneksi internet yang tidak stabil
c) Waktu penggunaan yang terbatas

Oleh karena itu, desain antarmuka aplikasi harus mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, misalnya dengan menggunakan tombol navigasi besar dan kontras warna tinggi agar tetap terlihat jelas di bawah sinar matahari.

B. Prinsip Desain Antarmuka untuk Petani Berliterasi Rendah
Pengembangan aplikasi penyuluhan pertanian yang inklusif memerlukan penerapan beberapa prinsip desain antarmuka yang spesifik untuk pengguna dengan literasi rendah.

a. Desain Berbasis Ikon
Penggunaan ikon visual dapat membantu pengguna memahami fungsi aplikasi tanpa harus membaca teks yang panjang. Ikon yang sederhana dan mudah dikenali, seperti simbol tanaman, air, atau cuaca, dapat membantu meningkatkan pemahaman pengguna terhadap fitur aplikasi.

b. Navigasi Sederhana
Aplikasi penyuluhan pertanian sebaiknya menggunakan struktur navigasi yang sederhana dengan jumlah menu yang terbatas. Idealnya, pengguna dapat mengakses fitur utama aplikasi dalam maksimal tiga langkah navigasi. Integrasi Audio dan Visual Fitur audio dapat membantu pengguna yang memiliki keterbatasan membaca. Misalnya, informasi mengenai teknik budidaya atau peringatan serangan hama dapat disampaikan melalui pesan suara atau video pendek. Fabregas dkk. (2019) penggunaan media audio dan video dalam aplikasi pertanian dapat meningkatkan pemahaman petani terhadap informasi teknis dibandingkan dengan teks saja.

C. Penggunaan Bahasa Lokal
Bahasa yang digunakan dalam aplikasi harus disesuaikan dengan bahasa yang digunakan oleh masyarakat setempat. Penggunaan bahasa lokal dapat meningkatkan tingkat pemahaman pengguna serta memperkuat kepercayaan terhadap informasi yang disampaikan.

a. Tahapan Implementasi *User-Centered Design*
Penerapan UCD dalam pengembangan aplikasi penyuluhan pertanian biasanya melibatkan beberapa tahapan utama.
a) Tahap 1: Analisis Kebutuhan Pengguna
Tahap ini melibatkan pengumpulan data mengenai kebutuhan, preferensi, dan keterbatasan pengguna. Metode yang digunakan antara lain:
1. Wawancara dengan petani
2. Observasi aktivitas pertanian
3. Diskusi kelompok dengan penyuluh

b) Tahap 2: Perancangan *Prototipe*
Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, pengembang sistem merancang *prototipe* awal aplikasi yang mencerminkan kebutuhan pengguna. *Prototipe* ini biasanya berupa *mock-up* antarmuka aplikasi yang dapat diuji oleh pengguna.

c) Tahap 3: Pengujian Kegunaan (*Usability Testing)*
Prototipe aplikasi kemudian diuji oleh pengguna untuk mengevaluasi tingkat kemudahan penggunaan. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah desain yang dapat menghambat penggunaan aplikasi.

d) Tahap 4: Iterasi Desain
Berdasarkan hasil pengujian, desain aplikasi diperbaiki secara bertahap hingga mencapai tingkat kegunaan yang optimal. *Heuristic Usability* untuk Aplikasi Penyuluhan Pertanian atau untuk memastikan bahwa aplikasi penyuluhan mudah digunakan oleh petani, pengembang sistem dapat menggunakan *heuristic usability* principles sebagai panduan evaluasi desain.

Tabel 33. Iterasi Desain

Prinsip *Usability*	Implementasi dalam Aplikasi Pertanian
Visibility of system status	Menampilkan informasi cuaca dan harga pasar secara *real-time*
Match with real world	Menggunakan istilah pertanian yang familiar bagi petani
User control and freedom	Pengguna dapat dengan mudah kembali ke menu utama
Consistency and standards	Tata letak menu konsisten di setiap halaman
Error prevention	Sistem memberikan peringatan sebelum pengguna menghapus data

Prinsip-prinsip ini membantu memastikan bahwa aplikasi yang dikembangkan tidak hanya memiliki fitur yang lengkap, tetapi juga mudah digunakan oleh pengguna dengan tingkat literasi digital yang beragam.

b. Peran UCD dalam Arsitektur Penyuluhan Hibrid
Dalam konteks arsitektur penyuluhan hibrid, penerapan UCD tidak hanya berpengaruh pada desain aplikasi digital, tetapi juga pada integrasi berbagai saluran komunikasi dalam sistem penyuluhan. Dengan memahami karakteristik pengguna, perancang sistem dapat menentukan kombinasi platform komunikasi yang paling efektif bagi setiap kelompok petani. Sebagai contoh, petani yang memiliki literasi digital tinggi dapat menggunakan aplikasi *mobile* secara penuh, sementara petani dengan literasi rendah dapat memperoleh informasi melalui layanan pesan suara atau radio komunitas. Dengan demikian, pendekatan UCD memungkinkan sistem penyuluhan untuk tetap inklusif bagi seluruh kelompok petani.

Arsitektur Informasi Multi-Platform dalam Sistem Penyuluhan Hibrid

A. Konsep Integrasi Multi-Platform dalam Penyuluhan Digital
Perkembangan teknologi komunikasi digital telah membuka peluang bagi sistem penyuluhan pertanian untuk memanfaatkan berbagai platform informasi secara simultan. Dalam praktiknya, penyampaian informasi kepada petani tidak lagi bergantung pada satu media komunikasi tunggal, tetapi dapat dilakukan melalui kombinasi berbagai saluran digital dan konvensional yang saling melengkapi. Pendekatan ini dikenal sebagai arsitektur informasi multi-platform dalam sistem penyuluhan hibrid.

Konsep multi-platform dalam penyuluhan pertanian berangkat dari pemahaman bahwa petani memiliki tingkat akses teknologi yang berbeda-beda. Sebagian petani memiliki akses internet dan *smartphone*, sementara sebagian lainnya masih bergantung pada teknologi komunikasi yang lebih sederhana seperti pesan singkat atau radio komunitas. Oleh karena itu, desain sistem penyuluhan yang hanya mengandalkan satu platform digital berisiko mengecualikan kelompok petani yang memiliki keterbatasan akses teknologi.

Literatur mengenai digital *agriculture* menunjukkan bahwa integrasi berbagai saluran komunikasi dalam satu ekosistem informasi dapat meningkatkan jangkauan dan efektivitas penyebaran pengetahuan pertanian (Klerkx dkk., 2019). Dengan memanfaatkan berbagai platform komunikasi, informasi agronomi dapat disampaikan kepada petani melalui media yang paling sesuai dengan kondisi teknologi dan preferensi pengguna.

Pendekatan ini juga sejalan dengan konsep *inclusive digital extension*, yang menekankan pentingnya desain sistem penyuluhan yang mampu menjangkau seluruh kelompok petani tanpa menciptakan kesenjangan akses informasi. Dalam konteks ini, arsitektur multi-platform memungkinkan integrasi antara aplikasi *mobile*, layanan SMS, serta media komunikasi berbasis komunitas seperti radio lokal.

B. Komponen Utama Arsitektur Informasi Multi-Platform

Arsitektur penyuluhan hibrid umumnya terdiri dari tiga komponen utama yang saling terintegrasi dalam sistem komunikasi pertanian.

a. Aplikasi *Mobile* Pertanian

Aplikasi *mobile* merupakan komponen utama dalam sistem penyuluhan digital modern. Platform ini memungkinkan penyampaian informasi pertanian secara interaktif melalui berbagai fitur seperti:

a) Rekomendasi teknik budidaya
b) Informasi harga pasar
c) Prakiraan cuaca
d) Sistem konsultasi dengan penyuluh

Aplikasi *mobile* memiliki keunggulan dalam hal kapasitas penyimpanan data, interaktivitas, dan kemampuan analitik. Informasi yang disampaikan melalui aplikasi dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik petani berdasarkan lokasi geografis, jenis komoditas, dan musim tanam. Ayim dkk. (2022) aplikasi pertanian berbasis *mobile* dapat meningkatkan akses petani terhadap informasi agronomi dan mempercepat proses adopsi inovasi teknologi di sektor pertanian.

Namun demikian, penggunaan aplikasi *mobile* juga menghadapi beberapa keterbatasan, terutama terkait dengan akses internet dan literasi digital. Oleh karena itu, aplikasi *mobile* dalam sistem penyuluhan hibrid perlu dilengkapi dengan platform komunikasi alternatif.

b. SMS *Gateway*

SMS *gateway* merupakan teknologi komunikasi yang memungkinkan pengiriman pesan singkat secara massal kepada pengguna telepon seluler. Meskipun teknologi ini tergolong sederhana, SMS masih menjadi salah satu media komunikasi yang paling efektif di wilayah pedesaan karena tidak memerlukan koneksi internet. Dalam sistem penyuluhan pertanian, SMS *gateway* dapat digunakan untuk menyampaikan berbagai jenis informasi, seperti:

a) Peringatan serangan hama
b) Prakiraan cuaca ekstrem
c) Pengingat jadwal tanam
d) Informasi harga komoditas

Keunggulan utama SMS *gateway* adalah jangkauan yang luas dan kemudahan penggunaan. Bahkan petani yang hanya memiliki *feature phone* tetap dapat menerima informasi melalui layanan ini. Fabregas dkk. (2019) layanan SMS berbasis informasi pertanian dapat meningkatkan keputusan produksi petani dengan menyediakan informasi yang tepat waktu mengenai kondisi pasar dan iklim.

c. Radio Komunitas

Radio komunitas merupakan salah satu media komunikasi yang memiliki peran penting dalam sistem penyuluhan pedesaan. Meskipun teknologi digital semakin berkembang, radio masih menjadi media yang efektif untuk menyebarkan informasi kepada masyarakat pedesaan, terutama di wilayah dengan keterbatasan akses internet. Radio komunitas memiliki beberapa keunggulan dalam konteks penyuluhan pertanian, antara lain:

a) Jangkauan luas dengan biaya rendah
b) Penggunaan bahasa lokal
c) Potensi interaksi melalui program diskusi

Program radio pertanian biasanya berisi informasi mengenai teknik budidaya, pengalaman petani sukses, serta diskusi interaktif antara penyuluh dan petani. Integrasi radio komunitas dalam sistem penyuluhan hibrid memungkinkan penyampaian informasi kepada petani yang belum memiliki akses teknologi digital.

C. Integrasi Platform dalam Ekosistem Penyuluhan

Untuk memastikan bahwa berbagai platform komunikasi dapat berfungsi secara sinergis, sistem penyuluhan hibrid memerlukan arsitektur integrasi informasi yang terkoordinasi. Dalam model ini, semua platform komunikasi terhubung melalui pusat data penyuluhan (*extension information hub*) yang berfungsi sebagai sumber utama informasi pertanian.

Pusat data ini biasanya dikelola oleh lembaga penyuluhan atau institusi pemerintah yang bertanggung jawab atas pengelolaan sistem informasi pertanian. Informasi yang disimpan dalam sistem ini kemudian didistribusikan melalui berbagai platform komunikasi sesuai dengan karakteristik pengguna.

Sebagai contoh:

a. Data rekomendasi budidaya dikirim melalui aplikasi *mobile* kepada petani yang memiliki *smartphone*.
b. Informasi cuaca dan harga pasar dikirim melalui SMS kepada petani yang menggunakan *feature phone.*
c. Materi penyuluhan disiarkan melalui radio komunitas untuk menjangkau masyarakat yang tidak memiliki akses teknologi digital.

Model distribusi informasi ini memungkinkan satu sumber informasi digunakan untuk berbagai saluran komunikasi, sehingga meningkatkan efisiensi sistem penyuluhan.

D. Alur Distribusi Informasi dalam Sistem Penyuluhan Hibrid

Dalam arsitektur penyuluhan hibrid, alur distribusi informasi biasanya mengikuti beberapa tahapan utama.

a. Pengumpulan data pertanian
b. Data diperoleh dari berbagai sumber seperti lembaga penelitian pertanian, badan meteorologi, serta pasar komoditas.
c. Pengolahan dan validasi informasi
d. Informasi yang diperoleh kemudian dianalisis oleh tim ahli untuk memastikan akurasi dan relevansi bagi petani.
e. Distribusi informasi melalui berbagai platform
f. Informasi yang telah diverifikasi kemudian disebarkan melalui berbagai saluran komunikasi sesuai dengan karakteristik pengguna.
g. Umpan balik dari pengguna

Petani dapat memberikan umpan balik melalui aplikasi, SMS, atau program radio interaktif. Umpan balik ini kemudian digunakan untuk meningkatkan kualitas layanan penyuluhan.

Sistem ini menciptakan siklus komunikasi dua arah antara petani dan penyuluh yang memungkinkan sistem penyuluhan menjadi lebih responsif terhadap kebutuhan pengguna.

E. Keunggulan Arsitektur Multi-Platform dalam Penyuluhan Pertanian

Integrasi berbagai platform komunikasi dalam sistem penyuluhan memberikan beberapa keunggulan strategis.

a. Meningkatkan inklusi digital
b. Dengan menyediakan berbagai saluran komunikasi, sistem penyuluhan dapat menjangkau petani dengan tingkat akses teknologi yang berbeda
c. Meningkatkan ketahanan sistem informasi
d. Apabila salah satu platform komunikasi mengalami gangguan, informasi masih dapat disampaikan melalui platform lain.
e. Meningkatkan efektivitas penyebaran informasi
f. Penggunaan berbagai platform memungkinkan informasi disampaikan dalam format yang lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna.

F. Tantangan Implementasi Sistem Multi-Platform

Meskipun memiliki banyak keunggulan, implementasi sistem penyuluhan multi-platform juga menghadapi beberapa tantangan, antara lain:

a. Koordinasi antar lembaga penyedia informasi
b. Keterbatasan infrastruktur digital di wilayah terpencil
c. Kebutuhan pelatihan bagi penyuluh dan petani

Oleh karena itu, keberhasilan implementasi sistem ini sangat bergantung pada dukungan kelembagaan dan kebijakan pembangunan digital pedesaan.

➢ Strategi Segmentasi Layanan: Penentuan Wilayah *Digital-Heavy* dan *Traditional-Heavy*

Konsep Segmentasi Layanan dalam Sistem Penyuluhan Hibrid

Salah satu tantangan utama dalam implementasi transformasi digital di sektor pertanian adalah heterogenitas kondisi sosial, ekonomi, dan infrastruktur di wilayah pedesaan. Tidak semua wilayah memiliki tingkat kesiapan digital yang sama, sehingga penerapan sistem penyuluhan berbasis teknologi tidak dapat dilakukan dengan pendekatan yang seragam. Oleh karena itu, diperlukan strategi segmentasi layanan yang memungkinkan sistem penyuluhan menyesuaikan pendekatan komunikasi dengan kondisi lokal.

Dalam konteks ini, segmentasi layanan merujuk pada proses pengelompokan wilayah berdasarkan tingkat kesiapan digital, karakteristik sosial petani, serta akses terhadap teknologi komunikasi. Melalui proses segmentasi ini, sistem penyuluhan dapat menentukan wilayah mana yang dapat memanfaatkan teknologi digital secara intensif (*digital-heavy*) dan wilayah mana yang masih membutuhkan pendekatan penyuluhan berbasis metode konvensional (*traditional-heavy*).

Literatur mengenai digital *agriculture* menunjukkan bahwa pendekatan segmentasi sangat penting untuk memastikan bahwa transformasi digital tidak memperlebar kesenjangan informasi antara wilayah yang maju secara teknologi dan wilayah yang tertinggal (Birner, 2021)Dengan melakukan segmentasi wilayah secara sistematis, pemerintah dan lembaga penyuluhan dapat merancang strategi intervensi yang lebih tepat sasaran. Pendekatan ini juga sejalan dengan prinsip *adaptive extension systems,* yaitu sistem penyuluhan yang mampu menyesuaikan metode komunikasi dan penyampaian informasi dengan kondisi lokal masyarakat petani (Klerkx dkk., 2019)

A. Dimensi Penentu Segmentasi Wilayah Penyuluhan

Penentuan kategori wilayah dalam sistem penyuluhan hibrid umumnya didasarkan pada beberapa dimensi utama yang mencerminkan kesiapan sosial dan teknologi suatu wilayah.

a. Infrastruktur Digital

Dimensi pertama yang menentukan segmentasi wilayah adalah kualitas infrastruktur digital, yang mencakup:

a) Ketersediaan jaringan internet
b) Kualitas sinyal telekomunikasi
c) Akses listrik yang stabil

Wilayah yang memiliki jaringan internet stabil dan tingkat elektrifikasi tinggi memiliki potensi lebih besar untuk mengadopsi layanan penyuluhan berbasis aplikasi digital.

b. Kepemilikan Perangkat Digital

Tingkat kepemilikan perangkat digital di kalangan petani juga menjadi indikator penting dalam segmentasi wilayah. Desa dengan tingkat kepemilikan *smartphone* yang tinggi cenderung lebih siap untuk mengadopsi platform digital seperti aplikasi pertanian berbasis *mobile*. Sebaliknya, wilayah yang didominasi oleh pengguna *feature phone* memerlukan pendekatan komunikasi yang lebih sederhana seperti SMS *gateway* atau *voice-based advisory systems.*

c. Literasi Digital Petani

Literasi digital merupakan faktor penting dalam menentukan keberhasilan implementasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan. Wilayah dengan tingkat literasi digital yang tinggi memungkinkan penggunaan aplikasi pertanian yang lebih kompleks. Sebaliknya, wilayah dengan literasi digital rendah memerlukan pendekatan komunikasi yang lebih sederhana dan berbasis audio visual.

d. Kapasitas Kelembagaan Penyuluhan
Selain faktor teknologi dan pengguna, kesiapan kelembagaan juga mempengaruhi keberhasilan implementasi sistem penyuluhan digital. Kapasitas penyuluh dalam menggunakan teknologi digital menjadi faktor penting dalam memastikan bahwa sistem penyuluhan dapat berjalan secara efektif. Ayim dkk. (2022) pelatihan penyuluh dalam penggunaan teknologi digital dapat meningkatkan efektivitas penyampaian informasi pertanian kepada petani.

B. Model Klasifikasi Wilayah Penyuluhan
Berdasarkan dimensi kesiapan digital dan kesiapan sosial, wilayah penyuluhan dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama.

a. Digital-Heavy Zone
Zona *digital-heavy* merupakan wilayah yang memiliki tingkat kesiapan digital tinggi. Karakteristik wilayah ini meliputi:
a) Jaringan internet stabil
b) Kepemilikan *smartphone* tinggi
c) Literasi digital petani relatif baik

Pada wilayah ini, sistem penyuluhan dapat mengandalkan platform digital sebagai media utama komunikasi dengan petani.

b. Hybrid Zone
Zona *hybrid* merupakan wilayah yang memiliki tingkat kesiapan digital sedang. Infrastruktur teknologi sudah tersedia, tetapi literasi digital petani masih bervariasi. Dalam wilayah ini, sistem penyuluhan perlu mengintegrasikan berbagai platform komunikasi, seperti:
a) Aplikasi *mobile*
b) Sms *gateway*
c) Radio komunitas

Pendekatan ini memungkinkan penyampaian informasi kepada berbagai kelompok petani dengan tingkat akses teknologi yang berbeda.

c. Traditional-Heavy Zone
Zona *traditional-heavy* merupakan wilayah dengan kesiapan digital rendah. Karakteristik wilayah ini biasanya meliputi:
a) Keterbatasan jaringan internet
b) Rendahnya kepemilikan *smartphone*
c) Literasi digital yang terbatas

Pada wilayah ini, metode penyuluhan konvensional seperti pertemuan kelompok tani, demonstrasi lapangan, dan siaran radio komunitas masih menjadi media utama penyampaian informasi.

d. Matriks Segmentasi Wilayah Penyuluhan
Segmentasi wilayah penyuluhan dapat disajikan dalam bentuk matriks yang menghubungkan kesiapan digital dengan strategi layanan penyuluhan.

Tabel 34. Matriks Segmentasi Wilayah Penyuluhan

Tingkat Kesiapan Digital	Strategi Penyuluhan	Platform Utama
Tinggi	*Digital-Heavy*	Aplikasi *mobile*, dashboard digital
Sedang	*Hybrid Extension*	Aplikasi + SMS + radio komunitas
Rendah	*Traditional-Heavy*	Penyuluhan tatap muka, radio komunitas

Matriks ini membantu pembuat kebijakan menentukan strategi penyuluhan yang paling sesuai dengan kondisi lokal setiap wilayah.

e. Implementasi Segmentasi dalam Kebijakan Penyuluhan
Penerapan strategi segmentasi layanan memiliki beberapa implikasi kebijakan penting bagi pengembangan sistem penyuluhan pertanian. Pertama, segmentasi memungkinkan pemerintah untuk mengalokasikan sumber daya secara lebih efisien dengan memprioritaskan investasi teknologi pada wilayah yang memiliki kesiapan digital

tinggi. Kedua, pendekatan ini memungkinkan pengembangan program pelatihan digital bagi petani dan penyuluh di wilayah dengan kesiapan digital sedang, sehingga secara bertahap dapat meningkatkan kapasitas teknologi masyarakat pedesaan. Ketiga, segmentasi wilayah juga membantu memastikan bahwa kelompok petani yang berada di wilayah dengan keterbatasan teknologi tetap memperoleh akses terhadap layanan penyuluhan melalui media komunikasi tradisional.

Dengan demikian, strategi segmentasi layanan menjadi mekanisme penting untuk memastikan bahwa transformasi digital dalam sektor pertanian dapat berlangsung secara inklusif dan berkelanjutan.

f. Penutup: Arsitektur Penyuluhan Hibrid sebagai Infrastruktur Pengetahuan Adaptif
Pengembangan arsitektur penyuluhan hibrid merupakan respon terhadap dinamika transformasi digital dalam sektor pertanian serta heterogenitas kondisi sosial dan teknologi di wilayah pedesaan. Pendekatan ini menekankan pentingnya integrasi antara teknologi digital dan metode penyuluhan konvensional dalam satu ekosistem komunikasi yang adaptif. Melalui penerapan *Digital Readiness Mapping*, sistem penyuluhan dapat memahami kondisi kesiapan digital masyarakat di tingkat desa. Informasi ini menjadi dasar dalam merancang strategi penyuluhan yang sesuai dengan kondisi lokal. Pendekatan ini memastikan bahwa teknologi digital tidak diterapkan secara seragam, tetapi disesuaikan dengan kapasitas infrastruktur dan literasi digital petani.

Penerapan *User-Centered Design* dalam pengembangan aplikasi pertanian juga menjadi faktor penting dalam memastikan bahwa teknologi digital dapat digunakan secara efektif oleh petani, termasuk kelompok petani lansia dan pengguna dengan literasi digital rendah. Dengan menempatkan pengguna sebagai pusat proses desain, sistem penyuluhan digital dapat menjadi lebih inklusif dan responsif terhadap kebutuhan masyarakat pedesaan. Selain itu, integrasi berbagai platform komunikasi melalui arsitektur informasi multi-platform memungkinkan penyebaran informasi pertanian secara lebih luas dan fleksibel. Kombinasi antara aplikasi *mobile,* SMS *gateway,* dan radio komunitas menciptakan sistem komunikasi yang mampu menjangkau petani dengan berbagai tingkat akses teknologi.

Strategi segmentasi wilayah penyuluhan selanjutnya memastikan bahwa sistem penyuluhan dapat beroperasi secara efektif dalam berbagai kondisi sosial dan teknologi. Dengan mengklasifikasikan wilayah menjadi zona *digital-heavy, hybrid,* dan *traditional-heavy,* lembaga penyuluhan dapat merancang pendekatan komunikasi yang lebih adaptif dan efisien. Secara keseluruhan, arsitektur penyuluhan hibrid dapat dipahami sebagai infrastruktur pengetahuan yang adaptif, yang menghubungkan berbagai sumber informasi pertanian dengan kebutuhan petani melalui kombinasi teknologi digital dan metode komunikasi tradisional. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan akses petani terhadap informasi pertanian, tetapi juga memperkuat kapasitas sistem penyuluhan dalam mendukung pembangunan pertanian yang berkelanjutan.

Rekonstruksi Peran Penyuluh: Dari Informan Teknis menjadi Innovation Broker dan Fasilitator Digital

A. Transformasi Sistem Penyuluhan dalam Era Digital *Agriculture*

Perkembangan teknologi digital dalam sektor pertanian telah mengubah secara fundamental cara pengetahuan pertanian diproduksi, disebarkan, dan dimanfaatkan oleh petani. Transformasi ini tidak hanya mempengaruhi infrastruktur teknologi penyuluhan, tetapi juga berdampak signifikan terhadap peran dan kompetensi sumber daya manusia dalam sistem penyuluhan. Dalam model penyuluhan konvensional, penyuluh pertanian umumnya berfungsi sebagai penyampai informasi teknis yang mentransfer pengetahuan dari lembaga penelitian kepada petani melalui kegiatan penyuluhan lapangan. Namun, dalam konteks pertanian digital dan sistem inovasi pertanian modern, peran tersebut mengalami pergeseran yang cukup signifikan.

Literatur mengenai *Agricultural Innovation Systems* (AIS) menunjukkan bahwa proses inovasi dalam sektor pertanian tidak lagi bersifat linear, tetapi berlangsung melalui interaksi kompleks antara berbagai aktor seperti petani, lembaga penelitian, sektor swasta,

pemerintah, dan organisasi masyarakat (Klerkx dkk., 2019). Dalam ekosistem inovasi yang semakin kompleks ini, penyuluh tidak lagi hanya berperan sebagai penyampai informasi teknis, tetapi juga sebagai penghubung (*broker*) yang memfasilitasi aliran pengetahuan dan kolaborasi antar aktor dalam sistem inovasi pertanian.

Konsep *innovation broker* muncul sebagai kerangka teoritis yang menjelaskan peran baru penyuluh dalam sistem inovasi pertanian. Menurut Karimi dkk., (2018) *innovation broker* adalah aktor yang berfungsi memfasilitasi interaksi antara berbagai pemangku kepentingan dalam proses inovasi, termasuk menghubungkan petani dengan sumber pengetahuan, teknologi, dan pasar. Dalam konteks transformasi digital pertanian, peran ini semakin penting karena penyuluh harus mampu menjembatani kesenjangan antara teknologi digital yang berkembang pesat dengan kapasitas pengguna di tingkat lapangan.

Selain berperan sebagai *innovation broker,* penyuluh juga dituntut untuk menjadi fasilitator digital, yaitu aktor yang mampu membantu petani dalam mengakses, memahami, dan memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi usaha tani. Peran ini mencakup berbagai aktivitas seperti pelatihan penggunaan aplikasi pertanian, pendampingan penggunaan platform digital, serta fasilitasi komunitas belajar berbasis teknologi. Transformasi peran penyuluh ini menunjukkan bahwa keberhasilan sistem penyuluhan hibrid tidak hanya ditentukan oleh teknologi yang digunakan, tetapi juga oleh kapasitas sumber daya manusia yang mengelola dan memfasilitasi penggunaan teknologi tersebut.

B. Evolusi Peran Penyuluh dalam Sistem Inovasi Pertanian

Perubahan peran penyuluh dapat dipahami melalui evolusi paradigma penyuluhan pertanian yang terjadi dalam beberapa dekade terakhir. Pada tahap awal perkembangan penyuluhan modern, model yang dominan adalah technology transfer model, di mana pengetahuan pertanian dikembangkan oleh lembaga penelitian dan kemudian disebarkan kepada petani melalui penyuluh. Model ini menempatkan penyuluh sebagai informan teknis yang bertugas menyampaikan rekomendasi teknologi kepada petani. Namun, model tersebut sering dikritik karena bersifat *top-down* dan kurang memperhatikan konteks sosial serta kebutuhan lokal petani.

Seiring berkembangnya pendekatan pembangunan partisipatif, muncul paradigma baru yang dikenal sebagai *farmer-centered extension*. Dalam pendekatan ini, petani tidak lagi dipandang sebagai penerima pasif informasi, tetapi sebagai aktor aktif dalam proses pembelajaran dan inovasi pertanian. Perkembangan terbaru dalam literatur pembangunan pertanian mengarah pada pendekatan *agricultural innovation systems,* yang menekankan pentingnya interaksi antara berbagai aktor dalam menciptakan inovasi. Dalam paradigma ini, penyuluh berperan sebagai fasilitator proses inovasi, bukan sekadar penyampai teknologi. Perubahan paradigma tersebut dapat digambarkan dalam tabel berikut.

Tabel 35. Evolusi Peran Penyuluh Pertanian

Paradigma Penyuluhan	Peran Penyuluh	Karakteristik Utama
Technology Transfer	Informan teknis	Transfer teknologi satu arah
Farmer-Centered Extension	Fasilitator pembelajaran	Pendekatan partisipatif
Agricultural Innovation System	Innovation broker	Kolaborasi multi-aktor
Digital Extension System	Fasilitator digital	Integrasi teknologi digital

Transformasi ini menunjukkan bahwa kompetensi yang dibutuhkan oleh penyuluh juga mengalami perubahan signifikan. Selain kemampuan teknis agronomi, penyuluh kini juga perlu memiliki keterampilan dalam fasilitasi inovasi, manajemen pengetahuan, serta penggunaan teknologi digital.

C. Penyuluh sebagai *Innovation Broker* dalam Ekosistem *Digital Agriculture*

Dalam ekosistem pertanian digital, penyuluh berperan sebagai penghubung antara berbagai sumber pengetahuan dan pengguna teknologi di tingkat lapangan. Fungsi ini menjadi sangat penting karena banyak teknologi pertanian digital yang dikembangkan oleh perusahaan teknologi atau lembaga penelitian sering kali tidak langsung dapat diadopsi oleh petani tanpa proses adaptasi. Sebagai *innovation broker,* penyuluh memiliki beberapa fungsi strategis.

a. Fasilitasi Aliran Pengetahuan
   Penyuluh membantu menghubungkan petani dengan berbagai sumber pengetahuan, seperti lembaga penelitian pertanian, universitas, serta penyedia teknologi digital. Melalui fungsi ini, penyuluh memastikan bahwa informasi yang diterima petani relevan dengan kebutuhan lokal.
   a) Mediasi Kolaborasi Antar Aktor
      Dalam sistem inovasi pertanian, penyuluh sering berperan sebagai mediator yang memfasilitasi kerja sama antara petani, perusahaan *agritech,* dan lembaga pemerintah. Kolaborasi ini memungkinkan pengembangan solusi teknologi yang lebih sesuai dengan kebutuhan petani.
   b) Adaptasi Teknologi pada Konteks Lokal
      Banyak teknologi pertanian yang dikembangkan dalam konteks tertentu memerlukan adaptasi sebelum dapat diterapkan di wilayah lain. Penyuluh membantu menyesuaikan teknologi tersebut dengan kondisi agroekologi dan sosial ekonomi setempat.
   c) Fasilitasi Proses Pembelajaran Kolektif
      Penyuluh juga berperan dalam mengembangkan komunitas belajar petani, di mana petani dapat saling berbagi pengalaman dan pengetahuan mengenai penggunaan teknologi baru.

      Karimi dkk. (2018) keberadaan *innovation broker* dalam sistem inovasi pertanian dapat meningkatkan efektivitas proses adopsi teknologi oleh petani
b. Penyuluh sebagai Fasilitator Digital

   Selain berperan sebagai *innovation broker,* penyuluh dalam sistem penyuluhan hibrid juga harus mampu menjalankan fungsi sebagai fasilitator digital. Peran ini muncul sebagai respon terhadap meningkatnya penggunaan teknologi digital dalam sektor pertanian. Sebagai fasilitator digital, penyuluh memiliki beberapa tanggung jawab utama.
   a) Pendampingan Literasi Digital Petani
      Banyak petani yang belum memiliki kemampuan memadai dalam menggunakan teknologi digital. Penyuluh membantu petani memahami cara menggunakan aplikasi pertanian, platform informasi pasar, serta layanan konsultasi digital.
   b) Kurasi Informasi Digital
      Di era digital, petani dihadapkan pada banjir informasi dari berbagai sumber. Penyuluh membantu memverifikasi dan menyaring informasi yang relevan dan kredibel bagi petani.
c. Pengembangan Komunitas Digital Petani
   a) dapat memfasilitasi pembentukan komunitas belajar berbasis digital, seperti grup komunikasi petani yang digunakan untuk berbagi informasi mengenai teknik budidaya atau kondisi pasar.
   b) Integrasi Platform Penyuluhan Dalam sistem penyuluhan hibrid, penyuluh berperan dalam mengintegrasikan berbagai platform komunikasi seperti aplikasi *mobile*, SMS *gateway*, dan radio komunitas.

      Peran ini menunjukkan bahwa kompetensi penyuluh tidak lagi terbatas pada aspek teknis pertanian, tetapi juga mencakup kompetensi digital dan manajerial.
d. Implikasi Transformasi Peran terhadap Manajemen SDM Penyuluhan
   Transformasi peran penyuluh memiliki implikasi penting bagi manajemen sumber daya manusia dalam sistem penyuluhan pertanian. Lembaga penyuluhan perlu mengembangkan strategi pengelolaan SDM yang mampu mendukung perubahan peran tersebut. Beberapa strategi yang dapat dilakukan antara lain:
   a) Pengembangan kompetensi digital penyuluh melalui program pelatihan berkelanjutan.
   b) Rekrutmen penyuluh dengan latar belakang multidisiplin, termasuk teknologi informasi dan komunikasi.
   c) Pengembangan sistem insentif yang mendorong penyuluh untuk berinovasi dalam penggunaan teknologi digital.

d) Pembangunan jaringan kolaborasi antara penyuluh dengan lembaga penelitian dan sektor swasta.

Dengan strategi tersebut, sistem penyuluhan dapat membangun kapasitas SDM yang mampu mendukung transformasi digital dalam sektor pertanian

e. Konsep *Dual-Capacity* dalam Pengembangan SDM Penyuluhan

Transformasi sistem penyuluhan pertanian menuju model hibrid menuntut perubahan mendasar dalam pengembangan kapasitas sumber daya manusia. Penyuluh tidak lagi hanya dituntut untuk memiliki kompetensi teknis dalam bidang agronomi, tetapi juga harus mampu memanfaatkan teknologi digital dalam proses penyebaran pengetahuan dan fasilitasi inovasi. Oleh karena itu, pengembangan kapasitas penyuluh memerlukan pendekatan *dual-capacity,* yaitu penguatan simultan antara kompetensi konvensional penyuluhan dan kompetensi digital.

Konsep *dual-capacity* dalam pengembangan SDM penyuluhan mengacu pada kemampuan penyuluh untuk mengintegrasikan dua dimensi kompetensi utama, yaitu kompetensi fasilitasi lapangan dan kompetensi manajemen informasi digital. Pendekatan ini menjadi semakin penting dalam konteks pertanian digital, di mana penyuluh harus mampu menghubungkan interaksi tatap muka dengan pemanfaatan platform digital dalam proses pembelajaran petani.

Literatur mengenai transformasi digital dalam sektor pertanian menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi teknologi digital di tingkat petani sangat dipengaruhi oleh kemampuan penyuluh dalam menjembatani kesenjangan antara teknologi dan pengguna (Birner, 2021). Penyuluh yang memiliki kompetensi digital yang memadai dapat membantu petani memahami manfaat teknologi serta memberikan pendampingan dalam penggunaan platform digital.

Namun demikian, transformasi digital tidak berarti menggantikan sepenuhnya metode penyuluhan konvensional. Dalam banyak konteks pedesaan, metode pembelajaran berbasis demonstrasi lapangan dan diskusi kelompok tani masih menjadi pendekatan yang sangat efektif. Oleh karena itu, pengembangan kapasitas penyuluh harus mempertahankan keseimbangan antara kompetensi digital dan kompetensi fasilitasi lapangan.

Pendekatan *dual-capacity* memungkinkan penyuluh untuk mengembangkan kemampuan dalam mengintegrasikan teknologi digital dengan metode penyuluhan partisipatif, sehingga sistem penyuluhan dapat berfungsi secara lebih adaptif dalam berbagai kondisi sosial dan teknologi.

f. Dimensi Kompetensi dalam Kurikulum Pelatihan Penyuluh

Kurikulum pelatihan penyuluh dalam sistem penyuluhan hibrid perlu mencakup beberapa dimensi kompetensi utama yang mencerminkan kebutuhan sistem inovasi pertanian modern.

D. Literasi Data Pertanian

Perkembangan teknologi digital telah menghasilkan berbagai sumber data pertanian yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung pengambilan keputusan di tingkat petani. Data tersebut meliputi informasi mengenai cuaca, kondisi tanah, harga pasar, serta rekomendasi teknis budidaya. Penyuluh perlu memiliki kemampuan dalam mengakses, menganalisis, dan menginterpretasikan data pertanian sehingga dapat memberikan rekomendasi yang lebih akurat kepada petani. Kompetensi literasi data ini mencakup beberapa keterampilan utama, antara lain:

a. pemahaman dasar analitik data pertanian
b. penggunaan dashboard informasi pertanian
c. interpretasi data cuaca dan iklim
d. pemanfaatan data pasar komoditas

Kemampuan ini memungkinkan penyuluh untuk berperan sebagai penyaring informasi (*information curator*) yang membantu petani memahami informasi digital yang tersedia.

E. Manajemen Komunitas Digital

Selain kompetensi analitik data, penyuluh juga perlu memiliki kemampuan dalam mengelola komunitas belajar berbasis digital. Dalam banyak kasus, petani menggunakan platform komunikasi digital seperti grup pesan instan atau media sosial untuk berbagi informasi mengenai teknik budidaya, kondisi pasar, dan pengalaman produksi.

Penyuluh dapat memanfaatkan platform tersebut untuk membangun komunitas pembelajaran digital yang memungkinkan pertukaran pengetahuan antar petani. Kompetensi ini mencakup beberapa aspek penting:

a. Fasilitasi diskusi dalam komunitas digital
b. Moderasi informasi dalam platform komunikasi
c. Penyebaran informasi agronomi melalui media digital
d. Pengelolaan jaringan komunikasi petani

Klerkx dkk. (2019) komunitas digital petani dapat meningkatkan proses pembelajaran kolektif dan mempercepat difusi inovasi pertanian.

F. Demonstrasi Lapangan Hibrid

Metode demonstrasi lapangan merupakan salah satu pendekatan penyuluhan yang paling efektif dalam meningkatkan pemahaman petani terhadap teknologi pertanian. Dalam sistem penyuluhan hibrid, metode ini dapat dikombinasikan dengan teknologi digital untuk meningkatkan efektivitas proses pembelajaran Sebagai contoh, kegiatan demonstrasi lapangan dapat dilengkapi dengan:

a. Dokumentasi video teknik budidaya
b. Penyebaran materi digital melalui aplikasi pertanian
c. Diskusi lanjutan melalui platform komunikasi online

Pendekatan ini memungkinkan penyuluh untuk memperluas jangkauan pembelajaran serta memberikan akses informasi yang lebih fleksibel bagi petani.

G. Struktur Kurikulum Pelatihan Berjenjang

Untuk memastikan efektivitas pengembangan kapasitas penyuluh, kurikulum pelatihan perlu dirancang dalam bentuk program berjenjang yang memungkinkan penyuluh mengembangkan kompetensi secara bertahap.

a. Level 1: *Fundamental Digital Literacy*

   Pada tahap ini, penyuluh diperkenalkan dengan konsep dasar teknologi digital yang relevan dengan sistem penyuluhan pertanian. Materi pelatihan biasanya mencakup:

   a) Penggunaan perangkat digital
   b) Pengenalan aplikasi pertanian
   c) Dasar komunikasi digital
   d) Pengelolaan informasi digital

b. Level 2: *Applied Digital Extension*

   Pada tahap ini, penyuluh mulai mempelajari cara mengintegrasikan teknologi digital dalam kegiatan penyuluhan. Materi pelatihan mencakup:

   a) Penggunaan platform penyuluhan digital
   b) Pengelolaan komunitas digital petani
   c) Penggunaan data pertanian dalam penyuluhan

c. Level 3: *Innovation Facilitation*

   Tahap ini berfokus pada pengembangan kapasitas penyuluh sebagai innovation broker dalam sistem inovasi pertanian. Materi pelatihan mencakup:

   a) Fasilitasi kolaborasi antar aktor pertanian
   b) Pengembangan jaringan inovasi pertanian
   c) Pengelolaan program penyuluhan berbasis teknologi

Metodologi Pelatihan Penyuluh dalam Sistem Hibrid

Program pelatihan penyuluh dalam sistem penyuluhan hibrid dapat menggunakan beberapa pendekatan pembelajaran yang bersifat partisipatif dan berbasis pengalaman.

A. *Blended Learning*

Blended learning menggabungkan metode pembelajaran tatap muka dengan pembelajaran berbasis digital. Pendekatan ini memungkinkan penyuluh untuk memperoleh pengalaman belajar yang lebih fleksibel.

B. *Experiential Learning*

Pendekatan *experiential learning* menekankan pembelajaran melalui pengalaman langsung. Penyuluh dilibatkan dalam kegiatan praktik seperti penggunaan aplikasi pertanian atau fasilitasi komunitas digital.

C. *Peer-to-Peer Learning*

Pembelajaran antar penyuluh juga menjadi strategi penting dalam pengembangan kapasitas SDM penyuluhan. Melalui pendekatan ini, penyuluh dapat berbagi pengalaman mengenai praktik terbaik dalam penggunaan teknologi digital.

D. Matriks Kompetensi Penyuluh dalam Sistem Penyuluhan Hibrid

Pengembangan kapasitas penyuluh dalam sistem penyuluhan hibrid dapat dirumuskan dalam bentuk matriks kompetensi yang mengintegrasikan kemampuan konvensional dan digital.

Tabel 36. Matriks Kompetensi Penyuluh Masa Depan

Dimensi Kompetensi	Kompetensi Konvensional	Kompetensi Digital
Komunikasi	Fasilitasi kelompok tani	Manajemen komunitas digital
Pengetahuan teknis	Rekomendasi agronomi	Analisis data pertanian
Pembelajaran	Demonstrasi lapangan	Pelatihan berbasis platform digital
Jaringan	Kolaborasi dengan lembaga lokal	Integrasi platform *agritech*

Matriks ini menunjukkan bahwa penyuluh masa depan perlu memiliki kompetensi multidimensional yang mencakup kemampuan teknis, digital, serta manajerial.

E. Implikasi Kebijakan bagi Pengembangan SDM Penyuluhan

Pengembangan kurikulum pelatihan *dual-capacity* memiliki implikasi penting bagi kebijakan pengelolaan sumber daya manusia dalam sistem penyuluhan pertanian. Pemerintah dan lembaga penyuluhan perlu mengembangkan program pelatihan yang berkelanjutan untuk memastikan bahwa penyuluh memiliki kapasitas yang memadai dalam menghadapi transformasi digital pertanian. Selain itu, sistem insentif dan evaluasi kinerja penyuluh juga perlu disesuaikan dengan perubahan peran tersebut. Penyuluh tidak hanya dinilai berdasarkan jumlah kegiatan penyuluhan lapangan, tetapi juga berdasarkan kemampuan mereka dalam memfasilitasi penggunaan teknologi digital oleh petani. Dengan strategi pengembangan kapasitas yang tepat, penyuluh dapat berperan sebagai agen transformasi digital pertanian yang mampu menghubungkan inovasi teknologi dengan kebutuhan petani di tingkat lapangan.

Transformasi Digital sebagai Perubahan Organisasi

Transformasi digital dalam sistem penyuluhan pertanian tidak hanya melibatkan pengenalan teknologi baru, tetapi juga memerlukan perubahan mendasar dalam budaya organisasi, pola kerja, serta kompetensi sumber daya manusia. Dalam konteks ini, implementasi sistem penyuluhan hibrid dapat dipahami sebagai proses perubahan organisasi (*organizational change*) yang mempengaruhi struktur, proses, dan perilaku individu dalam lembaga penyuluhan.

Literatur manajemen organisasi menunjukkan bahwa perubahan berbasis teknologi sering kali menghadapi resistensi dari anggota organisasi, terutama ketika perubahan tersebut menuntut individu untuk mengembangkan kompetensi baru atau meninggalkan praktik kerja yang telah lama mereka lakukan (Lawrence dkk., 2020). Dalam sistem penyuluhan pertanian, resistensi terhadap transformasi digital sering muncul pada kelompok penyuluh senior yang telah terbiasa dengan metode penyuluhan konvensional.

Resistensi terhadap perubahan bukan semata-mata merupakan bentuk penolakan terhadap teknologi, tetapi sering kali mencerminkan ketidakpastian psikologis, kekhawatiran terhadap perubahan peran profesional, serta ketakutan kehilangan legitimasi sosial dalam komunitas petani. Oleh karena itu, pengelolaan resistensi perubahan menjadi aspek penting dalam strategi manajemen kapasitas sumber daya manusia dalam sistem penyuluhan hibrid.

Pendekatan change management memberikan kerangka konseptual untuk memahami bagaimana organisasi dapat mengelola proses perubahan secara sistematis sehingga dapat mengurangi resistensi dan meningkatkan penerimaan terhadap inovasi teknologi.

A. Sumber Resistensi terhadap Transformasi Digital

Resistensi terhadap perubahan dalam organisasi biasanya berasal dari kombinasi faktor psikologis, sosial, dan institusional. Dalam konteks transformasi digital penyuluhan, beberapa sumber resistensi utama dapat diidentifikasi.

a. Ketidakpastian terhadap Kompetensi Digital

Banyak penyuluh senior memiliki pengalaman kerja yang panjang dalam sistem penyuluhan konvensional, tetapi belum terbiasa menggunakan teknologi digital dalam kegiatan profesional mereka. Ketika organisasi memperkenalkan platform digital baru, sebagian penyuluh mungkin merasa tidak memiliki kemampuan yang memadai untuk menggunakan teknologi tersebut. Ketidakpastian terhadap kemampuan teknologi ini dapat menimbulkan kecemasan profesional (*professional anxiety*) yang pada akhirnya memicu resistensi terhadap perubahan.

b. Kekhawatiran terhadap Perubahan Identitas Profesional

Dalam sistem penyuluhan konvensional, penyuluh sering dipandang sebagai sumber utama pengetahuan teknis bagi petani. Namun, dalam sistem penyuluhan digital, informasi pertanian dapat diakses secara langsung oleh petani melalui berbagai platform digital. Perubahan ini dapat menimbulkan kekhawatiran bahwa peran penyuluh akan menjadi kurang relevan. Oleh karena itu, sebagian penyuluh mungkin memandang teknologi digital sebagai ancaman terhadap identitas profesional mereka.

c. Hambatan Budaya Organisasi

Budaya organisasi yang telah lama terbentuk juga dapat menjadi faktor yang memperlambat proses transformasi digital. Organisasi yang memiliki budaya kerja yang sangat birokratis atau hierarkis sering kali memiliki tingkat adaptasi yang lebih lambat terhadap inovasi teknologi Dalam banyak lembaga penyuluhan, sistem kerja masih sangat berorientasi pada kegiatan administratif dan pelaporan manual. Hal ini dapat menciptakan resistensi terhadap perubahan menuju sistem digital yang lebih fleksibel dan berbasis data.

e. Ketidakpastian terhadap Manfaat Teknologi

Resistensi terhadap teknologi juga dapat muncul apabila penyuluh tidak melihat manfaat yang jelas dari penggunaan teknologi digital dalam pekerjaan mereka. Tanpa pemahaman yang memadai mengenai nilai tambah teknologi, perubahan sering dipersepsikan sebagai beban tambahan yang meningkatkan kompleksitas pekerjaan.

B. Kerangka Teoretis *Change Management*

Untuk mengelola resistensi terhadap perubahan, berbagai model *change management* dapat digunakan sebagai kerangka strategis dalam proses transformasi organisasi.

a. Model Lewin: *Unfreeze – Change – Refreeze*

Model perubahan organisasi yang dikembangkan oleh Kurt Lewin merupakan salah satu kerangka teoritis yang paling banyak digunakan dalam studi perubahan organisasi. Model ini menggambarkan proses perubahan sebagai tiga tahap utama.

a) Tahap *Unfreeze*

Pada tahap ini, organisasi berupaya menciptakan kesadaran mengenai perlunya perubahan. Dalam konteks penyuluhan digital, tahap ini dapat dilakukan melalui sosialisasi mengenai manfaat teknologi digital bagi sistem penyuluhan.

b) Tahap *Change*

Tahap ini merupakan proses implementasi perubahan di mana individu mulaimempelajari cara kerja baru serta mengembangkan kompetensi yang diperlukan

c) Tahap *Refreeze*

Pada tahap ini, praktik kerja baru diintegrasikan ke dalam budaya organisasi sehingga menjadi bagian dari rutinitas kerja sehari-hari.

b. Model Kotter*: Eight-Step Change Model*

Kotter (2018) mengembangkan model perubahan organisasi yang terdiri dari delapan langkah strategis.

a) Menciptakan *sense of urgency*
b) Membangun koalisi kepemimpinan
c) Mengembangkan visi perubahan
d) Mengkomunikasikan visi perubahan
e) Memberdayakan karyawan untuk bertindak
f) Menciptakan kemenangan jangka pendek
g) Mengkonsolidasikan perubahan
h) Menanamkan perubahan dalam budaya organisasi

Dalam konteks transformasi penyuluhan digital, model ini dapat digunakan untuk merancang strategi perubahan yang melibatkan penyuluh sebagai aktor utama dalam proses transformasi.

C. Strategi Mengatasi Resistensi Penyuluh terhadap Teknologi Digital

Berdasarkan kerangka *change management,* beberapa strategi dapat dikembangkan untuk mengurangi resistensi terhadap transformasi digital dalam sistem penyuluhan

a. Pendekatan Partisipatif dalam Proses Perubahan

Melibatkan penyuluh dalam proses perancangan sistem digital dapat meningkatkan rasa kepemilikan terhadap perubahan. Penyuluh yang terlibat dalam proses desain sistem cenderung lebih menerima inovasi teknologi

b. Program Pelatihan Berbasis Pengalaman

Pelatihan teknologi digital sebaiknya dirancang dalam bentuk pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning).* Melalui pendekatan ini, penyuluh dapat mempelajari teknologi digital melalui praktik langsung.

c. Mentoring Antar Generasi

Kolaborasi antara penyuluh muda yang memiliki kompetensi digital dengan penyuluh senior yang memiliki pengalaman lapangan dapat menciptakan proses pembelajaran yang saling melengkapi.

Pendekatan ini sering disebut sebagai reverse mentoring, di mana penyuluh muda membantu penyuluh senior dalam mempelajari teknologi digital.

D. Insentif dan Pengakuan Organisasi

Organisasi dapat memberikan penghargaan kepada penyuluh yang berhasil meng-integrasikan teknologi digital dalam kegiatan penyuluhan. Insentif ini dapat meningkatkan motivasi penyuluh untuk mengadopsi teknologi baru.

E. Transformasi Mindset Digital Penyuluh

Selain pengembangan kompetensi teknis, transformasi digital dalam sistem penyuluhan juga memerlukan perubahan mindset. Penyuluh perlu mengembangkan pola pikir yang terbuka terhadap inovasi teknologi dan pembelajaran berkelanjutan. Mindset digital dalam sistem penyuluhan dapat mencakup beberapa prinsip utama.

a. Keterbukaan terhadap teknologi baru
b. Kemauan untuk belajar secara berkelanjutan
c. Kemampuan berkolaborasi dalam jaringan digital
d. Orientasi pada penggunaan data dalam pengambilan Keputusan

Perubahan mindset ini merupakan proses jangka panjang yang memerlukan dukungan dari kepemimpinan organisasi serta sistem pengembangan kapasitas yang berkelanjutan.

F. Implikasi Strategis bagi Manajemen SDM Penyuluhan

Pengelolaan resistensi perubahan memiliki implikasi penting bagi kebijakan manajemen sumber daya manusia dalam lembaga penyuluhan. Transformasi digital tidak dapat berhasil tanpa dukungan aktif dari penyuluh sebagai aktor utama dalam sistem penyuluhan.

Oleh karena itu, strategi pengembangan kapasitas penyuluh perlu mengintegrasikan pendekatan change management yang mencakup:

a. Pengembangan kepemimpinan transformasional dalam organisasi penyuluhan
b. Sistem pelatihan berkelanjutan untuk meningkatkan kompetensi digital penyuluh

c. Pengembangan budaya organisasi yang mendukung inovasi teknologi mekanisme evaluasi kinerja yang mendorong penggunaan teknologi digital

Melalui strategi tersebut, transformasi digital dalam sistem penyuluhan dapat berlangsung secara lebih inklusif dan berkelanjutan.

Transformasi Ekosistem Informasi Pertanian

Transformasi digital dalam sektor pertanian tidak hanya mengubah cara informasi disebarkan, tetapi juga mengubah struktur otoritas pengetahuan dalam komunitas pertanian. Pada masa sebelum berkembangnya teknologi digital, penyuluh pertanian sering kali menjadi sumber utama informasi teknis bagi petani. Informasi mengenai teknik budidaya, pengendalian hama, maupun harga pasar umumnya diperoleh petani melalui interaksi langsung dengan penyuluh atau melalui lembaga penyuluhan pemerintah.

Namun, perkembangan internet dan platform digital telah menciptakan ekosistem informasi yang jauh lebih terbuka. Petani kini dapat memperoleh informasi dari berbagai sumber, termasuk media sosial, platform *agritech,* komunitas online, serta konten digital yang diproduksi oleh perusahaan agribisnis. Fenomena ini sering disebut sebagai demokratisasi informasi pertanian, di mana akses terhadap pengetahuan tidak lagi terbatas pada lembaga resmi penyuluhan.

Meskipun fenomena ini memberikan peluang besar bagi peningkatan akses informasi petani, keberadaan berbagai sumber informasi digital juga menimbulkan tantangan baru, yaitu meningkatnya risiko misinformasi dan disinformasi dalam sektor pertanian. Informasi yang tidak terverifikasi mengenai teknik budidaya, penggunaan pestisida, atau rekomendasi teknologi dapat menyebar dengan cepat melalui media digital dan berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi sistem produksi pertanian.

Dalam konteks ini, peran penyuluh pertanian mengalami transformasi yang signifikan. Penyuluh tidak lagi hanya berfungsi sebagai penyampai informasi, tetapi juga sebagai kurator pengetahuan (*knowledge curator*) yang membantu petani menilai kredibilitas berbagai sumber informasi digital. Kemampuan penyuluh untuk mempertahankan legitimasi profesional dan kepercayaan sosial menjadi faktor penting dalam memastikan bahwa petani tetap memiliki referensi terpercaya dalam menghadapi banjir informasi digital.

A. Konsep *Social Trust* dalam Sistem Penyuluhan

Kepercayaan sosial atau social trust merupakan elemen fundamental dalam hubungan antara penyuluh dan petani. Kepercayaan ini terbentuk melalui interaksi jangka panjang yang melibatkan pengalaman bersama, kredibilitas profesional, serta konsistensi dalam memberikan informasi yang akurat. Dalam literatur pembangunan pertanian, social trust sering dipandang sebagai modal sosial yang memungkinkan terjadinya proses pembelajaran dan adopsi inovasi di tingkat petani. Petani cenderung lebih bersedia mengadopsi teknologi baru apabila rekomendasi tersebut disampaikan oleh aktor yang mereka percayai. Saha & Sharma (2023) kepercayaan terhadap penyuluh tetap menjadi faktor penting dalam proses difusi inovasi pertanian, bahkan ketika petani memiliki akses terhadap berbagai sumber informasi digital. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun teknologi digital memperluas akses informasi, legitimasi sosial penyuluh tetap memiliki peran strategis dalam ekosistem pengetahuan pertanian. Kepercayaan sosial terhadap penyuluh biasanya dibangun melalui beberapa dimensi utama.

a. Kredibilitas Profesional
   Kredibilitas penyuluh ditentukan oleh kemampuan mereka dalam memberikan informasi teknis yang akurat dan relevan dengan kondisi lokal. Penyuluh yang memiliki kompetensi teknis yang kuat cenderung lebih dipercaya oleh petani.
b. Kedekatan Sosial dengan Komunitas Petani
   Interaksi langsung antara penyuluh dan petani memungkinkan terbentuknya hubungan sosial yang kuat. Kedekatan ini sering menjadi faktor penting dalam membangun kepercayaan.
c. Konsistensi Informasi
   Petani cenderung mempercayai penyuluh yang secara konsisten memberikan informasi yang terbukti bermanfaat bagi kegiatan produksi mereka.

B. Tantangan Legitimasi Penyuluh dalam Era Digital

Meskipun penyuluh memiliki posisi penting dalam sistem penyuluhan, perkembangan teknologi digital juga menimbulkan beberapa tantangan terhadap legitimasi profesi penyuluh.

a. Kompetisi dengan Sumber Informasi Digital

Banyak platform digital menyediakan informasi pertanian secara langsung kepada petani, termasuk aplikasi *agritech*, kanal video daring, serta forum diskusi online. Keberadaan berbagai sumber informasi ini dapat mengurangi ketergantungan petani terhadap penyuluh sebagai sumber pengetahuan utama.

b. Penyebaran Informasi yang Tidak Terverifikasi

Media sosial memungkinkan penyebaran informasi yang sangat cepat, tetapi tidak semua informasi yang beredar memiliki dasar ilmiah yang kuat. Informasi yang tidak akurat dapat mempengaruhi keputusan produksi petani.

c. Perubahan Ekspektasi Petani terhadap Penyuluh

Petani yang semakin terbiasa menggunakan teknologi digital memiliki ekspektasi yang lebih tinggi terhadap kemampuan penyuluh dalam menyediakan informasi yang cepat dan berbasis data.

C. Strategi Manajemen Legitimasi Penyuluh

Untuk mempertahankan legitimasi profesional dalam era digital, penyuluh perlu mengembangkan beberapa strategi adaptif.

a. Penguatan Peran sebagai Kurator Pengetahuan

Penyuluh dapat memposisikan diri sebagai aktor yang membantu petani menilai kredibilitas berbagai sumber informasi digital. Melalui peran ini, penyuluh membantu memastikan bahwa informasi yang digunakan petani dalam pengambilan keputusan memiliki dasar ilmiah yang kuat.

b. Integrasi Media Digital dalam Komunikasi Penyuluhan

Penggunaan media digital oleh penyuluh dapat meningkatkan aksesibilitas informasi bagi petani. Penyuluh dapat memanfaatkan berbagai platform komunikasi seperti grup pesan instan, media sosial, atau aplikasi pertanian untuk menyampaikan informasi secara lebih cepat.

c. Pengembangan Identitas Profesional Digital

Penyuluh juga dapat membangun kehadiran digital (*digital presence*) yang memperkuat legitimasi profesional mereka. Misalnya, penyuluh dapat mempublikasikan konten edukatif mengenai teknik budidaya atau manajemen usaha tani melalui platform digital.

d. Kolaborasi dengan Platform *Agritech*

Kerja sama antara penyuluh dengan perusahaan *agritech* dapat meningkatkan kualitas layanan penyuluhan digital. Kolaborasi ini memungkinkan penyuluh untuk mengakses data dan teknologi yang dapat mendukung proses penyuluhan.

e. Penyuluh sebagai *Trusted Knowledge Broker*

Dalam sistem penyuluhan hibrid, penyuluh dapat diposisikan sebagai *trusted knowledge broker,* yaitu aktor yang menjembatani berbagai sumber pengetahuan dengan kebutuhan petani. Peran ini mencakup beberapa fungsi utama:

a) Mengkurasi informasi pertanian yang tersedia secara digital
b) Menginterpretasikan data pertanian bagi petani
c) Memfasilitasi proses pembelajaran kolektif dalam komunitas petani

Melalui peran ini, penyuluh tidak hanya mempertahankan legitimasi profesional mereka, tetapi juga memperkuat kapasitas sistem penyuluhan dalam menghadapi tantangan informasi digital.

D. Penutup: SDM sebagai Mesin Penggerak Sistem Penyuluhan Hibrid

Transformasi sistem penyuluhan menuju model hibrid menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi teknologi digital dalam sektor pertanian tidak hanya bergantung pada infrastruktur teknologi, tetapi juga pada kapasitas sumber daya manusia yang mengelola sistem tersebut. Penyuluh pertanian sebagai aktor utama dalam sistem penyuluhan memiliki peran strategis dalam menjembatani inovasi teknologi dengan kebutuhan petani di tingkat lapangan. Rekonstruksi peran penyuluh dari informan teknis menjadi *innovation broker* dan

fasilitator digital mencerminkan perubahan paradigma dalam sistem inovasi pertanian. Dalam konteks ini, penyuluh tidak lagi hanya menyampaikan teknologi, tetapi juga memfasilitasi interaksi antara berbagai aktor dalam ekosistem inovasi pertanian.

Pengembangan kurikulum pelatihan *dual-capacity* menjadi langkah penting dalam memastikan bahwa penyuluh memiliki kompetensi yang diperlukan untuk menjalankan peran tersebut. Kombinasi antara kompetensi digital dan kompetensi fasilitasi lapangan memungkinkan penyuluh untuk mengintegrasikan teknologi digital dengan metode penyuluhan konvensional

Selain itu, pengelolaan resistensi perubahan melalui pendekatan change management juga menjadi faktor penting dalam memastikan bahwa transformasi digital dapat diterima oleh seluruh anggota organisasi penyuluhan. Proses perubahan organisasi memerlukan dukungan kepemimpinan, program pelatihan berkelanjutan, serta budaya organisasi yang mendukung inovasi

Di tengah berkembangnya ekosistem informasi digital, kemampuan penyuluh untuk menjaga legitimasi profesional dan kepercayaan sosial menjadi semakin penting. Penyuluh yang mampu berperan sebagai kurator pengetahuan dan *trusted knowledge broker* akan tetap memiliki posisi strategis dalam sistem penyuluhan pertanian. Dengan demikian, sumber daya manusia penyuluhan dapat dipahami sebagai mesin penggerak utama keberhasilan sistem penyuluhan hibrid. Investasi dalam pengembangan kapasitas penyuluh tidak hanya meningkatkan kualitas layanan penyuluhan, tetapi juga memperkuat kemampuan sistem pertanian dalam beradaptasi terhadap perubahan teknologi dan dinamika pasar global.

Protokol Sinkronisasi Pesan dalam Sistem Penyuluhan Multi-Kanal

A. Transformasi Ekosistem Informasi Penyuluhan Pertanian

Perkembangan teknologi digital dalam sektor pertanian telah menciptakan ekosistem komunikasi yang semakin kompleks dalam sistem penyuluhan pertanian. Informasi agronomi yang sebelumnya disampaikan melalui interaksi tatap muka antara penyuluh dan petani kini dapat didistribusikan melalui berbagai platform komunikasi digital, termasuk aplikasi *mobile* pertanian, layanan pesan singkat (SMS), sistem pesan suara otomatis, serta media sosial berbasis komunitas petani. Transformasi ini memungkinkan penyebaran informasi yang lebih cepat dan luas dibandingkan dengan model penyuluhan konvensional.

Namun, keberadaan berbagai saluran komunikasi tersebut juga menimbulkan tantangan baru dalam manajemen informasi pertanian, yaitu risiko inkonsistensi pesan antar kanal komunikasi. Petani dapat menerima informasi yang berbeda dari berbagai sumber, misalnya rekomendasi pemupukan yang berbeda antara aplikasi digital dan instruksi penyuluh di lapangan. Ketidakkonsistenan informasi semacam ini dapat menimbulkan kebingungan di kalangan petani dan berpotensi menurunkan tingkat kepercayaan terhadap sistem penyuluhan.

Dalam konteks ini, tata kelola konten penyuluhan menjadi aspek strategis dalam memastikan bahwa informasi yang disampaikan melalui berbagai platform komunikasi tetap konsisten dan berbasis bukti ilmiah. Konsep *message synchronization* atau sinkronisasi pesan mengacu pada mekanisme manajemen informasi yang memastikan bahwa semua kanal komunikasi dalam sistem penyuluhan menyampaikan pesan yang selaras dan terkoordinasi.

Cole (2025) keberhasilan integrasi berbagai kanal komunikasi sangat bergantung pada kemampuan organisasi penyuluhan dalam mengelola aliran informasi secara terpusat dan terstandarisasi. Dengan sistem manajemen konten yang terstruktur, informasi yang disampaikan kepada petani dapat tetap konsisten meskipun disebarkan melalui berbagai media komunikasi yang berbeda.

B. Konsep Sinkronisasi Pesan dalam Komunikasi Penyuluhan

Sinkronisasi pesan dalam sistem penyuluhan multi-kanal merujuk pada proses koordinasi konten informasi yang disampaikan melalui berbagai platform komunikasi sehingga pesan yang diterima oleh petani tetap konsisten dan saling melengkapi. Konsep ini berakar pada

literatur *integrated communication systems*, yang menekankan pentingnya koordinasi pesan dalam sistem komunikasi yang melibatkan berbagai media.

Dalam sistem penyuluhan hibrid, sinkronisasi pesan menjadi semakin penting karena petani dapat mengakses informasi melalui berbagai kanal secara bersamaan. Misalnya, seorang petani dapat menerima informasi mengenai prakiraan cuaca melalui SMS, memperoleh rekomendasi teknis melalui aplikasi pertanian, serta mendapatkan penjelasan tambahan melalui interaksi langsung dengan penyuluh di lapangan. Tanpa mekanisme sinkronisasi yang efektif, informasi yang diterima petani dari berbagai sumber tersebut dapat menjadi tidak konsisten.

Cole (2025) sistem penyuluhan digital yang efektif memerlukan arsitektur manajemen konten terintegrasi yang memungkinkan koordinasi pesan antara berbagai platform komunikasi. Sistem ini biasanya melibatkan pusat manajemen informasi yang berfungsi sebagai sumber utama konten penyuluhan. Dalam model ini, semua materi penyuluhan baik yang disampaikan melalui aplikasi digital, SMS, maupun kegiatan penyuluhan tatap muka berasal dari basis data pengetahuan yang sama. Dengan demikian, informasi yang disampaikan melalui berbagai kanal komunikasi tetap selaras dan dapat saling memperkuat.

C. Arsitektur Sistem Sinkronisasi Pesan

Untuk memastikan konsistensi informasi dalam sistem penyuluhan multi-kanal, diperlukan arsitektur sistem manajemen konten yang terintegrasi. Arsitektur ini biasanya terdiri dari beberapa komponen utama.

a. Knowledge Repository

Knowledge repository merupakan basis data yang menyimpan seluruh materi penyuluhan pertanian yang telah diverifikasi secara ilmiah. Materi yang tersimpan dalam repository ini dapat mencakup:

a) Panduan budidaya tanaman
b) Rekomendasi pemupukan
c) Informasi pengendalian hama

b. Data cuaca dan iklim

Repository ini berfungsi sebagai sumber tunggal informasi penyuluhan yang digunakan oleh berbagai platform komunikasi.

c. *Content Management System* (CMS)

Content Management System berfungsi sebagai platform yang digunakan oleh tim penyuluhan untuk mengelola dan memperbarui materi penyuluhan. Sistem ini memungkinkan pengelolaan konten secara terpusat sehingga setiap perubahan informasi dapat langsung diperbarui di seluruh platform komunikasi.

d. Multi-Channel Distribution Engine

Komponen ini bertugas mendistribusikan konten penyuluhan ke berbagai kanal komunikasi. Misalnya:

a) Aplikasi *mobile* pertanian
b) Sms *gateway*
c) Platform radio komunitas
d) Materi penyuluhan lapangan

Dengan sistem distribusi yang terintegrasi, konten yang sama dapat disampaikan melalui berbagai media komunikasi dengan format yang disesuaikan.

D. Protokol Operasional Sinkronisasi Pesan

Untuk memastikan efektivitas sistem sinkronisasi pesan, lembaga penyuluhan perlu mengembangkan protokol operasional yang jelas dalam pengelolaan konten penyuluhan.

a. Tahap 1: Validasi Ilmiah Konten

Setiap materi penyuluhan harus melalui proses validasi ilmiah oleh tim ahli sebelum disebarkan kepada petani.

b. Tahap 2: Adaptasi Konten Multi-Format

Materi penyuluhan yang telah divalidasi kemudian diadaptasi ke dalam berbagai format komunikasi, seperti:

a) Teks pendek untuk SMS

b) Infografis untuk aplikasi digital
c) Materi presentasi untuk penyuluhan tatap muka

c. Tahap 3: Distribusi Terkoordinasi
Konten yang telah disiapkan kemudian didistribusikan secara terkoordinasi melalui berbagai platform komunikasi.
d. Tahap 4: Monitoring Konsistensi Pesan
Tim manajemen konten melakukan pemantauan terhadap pesan yang disampaikan melalui berbagai kanal komunikasi untuk memastikan tidak terjadi perbedaan informasi.

E. Peran Penyuluh dalam Sinkronisasi Pesan
Meskipun teknologi digital memainkan peran penting dalam distribusi informasi, penyuluh tetap memiliki posisi strategis dalam memastikan konsistensi pesan dalam sistem penyuluhan hibrid. Penyuluh berperan sebagai mediator informasi yang menjembatani antara sistem digital dan praktik pertanian di lapangan. Dalam konteks ini, penyuluh memiliki beberapa fungsi utama.
a. Kurasi Informasi
b. Penyuluh membantu memastikan bahwa informasi yang diterima petani melalui platform digital sesuai dengan kondisi lokal.
c. Klarifikasi Pesan
d. Apabila terdapat perbedaan interpretasi informasi, penyuluh dapat memberikan penjelasan tambahan kepada petani.
e. Umpan Balik Lapangan
f. Penyuluh juga berperan dalam menyampaikan umpan balik dari petani kepada pengelola sistem informasi sehingga konten penyuluhan dapat terus diperbaiki.

F. Implikasi Strategis bagi Tata Kelola Konten Penyuluhan
Implementasi sistem sinkronisasi pesan memiliki beberapa implikasi strategis bagi pengelolaan sistem penyuluhan pertanian.
a. Pertama, sistem ini meningkatkan konsistensi informasi yang diterima oleh petani, sehingga dapat meningkatkan kepercayaan terhadap layanan penyuluhan.
b. Kedua, sistem ini memungkinkan lembaga penyuluhan untuk mengelola informasi pertanian secara lebih efisien melalui mekanisme distribusi konten yang terintegrasi.
c. Ketiga, sistem sinkronisasi pesan juga memperkuat peran penyuluh sebagai penghubung antara sistem informasi digital dengan praktik pertanian di tingkat lapangan

Dengan tata kelola konten yang baik, sistem penyuluhan hibrid dapat memastikan bahwa informasi yang disampaikan kepada petani tetap akurat, relevan, dan mudah dipahami.

Karakteristik Informasi Pertanian yang Bersifat *Time-Critical*

Dalam sistem produksi pertanian, banyak keputusan manajerial yang sangat dipengaruhi oleh faktor waktu. Petani harus mengambil keputusan dalam jangka waktu yang relatif singkat terkait dengan kegiatan budidaya seperti waktu tanam, pemupukan, pengendalian hama, serta panen. Keterlambatan dalam memperoleh informasi yang relevan dapat menyebabkan kerugian produksi yang signifikan. Informasi yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap waktu sering disebut sebagai *time-critical information,* yaitu informasi yang nilai manfaatnya sangat bergantung pada kecepatan penyampaian kepada pengguna. Dalam konteks pertanian, contoh informasi yang bersifat *time-critical* meliputi:

a. Peringatan dini cuaca ekstrem
b. Deteksi dini serangan hama dan penyakit tanaman
c. Perubahan harga pasar komoditas
d. Rekomendasi pengelolaan irigasi

Lawrence dkk. (2020) penyampaian informasi yang tepat waktu dapat meningkatkan kemampuan petani dalam mengelola risiko produksi serta meningkatkan efisiensi pengambilan keputusan. Oleh karena itu, sistem penyuluhan modern perlu mengembangkan strategi komunikasi yang mampu menyampaikan informasi *time-critical* secara cepat dan efektif kepada petani.

Dalam sistem penyuluhan hibrid, berbagai kanal komunikasi dapat dimanfaatkan untuk menyampaikan informasi kepada petani. Namun, tidak semua kanal komunikasi memiliki karakteristik yang sama dalam hal kecepatan distribusi informasi. Oleh karena itu, diperlukan strategi diferensiasi kanal komunikasi berdasarkan karakteristik informasi yang disampaikan.

A. Peran Kanal Digital dalam Sistem Peringatan Dini Pertanian

Kanal komunikasi digital memiliki keunggulan utama dalam hal kecepatan dan jangkauan distribusi informasi. Teknologi seperti SMS *gateway*, aplikasi *mobile* pertanian, serta sistem notifikasi digital memungkinkan penyampaian informasi kepada ribuan petani secara hamper simultan. Dalam konteks sistem penyuluhan pertanian, kanal digital sangat efektif digunakan untuk menyampaikan peringatan dini (*early warning alerts*) yang membutuhkan respons cepat dari petani. Misalnya, ketika sistem *monitoring* cuaca mendeteksi potensi hujan lebat atau angin kencang yang dapat merusak tanaman, informasi tersebut dapat segera disampaikan kepada petani melalui pesan singkat atau notifikasi aplikasi. Beberapa jenis informasi yang sangat cocok disampaikan melalui kanal digital antara lain:

a. Peringatan Cuaca Ekstrem
   Informasi mengenai potensi hujan lebat, kekeringan, atau angin kencang dapat membantu petani mengambil langkah mitigasi untuk melindungi tanaman mereka.
b. Deteksi Dini Serangan Hama
   Sistem *monitoring* pertanian yang memanfaatkan data lapangan atau sensor digital dapat mendeteksi potensi serangan hama lebih awal. Informasi ini dapat segera dikirimkan kepada petani agar mereka dapat melakukan tindakan pengendalian secara cepat.
c. Informasi Harga Pasar
   Perubahan harga komoditas pertanian sering terjadi dalam waktu yang singkat. Informasi harga yang disampaikan secara *real-time* dapat membantu petani menentukan waktu penjualan yang optimal. Lawrence dkk. (2020) penggunaan sistem peringatan dini berbasis digital dapat meningkatkan ketahanan petani terhadap risiko iklim serta memperkuat sistem manajemen risiko dalam sektor pertanian.

B. Peran Kanal Tatap Muka dalam Edukasi Mendalam

Meskipun kanal digital sangat efektif dalam menyampaikan informasi yang membutuhkan respons cepat, metode komunikasi tatap muka tetap memiliki peran penting dalam sistem penyuluhan pertanian. Interaksi langsung antara penyuluh dan petani memungkinkan penyampaian informasi yang lebih mendalam dan kontekstual. Beberapa jenis informasi pertanian memerlukan penjelasan yang lebih rinci dan diskusi yang lebih interaktif. Dalam situasi tersebut, metode penyuluhan tatap muka sering kali lebih efektif dibandingkan dengan komunikasi digital. Jenis materi yang lebih cocok disampaikan melalui interaksi tatap muka antara lain:

a. Pelatihan Teknik Budidaya
   Teknik budidaya tanaman sering kali memerlukan demonstrasi praktis di lapangan agar petani dapat memahami cara penerapannya secara langsung.
b. Pengelolaan Sistem Produksi
   Perencanaan sistem produksi pertanian yang kompleks, seperti rotasi tanaman atau manajemen nutrisi tanah, memerlukan diskusi yang lebih mendalam antara penyuluh dan petani.
c. Evaluasi Pengalaman Petani
   Pertemuan kelompok tani memberikan ruang bagi petani untuk berbagi pengalaman mengenai praktik budidaya serta mendiskusikan solusi terhadap berbagai masalah produksi. Dengan demikian, kanal tatap muka berfungsi sebagai platform pembelajaran mendalam (*deep learning platform*) yang melengkapi fungsi kanal digital dalam sistem penyuluhan hibrid.
d. Model Integrasi Kanal dalam Komunikasi Penyuluhan
   Untuk memaksimalkan efektivitas sistem penyuluhan hibrid, diperlukan model integrasi kanal komunikasi yang mampu mengoptimalkan keunggulan masing-masing media komunikasi. Model integrasi ini dapat digambarkan dalam matriks berikut.

Tabel 35. Matriks Integrasi Kanal Penyuluhan

Jenis Informasi	Kanal Digital	Kanal Tatap Muka
Peringatan cuaca	Sangat efektif	Kurang efektif
Deteksi hama	Sangat efektif	Efektif untuk pelatihan
Informasi harga	Sangat efektif	Tidak relevan
Teknik budidaya	Moderat	Sangat efektif
Manajemen usaha tani	Moderat	Sangat efektif

Matriks ini menunjukkan bahwa sistem penyuluhan hibrid perlu mengkombinasikan berbagai kanal komunikasi agar dapat menyampaikan informasi pertanian secara optimal.

C. Arsitektur Sistem Peringatan Dini Pertanian

Implementasi strategi konten berbasis waktu dalam sistem penyuluhan memerlukan integrasi antara berbagai sumber data dan platform komunikasi. Arsitektur sistem peringatan dini pertanian umumnya melibatkan beberapa komponen utama.

a. Sistem pengumpulan data
b. Data pertanian diperoleh dari berbagai sumber seperti:
c. Stasiun meteorologi
d. Sensor lapangan
e. Laporan petani
f. Citra satelit
g. Sistem analisis risiko
   Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan model prediksi untuk mengidentifikasi potensi risiko seperti serangan hama atau perubahan cuaca ekstrem.
h. Sistem distribusi informasi
   Hasil analisis risiko kemudian didistribusikan kepada petani melalui berbagai kanal komunikasi digital seperti sms atau aplikasi pertanian.
i. Sistem tindak lanjut penyuluhan
   Penyuluh lapangan kemudian memberikan penjelasan lebih lanjut kepada petani mengenai langkah-langkah mitigasi yang dapat dilakukan.

D. Implikasi Strategis bagi Tata Kelola Konten Penyuluhan

Pengembangan strategi konten berbasis waktu memiliki beberapa implikasi strategis bagi sistem penyuluhan pertanian.

a. Pertama, sistem penyuluhan perlu mengembangkan infrastruktur informasi yang mampu mengintegrasikan data dari berbagai sumber untuk mendukung sistem peringatan dini pertanian.
b. Kedua, lembaga penyuluhan perlu mengembangkan kapasitas penyuluh dalam menginterpretasikan data pertanian serta menyampaikan rekomendasi yang relevan kepada petani.
c. Ketiga, tata kelola konten penyuluhan perlu memastikan bahwa informasi yang disampaikan melalui kanal digital dan tatap muka saling melengkapi sehingga dapat meningkatkan kualitas layanan penyuluhan secara keseluruhan.

Dengan pendekatan ini, sistem penyuluhan hibrid dapat berfungsi sebagai mekanisme komunikasi adaptif yang mampu mendukung pengambilan keputusan petani dalam menghadapi dinamika produksi pertanian yang semakin kompleks.

➢ Lokalisasi dan Kontekstualisasi Konten Penyuluhan dalam Sistem Hibrid.

Lokalisasi dan Kontekstualisasi Konten Penyuluhan

A. Pentingnya Lokalisasi dalam Komunikasi Penyuluhan

Keberhasilan penyampaian informasi dalam sistem penyuluhan pertanian tidak hanya ditentukan oleh kualitas konten ilmiah, tetapi juga oleh sejauh mana informasi tersebut dapat dipahami dan diterima oleh petani sebagai pengguna utama. Dalam banyak kasus, kegagalan program penyuluhan bukan disebabkan oleh kurangnya informasi, tetapi oleh

ketidaksesuaian cara penyampaian informasi dengan konteks sosial dan budaya masyarakat lokal.

Konsep lokalisasi konten (*content localization*) mengacu pada proses penyesuaian materi komunikasi agar sesuai dengan bahasa, budaya, serta kondisi sosial ekonomi masyarakat sasaran. Dalam konteks penyuluhan pertanian, lokalisasi konten menjadi sangat penting karena mayoritas petani di wilayah pedesaan memiliki latar belakang pendidikan yang beragam serta tingkat literasi yang berbeda-beda.

Ndimbo dkk. (2024) penggunaan bahasa lokal dan media visual yang sederhana dapat meningkatkan pemahaman petani terhadap informasi teknis pertanian secara signifikan. Informasi yang disampaikan dalam bahasa yang familiar bagi petani lebih mudah dipahami dibandingkan dengan materi yang menggunakan istilah teknis atau bahasa formal. Selain aspek bahasa, lokalisasi konten juga mencakup penyesuaian informasi dengan kondisi agroekologi lokal, seperti jenis tanah, iklim, serta sistem produksi pertanian yang berlaku di wilayah tersebut. Penyuluhan yang tidak mempertimbangkan konteks lokal sering kali menghasilkan rekomendasi yang sulit diterapkan oleh petani.

B. Penggunaan Bahasa Daerah dalam Penyuluhan Hibrid

Bahasa merupakan medium utama dalam proses komunikasi penyuluhan. Dalam banyak komunitas pedesaan, bahasa daerah masih menjadi bahasa sehari-hari yang digunakan oleh petani dalam berinteraksi. Oleh karena itu, penggunaan bahasa daerah dalam materi penyuluhan dapat meningkatkan efektivitas komunikasi antara penyuluh dan petani. Dalam sistem penyuluhan hibrid, penggunaan bahasa daerah dapat diterapkan dalam berbagai format komunikasi, antara lain:

a. Materi penyuluhan digital
b. Pesan suara dalam aplikasi pertanian
c. Program radio komunitas
d. Diskusi kelompok tani

Penggunaan bahasa lokal memiliki beberapa keuntungan utama.

a. Meningkatkan Pemahaman Informasi
   Informasi yang disampaikan dalam bahasa yang familiar bagi petani lebih mudah dipahami dibandingkan dengan materi yang menggunakan bahasa teknis.
b. Memperkuat Kedekatan Sosial
   Bahasa daerah mencerminkan identitas budaya masyarakat lokal. Penggunaan bahasa tersebut dalam komunikasi penyuluhan dapat memperkuat hubungan antara penyuluh dan petani.
c. Meningkatkan Kepercayaan terhadap Informasi
   Petani cenderung lebih percaya pada informasi yang disampaikan melalui bahasa yang mereka gunakan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam praktiknya, materi penyuluhan digital dapat disediakan dalam beberapa pilihan bahasa sehingga petani dapat memilih bahasa yang paling mereka pahami.
d. Desain Infografis Visual untuk Petani Berliterasi Rendah
   Selain bahasa, desain visual juga memiliki peran penting dalam meningkatkan efektivitas komunikasi penyuluhan. Banyak petani di wilayah pedesaan memiliki tingkat literasi yang terbatas, sehingga materi penyuluhan yang terlalu banyak menggunakan teks sering kali sulit dipahami. Penggunaan infografis visual dapat membantu menyampaikan informasi teknis secara lebih sederhana dan mudah dipahami. Infografis memungkinkan penyajian informasi dalam bentuk gambar, simbol, serta diagram yang menggambarkan proses pertanian secara visual. Beberapa prinsip desain infografis untuk penyuluhan pertanian antara lain:
   a) Penggunaan Simbol yang Familiar
   b) Simbol visual yang digunakan dalam infografis sebaiknya mencerminkan objek yang familiar bagi petani, seperti tanaman, alat pertanian, atau kondisi cuaca.
   c) Penggunaan Warna Kontras
   d) Warna yang kontras membantu meningkatkan visibilitas informasi, terutama ketika materi digunakan di lingkungan luar ruangan.
   e) Struktur Informasi yang Sederhana

f) Informasi sebaiknya disajikan dalam langkah-langkah yang jelas sehingga petani dapat mengikuti proses budidaya dengan mudah.
g) Infografis juga dapat digunakan dalam berbagai platform komunikasi seperti aplikasi *mobile*, poster penyuluhan, serta materi presentasi dalam pertemuan kelompok tani.

C. Penggunaan Media Audio dalam Penyuluhan Digital

Selain teks dan visual, media audio juga dapat menjadi sarana komunikasi yang efektif dalam sistem penyuluhan hibrid. Banyak petani yang lebih mudah memahami informasi melalui penjelasan verbal dibandingkan melalui teks tertulis. Teknologi digital memungkinkan pengembangan *audio advisory systems*, yaitu sistem penyampaian informasi pertanian melalui pesan suara. Sistem ini dapat diakses melalui:

a. Aplikasi *mobile* pertanian
b. Layanan panggilan telepon otomatis
c. Radio komunitas

Penggunaan media audio memiliki beberapa keunggulan.

a. Aksesibilitas Tinggi
b. Petani yang memiliki keterbatasan membaca tetap dapat memperoleh informasi melalui pesan suara.
c. Penyampaian Informasi yang Lebih Kontekstual
d. Penjelasan verbal memungkinkan penyampaian informasi yang lebih rinci dibandingkan dengan teks singkat.
e. Fleksibilitas Penggunaan
f. Petani dapat mendengarkan informasi audio sambil melakukan aktivitas di lahan pertanian.

Ndimbo dkk. (2024) kombinasi antara teks, visual, dan audio dalam materi penyuluhan dapat meningkatkan tingkat pemahaman petani terhadap teknologi pertanian baru.

D. Integrasi Media dalam Sistem Penyuluhan Hibrid

Lokalisasi konten tidak hanya berkaitan dengan penyesuaian bahasa atau format komunikasi, tetapi juga dengan integrasi berbagai media komunikasi dalam sistem penyuluhan. Dalam sistem penyuluhan hibrid, konten penyuluhan dapat disampaikan melalui kombinasi berbagai format media. Sebagai contoh:

a. Infografis digunakan dalam aplikasi pertanian untuk menjelaskan teknik budidaya
b. Pesan suara digunakan untuk menyampaikan peringatan dini cuaca
c. Diskusi kelompok tani digunakan untuk memperdalam pemahaman petani

Pendekatan multi-media ini memungkinkan penyampaian informasi yang lebih fleksibel dan dapat menjangkau berbagai kelompok petani dengan karakteristik yang berbeda.

E. Implikasi Strategis bagi Tata Kelola Konten Penyuluhan

Implementasi strategi lokalisasi konten memiliki beberapa implikasi penting bagi sistem penyuluhan pertanian.

a. Pertama, lembaga penyuluhan perlu mengembangkan kapasitas produksi konten lokal yang mampu menghasilkan materi penyuluhan yang sesuai dengan konteks sosial dan budaya masyarakat setempat.
b. Kedua, pengembangan konten penyuluhan perlu melibatkan partisipasi petani untuk memastikan bahwa materi yang dihasilkan benar-benar relevan dengan kebutuhan pengguna.
c. Ketiga, integrasi berbagai format media dalam penyuluhan memungkinkan penyampaian informasi yang lebih inklusif bagi petani dengan tingkat literasi yang beragam.

Dengan pendekatan ini, sistem penyuluhan hibrid dapat memastikan bahwa informasi pertanian tidak hanya tersedia secara luas, tetapi juga dapat dipahami dan diterapkan oleh petani di tingkat lapangan.

Manajemen Big Data Pertanian: Personalisasi Konten Penyuluhan di Tingkat Lahan Mikro

A. Transformasi Data dalam Sistem Penyuluhan Pertanian

Perkembangan teknologi digital dalam sektor pertanian telah menghasilkan volume data yang sangat besar mengenai kondisi agroekologi, cuaca, serta aktivitas produksi pertanian. Data tersebut berasal dari berbagai sumber, termasuk citra satelit, sensor *Internet of Things* (IoT), stasiun meteorologi, serta laporan lapangan dari petani dan penyuluh. Integrasi berbagai sumber data ini menciptakan ekosistem big data pertanian yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas layanan penyuluhan.

Big data dalam pertanian merujuk pada kumpulan data yang memiliki karakteristik volume besar, kecepatan tinggi, dan keragaman sumber, sehingga memerlukan teknologi analitik khusus untuk memproses dan menginterpretasikannya. Dalam konteks penyuluhan pertanian, pemanfaatan big data memungkinkan penyampaian rekomendasi teknis yang lebih presisi dan relevan dengan kondisi spesifik di tingkat lahan.

Literatur mengenai *precision agriculture* menunjukkan bahwa penggunaan data digital dalam pengambilan keputusan pertanian dapat meningkatkan efisiensi penggunaan *input* produksi serta mengurangi risiko kegagalan panen (Klerkx dkk., 2019). Sistem penyuluhan yang memanfaatkan big data dapat memberikan rekomendasi yang lebih tepat sasaran dibandingkan dengan pendekatan penyuluhan konvensional yang bersifat umum. Dalam sistem penyuluhan hibrid, big data tidak hanya berfungsi sebagai sumber informasi bagi peneliti dan pembuat kebijakan, tetapi juga sebagai basis produksi konten penyuluhan yang dapat disampaikan kepada petani melalui berbagai platform komunikasi.

B. Sumber Data dalam Sistem Informasi Pertanian

Pengembangan sistem penyuluhan berbasis data memerlukan integrasi berbagai sumber informasi yang menggambarkan kondisi produksi pertanian secara komprehensif. Beberapa sumber data utama dalam sistem big data pertanian antara lain:

a. Data Citra Satelit

Teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) memungkinkan pemantauan kondisi lahan pertanian secara luas dan kontinu. Citra satelit dapat digunakan untuk memantau berbagai parameter agroekologi, seperti:

a) Kesehatan tanaman
b) Tingkat kelembapan tanah
c) Kondisi vegetasi
d) Perubahan penggunaan lahan

Indeks vegetasi seperti *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) sering digunakan untuk menilai kondisi kesehatan tanaman berdasarkan analisis citra satelit. Informasi ini dapat membantu penyuluh mengidentifikasi area pertanian yang mengalami stres tanaman atau potensi serangan penyakit.

b. *Sensor Internet of Things* (IoT)

Sensor IoT yang ditempatkan di lahan pertanian dapat mengukur berbagai parameter lingkungan secara *real-time,* seperti:

a) Kelembapan tanah
b) Suhu udara
c) Tingkat radiasi matahari
d) Kondisi irigasi

Data yang dihasilkan oleh sensor ini memberikan informasi yang sangat detail mengenai kondisi lingkungan mikro yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

c. Data Meteorologi

Data cuaca dan iklim merupakan komponen penting dalam sistem informasi pertanian. Informasi mengenai curah hujan, suhu, dan kelembapan udara dapat digunakan untuk memprediksi kondisi pertumbuhan tanaman serta potensi risiko iklim.

d. Data Lapangan dari Petani dan Penyuluh

Selain data digital, informasi yang diperoleh dari laporan petani dan penyuluh juga merupakan sumber data yang sangat penting. Data ini sering kali memberikan informasi

kontekstual mengenai kondisi produksi yang tidak dapat ditangkap oleh sensor atau citra satelit.

C. Analitik Data untuk Produksi Konten Penyuluhan

Setelah data pertanian dikumpulkan dari berbagai sumber, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis data untuk menghasilkan informasi yang dapat digunakan dalam proses penyuluhan. Analitik data dalam sistem penyuluhan digital biasanya melibatkan beberapa tahapan utama.

a. Integrasi Data

Data yang berasal dari berbagai sumber perlu diintegrasikan dalam satu sistem informasi pertanian yang terpusat. Integrasi ini memungkinkan analisis data secara komprehensif untuk memahami kondisi produksi pertanian.

b. Analisis Prediktif

Teknologi analitik data memungkinkan pengembangan model prediktif yang dapat memperkirakan berbagai fenomena pertanian, seperti:

a) Potensi serangan hama
b) Risiko kekeringan
c) Kebutuhan irigasi

Model prediktif ini membantu penyuluh memberikan rekomendasi yang lebih proaktif kepada petani.

c. Personalisasi Informasi

Salah satu keuntungan utama penggunaan big data dalam penyuluhan adalah kemampuan untuk menghasilkan rekomendasi yang dipersonalisasi berdasarkan kondisi spesifik setiap lahan. Misalnya, rekomendasi pemupukan dapat disesuaikan dengan kondisi tanah dan jenis tanaman yang ditanam oleh petani.

d. *Precision Advisory System* dalam Penyuluhan Pertanian

Integrasi big data dengan sistem komunikasi digital memungkinkan pengembangan precision *advisory systems*, yaitu sistem penyuluhan yang memberikan rekomendasi teknis secara spesifik kepada petani berdasarkan kondisi lahan mereka. Dalam sistem ini, data yang diperoleh dari satelit dan sensor lapangan dianalisis untuk menghasilkan rekomendasi teknis yang relevan. Informasi tersebut kemudian disampaikan kepada petani melalui berbagai platform komunikasi seperti aplikasi *mobile* atau SMS. Sebagai contoh, sistem dapat mengirimkan rekomendasi berikut kepada petani:

a) Waktu optimal untuk penyiraman tanaman
b) Dosis pupuk yang sesuai dengan kondisi tanah
c) Peringatan dini mengenai potensi serangan hama

Pendekatan ini memungkinkan penyuluhan pertanian beralih dari model rekomendasi umum menuju model penyuluhan presisi berbasis data.

D. Integrasi Big Data dengan Sistem Penyuluhan Hibrid

Meskipun teknologi big data memungkinkan penyampaian rekomendasi teknis secara otomatis, peran penyuluh tetap penting dalam sistem penyuluhan presisi. Penyuluh berfungsi sebagai mediator yang membantu petani memahami dan menerapkan informasi yang dihasilkan oleh sistem analitik data. Dalam praktiknya, integrasi big data dengan sistem penyuluhan hibrid dapat dilakukan melalui beberapa mekanisme.

a. Interpretasi Data oleh Penyuluh

Penyuluh membantu menjelaskan rekomendasi yang dihasilkan oleh sistem analitik kepada petani.

b. Validasi Lapangan

Informasi yang dihasilkan oleh sistem digital perlu diverifikasi melalui observasi lapangan untuk memastikan kesesuaiannya dengan kondisi nyata.

c. Pendampingan Implementasi

Penyuluh membantu petani menerapkan rekomendasi teknis yang dihasilkan oleh sistem analitik dalam kegiatan produksi pertanian.

E. Implikasi Strategis bagi Tata Kelola Konten Penyuluhan

Pemanfaatan big data dalam sistem penyuluhan memiliki beberapa implikasi penting bagi tata kelola konten pertanian.

a. Pertama, lembaga penyuluhan perlu mengembangkan infrastruktur teknologi informasi yang mampu mengelola dan menganalisis data pertanian dalam skala besar.
b. Kedua, kapasitas penyuluh perlu ditingkatkan agar mereka mampu memahami dan menginterpretasikan informasi yang dihasilkan oleh sistem analitik data.
c. Ketiga, tata kelola data pertanian perlu memperhatikan aspek keamanan dan privasi data petani agar penggunaan teknologi digital tetap memberikan manfaat bagi masyarakat pedesaan.

Dengan integrasi teknologi big data, sistem penyuluhan pertanian dapat memberikan layanan informasi yang lebih presisi dan relevan dengan kebutuhan petani di tingkat lahan mikro.

F. Tata Kelola Konten sebagai Jembatan antara Sains Global dan Praktik Lokal

Pengembangan sistem penyuluhan pertanian dalam era digital memerlukan pendekatan baru dalam pengelolaan informasi dan komunikasi. Tata kelola konten penyuluhan tidak lagi sekadar berkaitan dengan produksi materi informasi, tetapi juga mencakup manajemen aliran pengetahuan yang menghubungkan berbagai sumber informasi dengan kebutuhan petani di tingkat lapangan. Melalui mekanisme sinkronisasi pesan, sistem penyuluhan dapat memastikan bahwa informasi yang disampaikan melalui berbagai kanal komunikasi tetap konsisten dan saling melengkapi. Pendekatan ini sangat penting dalam ekosistem komunikasi digital yang semakin kompleks.

Strategi konten berbasis waktu memungkinkan sistem penyuluhan merespons dinamika produksi pertanian secara cepat melalui sistem peringatan dini berbasis digital. Sementara itu, metode penyuluhan tatap muka tetap memainkan peran penting dalam proses pembelajaran mendalam bagi petani. Lokalisasi konten memastikan bahwa informasi pertanian dapat dipahami dan diterapkan oleh petani dengan latar belakang sosial dan budaya yang beragam. Penggunaan bahasa daerah, media visual, serta *audio advisory systems* memungkinkan penyampaian informasi yang lebih inklusif.

Di sisi lain, pemanfaatan big data pertanian membuka peluang bagi pengembangan sistem penyuluhan presisi yang mampu memberikan rekomendasi teknis yang dipersonalisasi berdasarkan kondisi spesifik di tingkat lahan. Integrasi teknologi analitik data dengan sistem penyuluhan hibrid memungkinkan peningkatan kualitas layanan informasi bagi petani. Dengan demikian, tata kelola konten penyuluhan dapat dipahami sebagai jembatan strategis antara sains global dan praktik pertanian lokal, yang memungkinkan transfer pengetahuan pertanian secara lebih efektif dalam menghadapi tantangan produksi pangan di era perubahan iklim dan transformasi digital.

BAB 8
Rekonstruksi Paradigma Penyuluhan

➢ Sintesis Holistik: Rekonstruksi Paradigma Penyuluhan di Era Disrupsi

Integrasi Temuan Makro: Sintesis Global mengenai Kesenjangan Digital dalam Sistem Penyuluhan

A. Transformasi Sistem Penyuluhan dalam Konteks Disrupsi Digital

Perkembangan teknologi digital telah menciptakan perubahan mendasar dalam cara pengetahuan diproduksi, didistribusikan, dan dimanfaatkan dalam sistem pertanian global. Transformasi ini tidak hanya mempengaruhi sektor teknologi informasi, tetapi juga mengubah struktur sosial ekonomi di wilayah pedesaan. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan pertanian yang selama beberapa dekade berfungsi sebagai mekanisme utama transfer pengetahuan kepada petani menghadapi tantangan baru yang berkaitan dengan kesenjangan digital (*digital divide).*

Kesenjangan digital merujuk pada ketimpangan akses, kemampuan, dan pemanfaatan teknologi digital antara kelompok sosial yang berbeda. Dalam sektor pertanian, kesenjangan ini sering terlihat dalam bentuk perbedaan akses terhadap informasi digital antara petani yang memiliki sumber daya ekonomi lebih besar dengan petani kecil di wilayah pedesaan terpencil. Ketimpangan tersebut tidak hanya mempengaruhi kemampuan petani untuk mengakses teknologi pertanian baru, tetapi juga berpotensi memperdalam kesenjangan produktivitas antara kelompok petani.

Sintesis terhadap lebih dari delapan puluh studi global mengenai digital *agriculture* menunjukkan bahwa teknologi digital memiliki potensi besar untuk meningkatkan efisiensi produksi pertanian dan mempercepat difusi inovasi, tetapi manfaat tersebut tidak selalu terdistribusi secara merata. Athey & Imbens (2023) keberhasilan implementasi teknologi digital dalam sektor pertanian sangat bergantung pada kemampuan sistem penyuluhan untuk menjembatani kesenjangan antara teknologi dan pengguna. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan pertanian tidak lagi dapat dipahami hanya sebagai mekanisme penyampaian teknologi kepada petani. Sebaliknya, penyuluhan perlu berperan sebagai infrastruktur sosial yang memungkinkan integrasi teknologi digital dengan praktik pertanian lokal.

B. Perspektif Difusi Inovasi dalam Era Digital

Analisis mengenai kesenjangan digital dalam sistem penyuluhan juga dapat dipahami melalui kerangka teori difusi inovasi yang dikembangkan oleh Rogers, (2003). Teori ini menjelaskan bahwa proses adopsi teknologi dalam masyarakat biasanya mengikuti pola tertentu, di mana sebagian kecil individu bertindak sebagai inovator dan pelopor adopsi, sementara sebagian besar masyarakat mengadopsi teknologi secara lebih lambat.

Dalam konteks pertanian digital, teori difusi inovasi memberikan wawasan penting mengenai bagaimana teknologi baru menyebar di kalangan petani. Petani yang memiliki akses lebih baik terhadap pendidikan, sumber daya ekonomi, dan jaringan sosial biasanya menjadi kelompok yang pertama mengadopsi teknologi digital. Sebaliknya, petani kecil yang memiliki keterbatasan akses terhadap sumber daya tersebut sering kali tertinggal dalam proses adopsi teknologi.

Namun, perkembangan teknologi digital juga menciptakan dinamika baru dalam proses difusi inovasi. Platform komunikasi digital memungkinkan penyebaran informasi secara lebih cepat dibandingkan dengan model komunikasi konvensional. Dalam beberapa kasus, petani dapat memperoleh informasi teknologi secara langsung melalui internet tanpa harus bergantung sepenuhnya pada sistem penyuluhan formal.

Fenomena ini menciptakan paradoks dalam sistem penyuluhan modern. Di satu sisi, teknologi digital dapat mempercepat penyebaran inovasi pertanian. Namun, di sisi lain, teknologi tersebut juga berpotensi memperluas kesenjangan digital apabila tidak diimbangi dengan strategi inklusif dalam sistem penyuluhan.

C. Bukti Empiris dari Studi Global

Sintesis terhadap berbagai studi empiris mengenai digital *agriculture* menunjukkan beberapa pola penting yang menjelaskan dinamika kesenjangan digital dalam sistem pertanian.

a. Akses Infrastruktur Digital

Banyak studi menunjukkan bahwa keterbatasan infrastruktur digital, seperti jaringan internet dan akses listrik, menjadi hambatan utama dalam pemanfaatan teknologi digital oleh petani. Di banyak negara berkembang, wilayah pedesaan masih memiliki tingkat konektivitas internet yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan wilayah perkotaan. Fabregas dkk. (2019) keterbatasan akses internet menjadi salah satu faktor utama yang menghambat implementasi layanan *advisory* berbasis digital bagi petani kecil.

b. Literasi Digital Petani

Selain infrastruktur teknologi, tingkat literasi digital petani juga menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan adopsi teknologi digital. Petani yang memiliki kemampuan menggunakan perangkat digital cenderung lebih mudah mengakses informasi pertanian melalui platform digital. Namun, banyak petani di wilayah pedesaan memiliki tingkat literasi digital yang relatif rendah. Hal ini menciptakan kebutuhan akan program penyuluhan yang tidak hanya menyampaikan teknologi pertanian, tetapi juga meningkatkan kemampuan petani dalam memanfaatkan teknologi digital.

c. Peran Lembaga Penyuluhan

Studi global juga menunjukkan bahwa lembaga penyuluhan memainkan peran penting dalam menjembatani kesenjangan digital antara teknologi dan petani. Penyuluh dapat membantu petani memahami informasi yang diperoleh dari platform digital serta memberikan pendampingan dalam penerapan teknologi tersebut di lapangan. Birner, (2021) integrasi antara teknologi digital dan sistem penyuluhan konvensional dapat meningkatkan efektivitas layanan *advisory* bagi petani kecil.

D. Model Integrasi Sistem Penyuluhan Hibrid

Berdasarkan sintesis berbagai studi global, muncul konsensus bahwa pendekatan yang paling efektif untuk mengatasi kesenjangan digital dalam sektor pertanian adalah melalui pengembangan sistem penyuluhan hibrid**.** Sistem ini menggabungkan keunggulan teknologi digital dengan metode penyuluhan konvensional berbasis interaksi langsung antara penyuluh dan petani. Dalam model ini, teknologi digital digunakan untuk memperluas akses petani terhadap informasi pertanian, sementara penyuluh berfungsi sebagai fasilitator yang membantu petani memahami dan menerapkan informasi tersebut dalam praktik pertanian. Pendekatan ini memungkinkan sistem penyuluhan untuk menjangkau lebih banyak petani tanpa menghilangkan peran penting interaksi sosial dalam proses pembelajaran pertanian.

E. Implikasi Konseptual bagi Paradigma Penyuluhan

Sintesis terhadap temuan-temuan global mengenai kesenjangan digital menunjukkan bahwa sistem penyuluhan pertanian perlu mengalami transformasi paradigma. Penyuluhan tidak lagi dapat dipahami sebagai mekanisme transfer teknologi yang bersifat linear dari peneliti kepada petani. Sebaliknya, penyuluhan perlu diposisikan sebagai ekosistem pengetahuan yang menghubungkan berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian**.**

Dalam paradigma baru ini, penyuluh tidak hanya berfungsi sebagai penyampai teknologi, tetapi juga sebagai fasilitator pembelajaran kolektif yang membantu petani mengintegrasikan berbagai sumber pengetahuan, termasuk pengetahuan ilmiah dan

pengetahuan lokal. Transformasi ini mencerminkan pergeseran yang lebih luas dalam cara masyarakat memahami hubungan antara teknologi dan pembangunan. Teknologi digital tidak lagi dipandang sebagai solusi teknis yang berdiri sendiri, tetapi sebagai bagian dari sistem sosial yang lebih kompleks yang melibatkan interaksi antara teknologi, institusi, dan komunitas.

F. Menuju Kedaulatan Pangan Digital

Salah satu implikasi paling penting dari transformasi digital dalam sektor pertanian adalah munculnya konsep kedaulatan pangan digital**.** Konsep ini merujuk pada kemampuan masyarakat untuk mengendalikan sistem produksi dan distribusi pengetahuan pertanian dalam era digital. Kedaulatan pangan digital tidak hanya berkaitan dengan akses terhadap teknologi, tetapi juga dengan kemampuan masyarakat pedesaan untuk memanfaatkan teknologi tersebut dalam memperkuat sistem produksi pangan yang berkelanjutan. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan memiliki peran strategis dalam memastikan bahwa transformasi digital dalam sektor pertanian tidak hanya menguntungkan aktor ekonomi besar, tetapi juga memperkuat kapasitas petani kecil sebagai produsen pangan utama.

Rekonstruksi Teoretis: Kontribusi terhadap *Human Capital Theory* dan *Institutional Theory*

A. Penyuluhan dalam Perspektif Teori Modal Manusia

Dalam literatur pembangunan ekonomi, *Human Capital Theory* telah lama menjadi kerangka konseptual penting untuk menjelaskan bagaimana investasi dalam pendidikan, pelatihan, dan peningkatan keterampilan dapat meningkatkan produktivitas individu dan pertumbuhan ekonomi secara keseluruhan. Teori ini pertama kali diformulasikan secara sistematis oleh Becker, (1964) dan Schultz, (1964) yang menekankan bahwa kemampuan manusia merupakan bentuk modal yang dapat meningkatkan kapasitas produksi dan kesejahteraan masyarakat.

Dalam konteks pertanian, sistem penyuluhan secara historis dipandang sebagai mekanisme penting untuk meningkatkan kualitas modal manusia petani melalui transfer pengetahuan dan teknologi. Program penyuluhan menyediakan akses terhadap informasi teknis mengenai praktik budidaya, pengelolaan sumber daya alam, serta inovasi agronomi yang dapat meningkatkan produktivitas pertanian. Namun, pendekatan penyuluhan konvensional sering kali memandang proses peningkatan kapasitas petani sebagai proses transfer pengetahuan yang bersifat satu arah dari peneliti kepada petani. Dalam model ini, penyuluh berperan sebagai perantara yang menyampaikan teknologi kepada petani dengan asumsi bahwa adopsi teknologi akan terjadi secara otomatis apabila informasi tersebut tersedia.

Sintesis literatur global mengenai sistem penyuluhan digital menunjukkan bahwa pendekatan ini memiliki keterbatasan dalam menjelaskan dinamika pembelajaran petani dalam era transformasi digital. Pengetahuan pertanian tidak lagi hanya berasal dari lembaga penelitian atau sistem penyuluhan formal, tetapi juga dari berbagai sumber informasi digital yang dapat diakses oleh petani secara langsung. Transformasi ini menuntut rekonstruksi konsep modal manusia dalam sistem penyuluhan. Modal manusia petani tidak lagi hanya mencakup pengetahuan teknis mengenai praktik pertanian, tetapi juga kemampuan untuk mengakses, mengevaluasi, dan memanfaatkan informasi digital dalam pengambilan keputusan usaha tani.

B. Modal Manusia dalam Era Pertanian Digital

Perkembangan teknologi digital telah menciptakan dimensi baru dalam konsep modal manusia dalam sektor pertanian. Dalam konteks ini, kemampuan petani untuk memanfaatkan teknologi digital menjadi faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan adopsi inovasi pertanian. Literatur mengenai digital *agriculture* menunjukkan bahwa petani yang memiliki tingkat literasi digital yang lebih tinggi cenderung lebih mampu memanfaatkan berbagai sumber informasi digital dalam kegiatan produksi pertanian. Kemampuan ini memungkinkan petani untuk mengakses informasi mengenai prakiraan cuaca, harga pasar, serta teknik budidaya secara lebih cepat dibandingkan dengan model penyuluhan konvensional. Namun, kemampuan memanfaatkan teknologi digital tidak

berkembang secara otomatis. Banyak petani di wilayah pedesaan masih menghadapi berbagai hambatan dalam penggunaan teknologi digital, termasuk keterbatasan akses terhadap perangkat teknologi dan rendahnya tingkat literasi digital.

Dalam konteks ini, sistem penyuluhan memiliki peran strategis dalam memperluas konsep modal manusia dengan mengintegrasikan literasi digital sebagai bagian dari kapasitas petani**.** Penyuluhan tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan keterampilan teknis petani, tetapi juga untuk memperkuat kemampuan mereka dalam memanfaatkan teknologi informasi dalam kegiatan produksi pertanian. Pendekatan ini memperluas kerangka *Human Capital Theory* dengan menempatkan kapabilitas digital sebagai komponen penting dalam pengembangan kapasitas petani.

C. Kelembagaan Penyuluhan dalam Perspektif *Institutional Theory*

Selain memberikan kontribusi terhadap teori modal manusia, sintesis penelitian juga memiliki implikasi penting bagi pengembangan *Institutional Theory* dalam studi pembangunan pertanian. *Institutional Theory* menekankan bahwa perilaku ekonomi dan sosial tidak hanya ditentukan oleh faktor individu, tetapi juga oleh struktur kelembagaan yang mengatur interaksi antara berbagai aktor dalam masyarakat. Dalam sektor pertanian, lembaga penyuluhan merupakan salah satu institusi penting yang membentuk dinamika sistem inovasi pertanian. Lembaga ini berfungsi sebagai penghubung antara lembaga penelitian, pemerintah, sektor swasta, dan petani dalam proses difusi teknologi pertanian.

Birner dkk. (2009) sistem penyuluhan yang efektif biasanya memiliki karakteristik kelembagaan yang pluralistik, di mana berbagai aktor dapat berkontribusi dalam penyediaan layanan *advisory* bagi petani. Pendekatan ini men-cerminkan perubahan dari model penyuluhan yang sepenuhnya dikendalikan oleh pemerintah menuju sistem yang lebih terbuka dan kolaboratif. Transformasi digital dalam sektor pertanian semakin memperkuat pentingnya perspektif kelembagaan dalam me-mahami dinamika sistem penyuluhan. Teknologi digital memungkinkan munculnya berbagai aktor baru dalam ekosistem penyuluhan, termasuk perusahaan *agritech,* platform digital, serta komunitas online petani. Dalam konteks ini, sistem penyuluhan tidak lagi dapat dipahami sebagai organisasi tunggal, tetapi sebagai ekosistem kelembagaan yang melibatkan berbagai aktor dalam produksi dan distribusi pengetahuan pertanian**.**

D. Rekonstruksi Kelembagaan Penyuluhan dalam Era Digital

Sintesis terhadap berbagai studi global menunjukkan bahwa keberhasilan transformasi digital dalam sistem penyuluhan sangat bergantung pada kemampuan lembaga penyuluhan untuk beradaptasi dengan perubahan struktur kelembagaan dalam sektor pertanian. Beberapa perubahan penting yang muncul dalam sistem penyuluhan modern antara lain:

a. Pluralisasi Penyedia Layanan Penyuluhan
   Layanan penyuluhan tidak lagi hanya disediakan oleh pemerintah, tetapi juga oleh berbagai aktor lain seperti perusahaan *agritech* dan organisasi non-pemerintah.
b. Integrasi Platform Digital
   Platform digital menjadi infrastruktur penting dalam distribusi informasi pertanian kepada petani.
c. Kolaborasi Multi-Aktor
   Sistem penyuluhan modern melibatkan kolaborasi antara berbagai institusi dalam sistem inovasi pertanian.

Perubahan ini menunjukkan bahwa sistem penyuluhan perlu bertransformasi dari organisasi birokratis menjadi platform kolaboratif yang menghubungkan berbagai aktor dalam ekosistem pertanian

E. Kontribusi Teoretis terhadap Literatur Global

Buku ini memberikan beberapa kontribusi penting terhadap pengembangan teori dalam studi penyuluhan dan pembangunan pertanian.

a. Pertama, buku ini memperluas *Human Capital Theory* dengan memasukkan dimensi kapabilitas digital petani sebagai komponen penting dalam pembangunan kapasitas manusia dalam sektor pertanian.

b. Kedua, buku ini memberikan kontribusi terhadap *Institutional Theory* dengan menunjukkan bahwa sistem penyuluhan modern berfungsi sebagai ekosistem kelembagaan yang menghubungkan berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian**.**

c. Ketiga, buku ini menunjukkan bahwa keberhasilan transformasi digital dalam sektor pertanian tidak hanya bergantung pada teknologi, tetapi juga pada struktur kelembagaan yang mengatur interaksi antara berbagai aktor dalam sistem penyuluhan.

Diskusi Kebaruan (*Novelty*): Hierarki Indikator Keberhasilan Penyuluhan

A. Keterbatasan Pendekatan Evaluasi Penyuluhan Tradisional

Dalam literatur pembangunan pertanian, evaluasi keberhasilan program penyuluhan selama beberapa dekade umumnya berfokus pada indikator yang bersifat kuantitatif dan administratif. Indikator yang sering digunakan meliputi jumlah kegiatan penyuluhan yang dilaksanakan, jumlah petani yang mengikuti pelatihan, atau jumlah teknologi yang diperkenalkan kepada petani. Meskipun indikator tersebut memberikan gambaran mengenai intensitas aktivitas program, pendekatan ini sering kali tidak mampu menjelaskan dampak substantif penyuluhan terhadap perubahan perilaku petani maupun transformasi sistem produksi pertanian.

Kritik terhadap pendekatan evaluasi konvensional ini telah lama muncul dalam literatur penyuluhan pertanian. Banyak studi menunjukkan bahwa keberhasilan penyuluhan tidak dapat diukur hanya melalui indikator *output* program, tetapi harus mempertimbangkan perubahan dalam proses pembelajaran petani, dinamika jaringan sosial, serta kapasitas adaptif sistem pertanian. Dengan kata lain, keberhasilan penyuluhan merupakan fenomena yang bersifat multidimensional dan tidak dapat direduksi menjadi satu indikator tunggal.

Dalam konteks transformasi digital sektor pertanian, keterbatasan pendekatan evaluasi tradisional menjadi semakin jelas. Sistem penyuluhan modern tidak hanya melibatkan interaksi antara penyuluh dan petani, tetapi juga melibatkan berbagai platform digital, jaringan informasi, serta aktor institusional yang lebih luas. Oleh karena itu, evaluasi keberhasilan penyuluhan perlu dikembangkan melalui kerangka konseptual yang mampu menangkap kompleksitas tersebut.

B. Sintesis Literatur dan Munculnya Konsep Hierarki Indikator

Systematic Literature Review yang menjadi dasar penelitian untuk menganalisis puluhan studi internasional mengenai sistem penyuluhan digital dan inovasi pertanian. Sintesis terhadap literatur tersebut menunjukkan bahwa indikator keberhasilan penyuluhan dapat dikelompokkan ke dalam beberapa tingkat analisis yang saling berkaitan. Temuan ini mengarah pada formulasi konsep hierarki indikator keberhasilan penyuluhan, yaitu kerangka evaluasi yang memandang keberhasilan penyuluhan sebagai proses bertingkat yang melibatkan berbagai dimensi perubahan sosial dan ekonomi. Hierarki ini terdiri dari beberapa level utama:

a. Indikator akses informasi
b. Indikator perubahan perilaku petani
c. Indikator peningkatan produktivitas
d. Indikator transformasi sistem pertanian

Pendekatan ini menunjukkan bahwa keberhasilan penyuluhan tidak terjadi secara instan, tetapi berkembang melalui tahapan perubahan yang saling terkait.

C. Level Pertama: Akses terhadap Informasi dan Pengetahuan

Level pertama dalam hierarki indikator keberhasilan berkaitan dengan kemampuan petani untuk mengakses informasi pertanian yang relevan. Dalam sistem penyuluhan konvensional, akses informasi biasanya terbatas pada interaksi langsung antara penyuluh dan petani melalui kegiatan pelatihan atau pertemuan kelompok tani. Namun, perkembangan teknologi digital telah memperluas akses petani terhadap berbagai sumber informasi. Petani kini dapat memperoleh informasi mengenai teknik budidaya, kondisi cuaca, serta harga pasar melalui berbagai platform digital seperti aplikasi pertanian, layanan pesan singkat, maupun media sosial. Indikator pada level ini mencakup:

a. Tingkat akses petani terhadap layanan informasi pertanian
b. Frekuensi penggunaan platform digital pertanian

c. Keterlibatan petani dalam jaringan komunikasi pertanian

Keberhasilan pada level ini menunjukkan bahwa sistem penyuluhan berhasil memperluas akses petani terhadap pengetahuan pertanian.

D. Level Kedua: Perubahan Perilaku dan Proses Pembelajaran

Level kedua dalam hierarki indikator keberhasilan berkaitan dengan perubahan perilaku petani dalam pengelolaan usaha tani. Akses terhadap informasi tidak secara otomatis menghasilkan perubahan praktik pertanian. Petani perlu melalui proses pembelajaran yang melibatkan eksperimen, refleksi, serta interaksi sosial dengan petani lain. Dalam konteks ini, penyuluhan berfungsi sebagai fasilitator proses pembelajaran kolektif yang memungkinkan petani menginterpretasikan informasi yang mereka terima dan menyesuaikannya dengan kondisi lokal.

Indikator pada level ini meliputi:

a. Tingkat adopsi teknologi pertanian
b. Perubahan praktik budidaya
c. Peningkatan kemampuan petani dalam pengambilan keputusan usaha tani

Perubahan pada level ini menunjukkan bahwa sistem penyuluhan tidak hanya menyampaikan informasi, tetapi juga berhasil memfasilitasi proses pembelajaran petani.

E. Level Ketiga: Peningkatan Produktivitas dan Kesejahteraan

Level berikutnya dalam hierarki indikator keberhasilan berkaitan dengan dampak ekonomi dari perubahan perilaku petani. Apabila petani berhasil mengadopsi teknologi pertanian yang lebih efisien, maka diharapkan terjadi peningkatan produktivitas dan pendapatan usaha tani.

Indikator pada level ini meliputi:

a. Peningkatan hasil produksi pertanian
b. Efisiensi penggunaan input produksi
c. Peningkatan pendapatan petani

Namun, peningkatan produktivitas tidak selalu terjadi secara langsung setelah adopsi teknologi. Banyak faktor eksternal, seperti kondisi iklim dan dinamika pasar, yang dapat mempengaruhi hasil produksi petani.

F. Level Keempat: Transformasi Sistem Pertanian

Level tertinggi dalam hierarki indikator keberhasilan berkaitan dengan transformasi sistem pertanian secara lebih luas. Pada tahap ini, penyuluhan tidak hanya menghasilkan perubahan pada tingkat individu petani, tetapi juga berkontribusi pada perubahan dalam struktur ekonomi dan sosial di wilayah pedesaan. Transformasi ini dapat terlihat dalam berbagai bentuk, seperti:

a. Penguatan jaringan inovasi pertanian
b. Peningkatan kolaborasi antara petani, peneliti, dan sektor swasta
c. Pengembangan sistem pertanian yang lebih berkelanjutan

Level ini menunjukkan bahwa penyuluhan memiliki peran strategis dalam membentuk dinamika pembangunan pedesaan.

G. Perbandingan dengan Literatur Sebelumnya

Konsep hierarki indikator keberhasilan yang dikembangkan dalam buku ini memberikan kontribusi penting terhadap literatur penyuluhan pertanian. Sebelumnya, banyak studi mengevaluasi keberhasilan penyuluhan melalui indikator tunggal, seperti tingkat adopsi teknologi atau peningkatan produktivitas. Namun, keberhasilan penyuluhan merupakan proses yang lebih kompleks dan melibatkan berbagai dimensi perubahan sosial dan ekonomi. Ragasa dkk. (2021) sistem penyuluhan yang efektif biasanya memiliki dampak yang melampaui peningkatan produktivitas, termasuk penguatan jaringan sosial petani dan peningkatan kapasitas inovasi di tingkat komunitas. Konsep hierarki indikator keberhasilan memperluas perspektif ini dengan memberikan kerangka analisis yang lebih sistematis untuk memahami hubungan antara berbagai dimensi keberhasilan penyuluhan.

H. Implikasi Metodologis

Pengembangan konsep hierarki indikator keberhasilan juga memiliki implikasi metodologis bagi penelitian dan evaluasi program penyuluhan. Pendekatan ini mendorong penggunaan

metode evaluasi yang lebih komprehensif, yang tidak hanya mengukur *output* program, tetapi juga memantau perubahan perilaku dan dinamika sosial dalam komunitas petani.

Selain itu, pendekatan ini juga menekankan pentingnya penggunaan data longitudinal dalam evaluasi program penyuluhan. Perubahan dalam sistem pertanian sering terjadi secara bertahap dalam jangka waktu yang panjang, sehingga evaluasi program perlu mempertimbangkan dinamika perubahan tersebut.

I. Signifikansi Konseptual bagi Paradigma Penyuluhan

Secara konseptual, hierarki indikator keberhasilan mencerminkan perubahan paradigma dalam cara kita memahami fungsi penyuluhan dalam pembangunan pertanian. Penyuluhan tidak lagi dipandang hanya sebagai mekanisme penyampaian teknologi, tetapi sebagai proses sosial yang memfasilitasi transformasi sistem pengetahuan dan praktik pertanian. Dengan demikian, evaluasi keberhasilan penyuluhan perlu mempertimbangkan berbagai dimensi perubahan yang terjadi dalam sistem pertanian, mulai dari akses informasi hingga transformasi institusional di tingkat komunitas.

Paradigma Baru: Penyuluhan sebagai Ekosistem Pengetahuan Inklusif

A. Keterbatasan Model Transfer Teknologi Linier

Selama lebih dari setengah abad, sistem penyuluhan pertanian di banyak negara berkembang didasarkan pada paradigma transfer teknologi linier. Dalam model ini, inovasi pertanian diasumsikan berasal dari lembaga penelitian, kemudian disampaikan kepada petani melalui sistem penyuluhan. Penyuluh berfungsi sebagai perantara yang menjembatani proses difusi teknologi dari laboratorium menuju praktik pertanian di tingkat lapangan. Model ini memainkan peran penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian pada era Revolusi Hijau. Melalui penyebaran varietas unggul, penggunaan pupuk kimia, serta teknik budidaya modern, sistem penyuluhan berkontribusi pada peningkatan produksi pangan di berbagai negara berkembang. Namun, keberhasilan model tersebut juga diikuti oleh berbagai kritik, terutama terkait dengan keterbatasannya dalam menghadapi kompleksitas sistem pertanian modern.

Salah satu kritik utama terhadap paradigma transfer teknologi linier adalah asumsi bahwa pengetahuan pertanian selalu berasal dari lembaga penelitian formal. Dalam kenyataannya, petani sering kali memiliki pengetahuan lokal yang sangat penting dalam pengelolaan sistem pertanian. Pengetahuan ini mencakup pemahaman mengenai kondisi agroekologi lokal, praktik budidaya tradisional, serta strategi adaptasi terhadap perubahan lingkungan.

Selain itu, perkembangan teknologi digital telah mengubah cara pengetahuan diproduksi dan disebarkan dalam masyarakat. Informasi pertanian tidak lagi hanya berasal dari lembaga penelitian atau penyuluhan formal, tetapi juga dari berbagai sumber lain seperti komunitas petani, perusahaan *agritech*, serta platform digital yang menyediakan layanan advisory bagi petani. Perubahan ini menunjukkan bahwa sistem penyuluhan tidak lagi dapat dipahami sebagai mekanisme transfer teknologi satu arah. Sebaliknya, penyuluhan perlu diposisikan sebagai bagian dari ekosistem pengetahuan yang lebih luas, di mana berbagai aktor berkontribusi dalam produksi dan distribusi pengetahuan pertanian.

B. Konsep Ekosistem Pengetahuan dalam Sistem Inovasi Pertanian

Konsep ekosistem pengetahuan berakar pada literatur mengenai sistem inovasi yang menekankan pentingnya interaksi antara berbagai aktor dalam proses produksi pengetahuan. Dalam konteks pertanian, ekosistem pengetahuan mencakup jaringan aktor yang terlibat dalam pengembangan dan penyebaran inovasi pertanian, termasuk petani, peneliti, penyuluh, perusahaan swasta, serta organisasi masyarakat sipil. Pendekatan ini berbeda secara fundamental dari paradigma transfer teknologi linier. Dalam model ekosistem pengetahuan, inovasi tidak lagi dipandang sebagai produk yang dihasilkan oleh satu institusi, tetapi sebagai hasil interaksi antara berbagai aktor yang memiliki pengetahuan dan pengalaman yang berbeda.

Petani tidak lagi diposisikan sebagai penerima pasif teknologi, tetapi sebagai aktor aktif dalam proses inovasi pertanian. Mereka berkontribusi melalui pengalaman praktis, eksperimen lokal, serta pertukaran pengetahuan dengan petani lain dalam komunitas

mereka. Penyuluh dalam paradigma ini berfungsi sebagai fasilitator jaringan pengetahuan, yang membantu menghubungkan berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Peran ini melibatkan kemampuan untuk memediasi interaksi antara peneliti, petani, dan aktor lain dalam ekosistem pertanian.

C. Inklusivitas sebagai Prinsip Utama Sistem Penyuluhan

Salah satu prinsip utama dalam paradigma ekosistem pengetahuan adalah inklusivitas. Sistem penyuluhan harus mampu menjangkau berbagai kelompok petani dengan latar belakang sosial, ekonomi, dan geografis yang berbeda. Dalam banyak konteks pedesaan, akses terhadap layanan penyuluhan sering kali tidak merata. Petani kecil, perempuan, serta kelompok masyarakat marginal sering menghadapi keterbatasan dalam mengakses informasi pertanian yang relevan. Pendekatan penyuluhan berbasis ekosistem pengetahuan menekankan pentingnya menciptakan sistem yang lebih inklusif dengan memanfaatkan berbagai saluran komunikasi dan teknologi. Teknologi digital dapat memainkan peran penting dalam memperluas akses terhadap informasi pertanian bagi kelompok petani yang sebelumnya kurang terjangkau oleh sistem penyuluhan konvensional. Namun, inklusivitas tidak hanya berkaitan dengan akses terhadap teknologi. Sistem penyuluhan juga perlu mempertimbangkan berbagai faktor sosial dan budaya yang mempengaruhi partisipasi petani dalam proses pembelajaran pertanian.

D. Integrasi Teknologi Digital dalam Ekosistem Pengetahuan

Perkembangan teknologi digital telah menciptakan peluang baru dalam pengembangan sistem penyuluhan berbasis ekosistem pengetahuan. Platform digital memungkinkan petani untuk berbagi pengalaman, mengakses informasi pertanian, serta berinteraksi dengan berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Sebagai contoh, banyak petani kini menggunakan media sosial atau aplikasi pertanian untuk berbagi informasi mengenai praktik budidaya atau kondisi pasar. Platform digital ini menciptakan ruang baru bagi pertukaran pengetahuan yang melampaui batas geografis komunitas petani tradisional. Namun, integrasi teknologi digital dalam sistem penyuluhan juga memerlukan pendekatan yang hati-hati. Tanpa strategi yang tepat, teknologi digital dapat memperdalam kesenjangan informasi antara petani yang memiliki akses terhadap teknologi dengan mereka yang tidak. Dalam konteks ini, penyuluh memiliki peran penting sebagai mediator digital, yang membantu petani memanfaatkan teknologi informasi secara efektif dalam kegiatan produksi pertanian.

E. Penyuluhan sebagai Infrastruktur Pengetahuan

Paradigma ekosistem pengetahuan juga mengubah cara kita memahami peran penyuluhan dalam sistem pertanian. Penyuluhan tidak lagi hanya berfungsi sebagai layanan publik yang menyediakan informasi kepada petani, tetapi sebagai infrastruktur pengetahuan yang mendukung proses pembelajaran kolektif dalam masyarakat pedesaan. Sebagai infrastruktur pengetahuan, sistem penyuluhan menyediakan berbagai mekanisme yang memungkinkan pertukaran pengetahuan antara berbagai aktor dalam sistem pertanian. Mekanisme tersebut dapat mencakup kegiatan pelatihan, platform digital, komunitas praktik petani, serta jaringan kolaborasi antara lembaga penelitian dan masyarakat pedesaan. Pendekatan ini menempatkan penyuluhan sebagai komponen penting dalam pembangunan kapasitas inovasi di tingkat lokal. Dengan memperkuat jaringan pengetahuan di komunitas pedesaan, sistem penyuluhan dapat meningkatkan kemampuan masyarakat untuk menghadapi berbagai tantangan dalam sektor pertanian, termasuk perubahan iklim dan dinamika pasar global.

F. Implikasi Paradigma bagi Kebijakan Pembangunan Pertanian

Perubahan paradigma menuju penyuluhan sebagai ekosistem pengetahuan inklusif memiliki implikasi penting bagi kebijakan pembangunan pertanian. Pemerintah dan lembaga pembangunan perlu mengembangkan kebijakan yang mendukung kolaborasi antara berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Beberapa langkah kebijakan yang dapat dilakukan antara lain:

a. Memperkuat kapasitas penyuluh sebagai fasilitator jaringan inovasi
b. Mengembangkan platform digital yang mendukung pertukaran pengetahuan pertanian
c. Mendorong kolaborasi antara lembaga penelitian, sektor swasta, dan komunitas petani

d. Memastikan bahwa sistem penyuluhan menjangkau kelompok petani yang paling rentan

Melalui kebijakan yang mendukung kolaborasi dan inklusivitas, sistem penyuluhan dapat berfungsi sebagai mekanisme yang memperkuat kapasitas inovasi dalam sektor pertanian.

G. Signifikansi Filosofis: Pengetahuan sebagai *Commons*

Paradigma penyuluhan sebagai ekosistem pengetahuan juga memiliki implikasi filosofis yang penting. Dalam paradigma ini, pengetahuan pertanian dipandang sebagai commons, yaitu sumber daya bersama yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat untuk meningkatkan kesejahteraan kolektif. Pendekatan ini menekankan bahwa pembangunan pertanian tidak hanya berkaitan dengan peningkatan produktivitas ekonomi, tetapi juga dengan penguatan kapasitas masyarakat untuk mengelola pengetahuan secara kolektif. Dengan demikian, penyuluhan tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme teknis dalam sistem pertanian, tetapi juga sebagai institusi sosial yang mendukung pembentukan masyarakat pengetahuan di wilayah pedesaan.

Pergeseran Ontologis dari Penyuluhan sebagai Proyek menuju Penyuluhan sebagai Investasi Sosial

A. Krisis Paradigma Penyuluhan dalam Era Disrupsi

Transformasi digital dalam sektor pertanian telah memicu perubahan mendasar dalam cara masyarakat memahami peran pengetahuan dalam pembangunan pedesaan. Perubahan ini tidak hanya berkaitan dengan munculnya teknologi baru, tetapi juga menyangkut perubahan epistemologis dan ontologis mengenai bagaimana sistem pertanian berfungsi dalam masyarakat modern. Selama beberapa dekade, sistem penyuluhan pertanian sering diposisikan sebagai program pembangunan yang bersifat proyek. Dalam paradigma ini, penyuluhan dipandang sebagai intervensi kebijakan yang dirancang untuk mencapai tujuan tertentu dalam jangka waktu yang terbatas. Program penyuluhan biasanya diukur melalui indikator kinerja administratif seperti jumlah pelatihan yang dilaksanakan, jumlah petani yang dilatih, atau jumlah teknologi yang disebarkan kepada masyarakat.

Pendekatan ini mencerminkan paradigma pembangunan yang menekankan efisiensi program dan akuntabilitas administratif. Namun, pendekatan tersebut memiliki keterbatasan dalam menjelaskan peran penyuluhan sebagai institusi sosial yang membentuk dinamika pengetahuan dalam masyarakat pedesaan. Sintesis dalam buku ini menunjukkan bahwa sistem penyuluhan tidak dapat direduksi menjadi sekadar program proyek pembangunan. Penyuluhan berfungsi sebagai mekanisme sosial yang memungkinkan produksi, distribusi, dan reproduksi pengetahuan dalam sistem pertanian. Dengan kata lain, penyuluhan merupakan bagian integral dari infrastruktur pengetahuan yang menopang keberlanjutan sistem pangan.

B. Penyuluhan sebagai Investasi dalam Modal Sosial dan Pengetahuan

Dalam kerangka pembangunan yang lebih luas, penyuluhan dapat dipahami sebagai bentuk investasi sosial jangka panjang. Investasi ini tidak hanya menghasilkan manfaat ekonomi melalui peningkatan produktivitas pertanian, tetapi juga memperkuat kapasitas masyarakat pedesaan dalam menghadapi berbagai tantangan sosial dan lingkungan.

Penyuluhan berkontribusi pada pembangunan modal manusia melalui peningkatan pengetahuan dan keterampilan petani. Selain itu, penyuluhan juga memperkuat modal sosial dengan membangun jaringan kolaborasi antara petani, penyuluh, peneliti, dan berbagai aktor lain dalam sistem inovasi pertanian.

Investasi dalam penyuluhan memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan investasi fisik dalam sektor pertanian. Infrastruktur fisik seperti irigasi atau jalan pertanian dapat meningkatkan produktivitas dalam jangka pendek, tetapi manfaatnya sering kali terbatas pada fungsi teknis tertentu. Sebaliknya, investasi dalam penyuluhan menghasilkan kapasitas adaptif masyarakat yang memungkinkan mereka menghadapi perubahan lingkungan dan dinamika pasar secara lebih efektif. Dalam konteks perubahan iklim dan ketidakpastian ekonomi global, kapasitas adaptif ini menjadi faktor yang semakin penting dalam menjaga ketahanan sistem pangan.

C. Penyuluhan dalam Perspektif Ketahanan dan Transformasi Sistem Pangan

Sistem pangan global saat ini menghadapi berbagai tantangan struktural, termasuk perubahan iklim, degradasi sumber daya alam, serta volatilitas pasar pangan internasional. Tantangan-tantangan tersebut menuntut transformasi sistem pertanian menuju model produksi yang lebih berkelanjutan dan adaptif. Dalam proses transformasi tersebut, sistem penyuluhan memiliki peran strategis sebagai platform pembelajaran kolektif yang memungkinkan masyarakat pedesaan mengembangkan solusi inovatif terhadap berbagai tantangan produksi pangan. Penyuluhan memungkinkan pertukaran pengetahuan antara petani, peneliti, dan berbagai aktor lain dalam sistem pertanian. Melalui interaksi tersebut, masyarakat pedesaan dapat mengembangkan praktik pertanian yang lebih sesuai dengan kondisi lokal sekaligus responsif terhadap perubahan global. Dengan demikian, penyuluhan tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme difusi teknologi, tetapi juga sebagai arena sosial tempat inovasi pertanian berkembang.

D. Dimensi Digital dalam Transformasi Penyuluhan

Era digital telah memperluas cakupan sistem penyuluhan melalui pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi. Platform digital memungkinkan distribusi informasi pertanian kepada jutaan petani dalam waktu yang relatif singkat. Teknologi ini membuka peluang bagi pengembangan sistem *advisory* yang lebih responsif terhadap kebutuhan petani. Namun, transformasi digital juga menimbulkan pertanyaan penting mengenai kedaulatan pengetahuan pertanian. Banyak platform digital pertanian dikembangkan oleh perusahaan teknologi global yang memiliki kepentingan ekonomi tertentu. Tanpa kerangka kebijakan yang tepat, transformasi digital dapat menciptakan ketergantungan baru bagi petani terhadap sistem informasi yang dikendalikan oleh aktor eksternal.

Dalam konteks ini, konsep kedaulatan pangan digital menjadi semakin relevan. Kedaulatan pangan digital merujuk pada kemampuan masyarakat dan negara untuk mengendalikan infrastruktur pengetahuan dan teknologi yang mendukung sistem produksi pangan. Sistem penyuluhan publik memiliki peran penting dalam menjaga kedaulatan tersebut dengan memastikan bahwa informasi pertanian tetap menjadi barang publik yang dapat diakses secara adil oleh seluruh petani.

E. Menuju Sistem Penyuluhan Berbasis Ekosistem Pengetahuan

F. Sintesis temuan dalam buku ini menunjukkan bahwa masa depan sistem penyuluhan terletak pada pengembangan ekosistem pengetahuan yang inklusif dan kolaboratif. Dalam model ini, penyuluhan tidak lagi berfungsi sebagai lembaga tunggal yang menyampaikan teknologi kepada petani, tetapi sebagai platform yang menghubungkan berbagai aktor dalam sistem inovasi pertanian. Ekosistem pengetahuan tersebut mencakup:

a. Lembaga penelitian pertanian
b. Organisasi penyuluhan
c. Perusahaan *agritech*
d. Komunitas petani
e. Lembaga pendidikan dan pelatihan

Kolaborasi antara aktor-aktor tersebut memungkinkan pengembangan sistem pertanian yang lebih inovatif dan adaptif terhadap perubahan lingkungan. Dalam kerangka ini, penyuluh memainkan peran penting sebagai broker pengetahuan, yaitu aktor yang memfasilitasi pertukaran pengetahuan antara berbagai pihak dalam ekosistem pertanian.

G. Argumen Normatif: Penyuluhan sebagai Fondasi Kedaulatan Pangan

Pergeseran paradigma dari penyuluhan sebagai proyek menuju penyuluhan sebagai investasi sosial memiliki implikasi normatif yang penting bagi kebijakan pembangunan pertanian. Investasi dalam penyuluhan tidak hanya berkaitan dengan peningkatan efisiensi ekonomi, tetapi juga dengan perlindungan hak masyarakat terhadap sistem pangan yang berkelanjutan. Dalam banyak negara berkembang, petani kecil merupakan produsen utama pangan nasional. Keberlanjutan sistem pangan nasional sangat bergantung pada kapasitas mereka untuk mengelola sistem produksi pertanian secara berkelanjutan.

Penyuluhan yang efektif dapat memperkuat kapasitas tersebut dengan menyediakan akses terhadap pengetahuan, teknologi, dan jaringan kolaborasi yang diperlukan dalam kegiatan produksi pertanian. Dengan demikian, investasi dalam sistem penyuluhan dapat

dipahami sebagai bagian dari strategi nasional untuk memperkuat kedaulatan pangan dalam era digital.

H. Sintesis Filosofis: Penyuluhan sebagai Infrastruktur Peradaban Agraria

Pada akhirnya, rekonstruksi paradigma penyuluhan yang diusulkan dalam buku ini mengarah pada pemahaman yang lebih luas mengenai peran pengetahuan dalam pembangunan masyarakat. Penyuluhan tidak hanya berkaitan dengan peningkatan produktivitas pertanian, tetapi juga dengan pembentukan masyarakat pengetahuan di wilayah pedesaan. Dalam perspektif ini, penyuluhan dapat dipahami sebagai infrastruktur peradaban agraria, yaitu sistem sosial yang memungkinkan masyarakat pedesaan mengembangkan pengetahuan kolektif mengenai pengelolaan sumber daya alam dan produksi pangan. Sebagai infrastruktur pengetahuan, penyuluhan berfungsi menjaga kesinambungan antara tradisi agraria yang telah berkembang selama berabad-abad dengan inovasi teknologi yang muncul dalam era modern. Dengan demikian, masa depan sistem penyuluhan tidak hanya ditentukan oleh perkembangan teknologi digital, tetapi juga oleh kemampuan masyarakat untuk mengintegrasikan teknologi tersebut dalam kerangka nilai dan pengetahuan lokal.

➢ Evaluasi Kritis Kinerja Metode: Dominasi Empiris Model Hibrid

Dialektika Metode: Kegagalan Sistemik Pendekatan *Digital-Only vs Traditional-Only*

Transformasi digital dalam kebijakan pembangunan selama dua dekade terakhir memicu optimisme besar terhadap kemampuan teknologi untuk mempercepat pencapaian tujuan pembangunan. Lembaga internasional seperti World Bank, OECD, dan UNDP mempromosikan digitalisasi layanan publik sebagai instrumen untuk meningkatkan efisiensi birokrasi, transparansi, serta jangkauan layanan sosial (World, 2022;). Dalam konteks tersebut, muncul paradigma *digital-first governance,* yaitu pendekatan kebijakan yang memprioritaskan penggunaan teknologi digital sebagai sarana utama penyampaian layanan publik.

Namun, literatur kebijakan pembangunan terbaru menunjukkan bahwa pendekatan digital murni *(digital-only*) tidak selalu menghasilkan dampak yang diharapkan. Sebaliknya, berbagai program digital mengalami kegagalan implementasi karena tidak mempertimbangkan dimensi sosial, budaya, dan institusional yang kompleks (Singh dkk., 2023) Pada saat yang sama, pendekatan tradisional berbasis interaksi langsung (*Traditional-Only*), yang telah lama digunakan dalam program pembangunan komunitas, juga menunjukkan keterbatasan signifikan dalam hal skalabilitas, efisiensi, dan pengelolaan data (C. Doss, 2018). Perdebatan antara dua pendekatan tersebut dapat dianalisis melalui perspektif dialektika metodologis. Dalam kerangka ini, pendekatan *digital-only* dapat dipahami sebagai tesis yang menekankan efisiensi teknologi dan otomatisasi, sedangkan pendekatan *traditional-only* berfungsi sebagai antitesis yang menekankan legitimasi sosial dan hubungan interpersonal. Ketegangan antara kedua pendekatan ini kemudian menghasilkan sintesis metodologis, yaitu model hibrid yang menggabungkan teknologi digital dengan interaksi sosial langsung. Analisis dialektika ini penting karena menunjukkan bahwa dominasi model hibrid bukan sekadar inovasi teknis, melainkan respons terhadap kegagalan struktural dua pendekatan sebelumnya.

Keterbatasan Struktural Pendekatan *Digital-Only*

A. Kesenjangan Digital sebagai Hambatan Sistemik

Salah satu kritik utama terhadap pendekatan *digital-only* adalah ketergantungannya pada infrastruktur teknologi yang tidak merata. Singh dkk. (2023) menganalisa lebih dari 150 studi kebijakan digital menemukan bahwa kegagalan program digital di negara berkembang sering disebabkan oleh kesenjangan digital multidimensi. Kesenjangan digital tidak hanya berkaitan dengan akses terhadap internet atau perangkat teknologi, tetapi juga mencakup tiga lapisan utama (Van Deursen & Van Dijk, 2014):

a. Akses material terhadap perangkat dan jaringan
b. Akses keterampilan, yaitu kemampuan menggunakan teknologi

c. Akses pemanfaatan, yaitu kemampuan memanfaatkan teknologi untuk tujuan produktif

Dalam banyak negara berkembang, ketiga lapisan ini tidak terpenuhi secara simultan. Akibatnya, program digital seringkali hanya menjangkau kelompok masyarakat yang relatif lebih maju secara ekonomi dan pendidikan. Hilbert (2011) digitalisasi layanan publik dapat memperluas ketimpangan sosial apabila tidak disertai strategi inklusi digital. Program yang dirancang untuk meningkatkan akses layanan justru dapat memperkuat eksklusi sosial terhadap kelompok rentan seperti masyarakat pedesaan, perempuan, dan kelompok berpendapatan rendah.

B. Defisit Kepercayaan terhadap Platform Digital

Selain kesenjangan akses, pendekatan *digital-only* juga menghadapi tantangan serius dalam membangun kepercayaan sosial. Banyak intervensi kebijakan memerlukan legitimasi sosial yang kuat, terutama dalam bidang kesehatan, pendidikan, dan perlindungan sosial. Okoye dkk. (2021) tingkat partisipasi masyarakat meningkat secara signifikan ketika teknologi digital dipadukan dengan peran tenaga kesehatan komunitas. Tanpa mediator sosial tersebut, masyarakat cenderung meragukan keandalan informasi yang disampaikan melalui platform digital. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui teori *social trust* dalam *governance,* yang menyatakan bahwa kepercayaan terhadap institusi publik seringkali dibangun melalui interaksi interpersonal yang berulang (Rothstein & Stolle, 2008). Platform digital yang bersifat impersonal tidak selalu mampu menggantikan fungsi sosial tersebut.

C. Ketergantungan pada Infrastruktur Teknologi

Kelemahan lain dari pendekatan *digital-only* adalah kerentanannya terhadap gangguan infrastruktur teknologi. Program yang sepenuhnya bergantung pada sistem digital dapat mengalami kegagalan operasional ketika terjadi gangguan jaringan, pemadaman listrik, atau masalah teknis lainnya. Studi oleh Heeks, (2017) dalam jurnal *Information Technology for Development* menunjukkan bahwa sekitar 35% proyek *e-government* di negara berkembang mengalami kegagalan parsial atau total, sebagian besar karena masalah infrastruktur dan kapasitas institusional. Kondisi ini menunjukkan bahwa teknologi digital, meskipun memiliki potensi besar, tidak dapat berfungsi secara efektif tanpa dukungan ekosistem institusional yang kuat.

D. Keterbatasan Pendekatan *Traditional-Only*

Meskipun pendekatan tradisional memiliki keunggulan dalam membangun kepercayaan sosial, pendekatan ini juga menghadapi berbagai keterbatasan struktural yang signifikan.

a. Kendala Skalabilitas Program

Pendekatan berbasis interaksi langsung biasanya memerlukan sumber daya manusia yang besar. Program pembangunan komunitas sering mengandalkan fasilitator lapangan, pertemuan komunitas, serta proses konsultasi yang intensif.

Menurut Doss, (2018) pendekatan ini efektif dalam membangun hubungan sosial yang kuat di tingkat lokal, tetapi sulit direplikasi dalam skala besar karena memerlukan investasi waktu dan biaya yang signifikan. Mansuri & Rao (2013) banyak program pembangunan berbasis komunitas gagal mencapai dampak jangka panjang karena keterbatasan kapasitas implementasi ketika program diperluas ke wilayah yang lebih luas.

b. Inefisiensi Pengelolaan Informasi

Pendekatan tradisional juga sering mengalami keterbatasan dalam pengelolaan informasi. Tanpa dukungan teknologi digital, proses pengumpulan data lapangan, pemantauan program, dan evaluasi kebijakan menjadi lambat dan rentan terhadap kesalahan. Dalam banyak kasus, laporan program berbasis komunitas disusun secara manual, sehingga informasi yang tersedia bagi pembuat kebijakan sering tidak mutakhir. Hal ini menghambat kemampuan pemerintah untuk melakukan penyesuaian kebijakan secara cepat.

Kusek & Rist (2004) sistem monitoring dan evaluasi yang tidak didukung teknologi informasi cenderung menghasilkan data yang tidak lengkap dan tidak konsisten.

c. Risiko *Elite Capture*

Kelemahan lain dari pendekatan *traditional-only* adalah kerentanannya terhadap fenomena elite capture, yaitu situasi ketika program pembangunan dimanfaatkan oleh kelompok elit lokal untuk kepentingan mereka sendiri. Platteau & Jean-Philippe (2019) *elite capture* merupakan salah satu tantangan terbesar dalam program pembangunan berbasis komunitas. Ketika proses pengambilan keputusan sepenuhnya bergantung pada struktur sosial lokal, kelompok dengan kekuasaan lebih besar dapat mendominasi distribusi sumber daya program. Fenomena ini menunjukkan bahwa interaksi sosial yang kuat tidak selalu menghasilkan distribusi manfaat yang adil.

E. Tabel Komparatif Kelemahan Metode Tunggal

Untuk memahami secara sistematis perbedaan antara kedua pendekatan tersebut, tabel berikut menyajikan komparasi kelemahan struktural metode *digital-only* dan *traditional-only*.

Tabel 36. Komparatif Kelemahan Metode Tunggal

Dimensi Evaluasi	*Digital-Only*	*Traditional-Only*
Aksesibilitas	Terhambat kesenjangan digital	Terbatas jangkauan geografis
Kepercayaan sosial	Rendah tanpa mediator sosial	Tinggi karena interaksi langsung
Skalabilitas	Sangat tinggi	Rendah
Efisiensi operasional	Tinggi setelah sistem berjalan	Bergantung pada tenaga lapangan
Pengelolaan data	*Real-time* dan terintegrasi	Lambat dan manual
Ketahanan sistem	Rentan gangguan teknologi	Bergantung pada kapasitas manusia
Risiko distorsi sosial	Relatif rendah	Tinggi (elite capture)

Tabel ini menunjukkan bahwa kedua pendekatan memiliki kelemahan yang bersifat komplementer. Artinya, keunggulan satu pendekatan seringkali merupakan kelemahan pendekatan lainnya.

F. Sintesis Dialektika: Munculnya Model Hibrid

Keterbatasan struktural kedua pendekatan tersebut mendorong munculnya pendekatan baru dalam literatur kebijakan pembangunan, yaitu model hibrid. Model ini menggabungkan dua mekanisme utama:

a. Kapasitas teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi dan skalabilitas
b. Interaksi sosial langsung untuk membangun kepercayaan dan legitimasi

Menurut Lawrence dkk., (2020) model hibrid menghasilkan tingkat efektivitas yang secara konsisten lebih tinggi dibandingkan metode tunggal. Dalam analisis komparatif lintas wilayah yang mereka lakukan, pendekatan hibrid mencatat skor efektivitas tertinggi (5.0) pada berbagai program pembangunan di Afrika, Asia, dan Amerika Latin. Keunggulan model ini tidak hanya berasal dari kombinasi dua pendekatan, tetapi juga dari mekanisme sinergi yang memungkinkan kedua pendekatan saling memperkuat.

G. Implikasi Teoretis

Analisis dialektika antara *digital-only* dan *traditional-only* menunjukkan bahwa dominasi model hibrid merupakan konsekuensi logis dari evolusi metodologis dalam kebijakan pembangunan. Secara teoretis, temuan ini memiliki tiga implikasi penting:

a. Teknologi digital tidak dapat menggantikan interaksi sosial sepenuhnya
b. Pendekatan komunitas memerlukan dukungan teknologi untuk mencapai skalabilitas
c. Integrasi kedua pendekatan menghasilkan sistem kebijakan yang lebih adaptif

Dengan demikian, perdebatan antara pendekatan digital dan tradisional seharusnya tidak lagi dipahami sebagai pilihan biner, melainkan sebagai spektrum yang memerlukan integrasi strategis.

Struktural Pendekatan *Digital-Only*

A. Aksesibilitas dan Kesenjangan Digital

Salah satu asumsi mendasar dalam kebijakan pembangunan yang mengadopsi digitalisasi adalah bahwa teknologi akan memperluas akses layanan secara otomatis. Namun, bukti empiris menunjukkan sebaliknya: kesenjangan digital (*digital divide*) tetap menjadi hambatan fundamental yang mengisolasi populasi rentan dari manfaat intervensi digital.

Singh dkk., (2023) menemukan bahwa di banyak negara berkembang, antara 30–60% populasi di daerah pedesaan dan urban miskin tidak memiliki akses internet yang stabil, atau tidak memiliki perangkat yang kompatibel untuk menggunakan layanan digital. Terdapat tiga dimensi utama kesenjangan digital:

a. Akses material, yaitu ketersediaan perangkat dan jaringan telekomunikasi;
b. Akses keterampilan, yaitu literasi digital dan kemampuan menggunakan aplikasi atau platform;
c. Akses pemanfaatan, yaitu kapasitas untuk menggunakan teknologi secara bermakna dalam konteks sosial ekonomi masyarakat (van Dijk, 2020; Hilbert, 2016).

Ketiga lapisan tersebut sering saling memperkuat, dan ketika salah satunya tidak terpenuhi, hasil implementasi digital turun secara signifikan. Misalnya, program pendidikan digital di sejumlah wilayah Asia Selatan dan Afrika yang hadir selama pandemi COVID-19 mengalami penurunan partisipasi drastis karena siswa tidak memiliki perangkat pribadi atau koneksi internet yang memadai (World Bank, 2021). Ini menunjukkan bahwa akses teknologi saja tidak cukup perlu ada jaminan kemampuan penggunaan (literasi digital) serta dukungan sosial untuk memastikan pemanfaatan teknologi.

B. Kredibilitas, Legitimasi, dan Kepercayaan Sosial

Distribusi layanan digital tanpa basis legitimasi sosial sering mengalami kegagalan dalam pembentukan kepercayaan masyarakat. Ini penting karena program layanan publik seringkali membutuhkan tingkat partisipasi aktif dan kooperatif yang tinggi untuk mencapai dampak yang diinginkan. Teknologi digital, yang bersifat impersonal, sering mengalami kesulitan membangun trust di antara populasi yang terbiasa dengan interaksi tatap muka.

Okoye dkk., (2021) menunjukkan melalui studi di beberapa negara Afrika bahwa program kesehatan digital yang tidak melibatkan mediator sosial (seperti tenaga kesehatan lokal atau fasilitator komunitas) mengalami tingkat kepatuhan yang rendah terhadap pedoman kesehatan. Masyarakat cenderung skeptis terhadap sistem yang tidak menyediakan ruang untuk dialog, klarifikasi, dan legitimasi interpersonal, terutama dalam masalah kesehatan atau layanan sosial yang bersifat sensitif.

Teori kepercayaan sosial (*social trust*) dalam kebijakan publik menegaskan bahwa legitimasi dan penerimaan program sering dibangun melalui interaksi sosial yang berulang dan legitimasi institusional (Rothstein & Stolle, 2008). Ketika teknologi digital menghilangkan konteks sosial ini, kepercayaan terhadap program menurun, bahkan jika teknologi itu sendiri efektif secara teknis.

C. Ketergantungan Infrastruktur dan Resiliensi Sistem

Pendekatan digital murni juga menunjukkan kerentanan terhadap gangguan infrastruktur yang sering tidak dipertimbangkan dalam desain program. Program yang sepenuhnya bergantung pada sistem digital terhambat oleh:

a. Gangguan jaringan dan pemadaman listrik;
b. Keterbatasan bandwidth di daerah terpencil;
c. Kurangnya dukungan teknis yang memadai.

Secara sistematis menemukan bahwa sekitar 30–40% proyek e-government gagal mencapai target akibat masalah infrastruktur, kurangnya dukungan teknis, atau kegagalan integrasi dengan proses birokrasi yang ada (Heeks, 2017). Ketergantungan ini menciptakan ketidakstabilan operasional: ketika infrastruktur digital gagal, layanan publik terhenti sama sekali. Hal ini menunjukkan bahwa model *digital-only* tidak cukup tangguh di lingkungan yang infrastrukturnya belum matang.

D. Eskalasi Biaya dan Ketidakpastian Manajemen

Walaupun salah satu janji utama digitalisasi adalah efisiensi biaya melalui otomatisasi, kenyataannya banyak program digital mengalami eskalasi biaya tak terduga terkait pemeliharaan sistem, pembaruan perangkat lunak, dan dukungan teknis berkelanjutan. Dalam konteks negara berkembang, biaya pelatihan, pemeliharaan teknologi, serta resistensi pengguna terhadap perubahan menghasilkan pengeluaran yang signifikan dan seringkali tidak terduga. Singh dkk., (2023) menemukan bahwa banyak program digital yang dimulai dengan pendanaan awal yang substansial tetapi kemudian menghadapi

kesulitan dalam mempertahankan layanan jangka menengah karena biaya operasional yang tinggi dan model pendanaan yang tidak berkelanjutan.

E. Kelemahan Struktural Pendekatan *Traditional-Only*

a. Keterbatasan Skalabilitas dan Efisiensi Operasional

Pendekatan tradisional berbasis interaksi langsung begitu menekankan hubungan komunitas, legitimasi sosial, dan dialog intensif - namun justru terbatas skalanya. Metode ini melibatkan fasilitator lapangan, pertemuan tatap muka, dan proses partisipatif yang memakan waktu dan sumber daya. C. Doss, (2018) menunjukkan bahwa program pembangunan berbasis komunitas sering memiliki hasil yang kuat di tingkat lokal, tetapi kegagalan sistemik muncul ketika program tersebut diperluas secara nasional atau lintas wilayah. Hambatan ini termasuk:

a) Kebutuhan sumber daya manusia yang besar;
b) Biaya operasional yang tinggi;
c) Kompleksitas koordinasi lintas komunitas.

Tidak adanya otomatisasi dan alat digital untuk memfasilitasi komunikasi dan pemantauan program membuat pendekatan ini kurang efisien ketika implementasinya harus dikelola pada skala besar. Hal ini menciptakan dilema antara *depth* (kedalaman interaksi) dan *breadth* (luas jangkauan), yang sering tidak dapat diselesaikan hanya dengan pendekatan tradisional semata.

b. Pengelolaan Data dan Akuntabilitas

Kebijakan pembangunan sangat bergantung pada data untuk pengambilan keputusan, evaluasi kinerja, dan akuntabilitas. Pendekatan tradisional yang mengandalkan pencatatan manual dan laporan lapangan rentan terhadap:

a) Data yang tidak lengkap;
b) Ketidakakuratan;
c) Keterlambatan pelaporan.

Dalam banyak kasus, keputusan kebijakan dipaksa dibuat berdasarkan data yang tidak mutakhir atau tidak terverifikasi secara independen. *Kusek & Rist (2004)* menyatakan bahwa sistem monitoring tradisional sering tidak memadai untuk mendukung kebijakan berbasis bukti (*evidence-based policymaking*), terutama ketika program berada di wilayah yang luas dan heterogen.

c. Kerentanan terhadap Distorsi Sosial (*Elite Capture*)

Pendekatan yang sangat bergantung pada struktur sosial lokal memiliki risiko *elit capture* yakni ketika aktor berpengaruh di komunitas mendominasi distribusi manfaat program untuk keuntungan sendiri. *Platteau (2019)* menekankan bahwa dalam banyak program pembangunan berbasis komunitas, kelompok sosial yang memegang kekuasaan atau modal sosial lebih besar sering memanfaatkan program tersebut untuk meningkatkan posisi mereka, sementara kelompok marginal tetap tidak terlayani. Ini menunjukkan bahwa legitimasi sosial bukan jaminan keadilan distribusi jika struktur kekuasaan lokal tidak diatasi secara sistematis.

Tabel 37. Komparatif Kelemahan Metode Tunggal

Dimensi Evaluasi	*Digital-Only*	*Traditional-Only*
Aksesibilitas	Rentan kesenjangan digital	Terbatas geografi
Kepercayaan sosial	Rendah tanpa mediator sosial	Tinggi, tetapi tergantung dinamika lokal
Skalabilitas	Potensi tinggi tetapi tidak inklusif	Rendah dan mahal
Efisiensi biaya	Efisien jika infrastrukturnya kuat	Mahal dan lambat
Pengelolaan data	Real-time, tetapi bergantung teknologi	Manual, tidak terintegrasi
Risiko distorsi sosial	Rendah - teknologi netral	Tinggi - *elite capture*

Tabel ini menunjukkan bahwa kedua pendekatan tunggal memiliki kelemahan struktural yang saling melengkapi, tetapi juga keterbatasan yang tidak dapat ditangani sendiri oleh masing-masing pendekatan. Premis bahwa teknologi dapat menggantikan

interaksi manusia atau sebaliknya bahwa hubungan sosial dapat menangani tantangan sistemik tanpa alat digital terbukti tidak konsisten secara empiris.

Sintesis Dialektika Metodologis

Pendekatan *digital-only* dan *traditional-only* masing-masing mewakili logika metodologis yang berbeda dalam penyampaian layanan publik. Yang satu menekankan efisiensi dan *scalability* melalui teknologi, yang lain menekankan legitimasi sosial dan *participatory governance*. Ketika diuji melalui bukti empiris lintas ratusan studi (Singh dkk., 2023; C. Doss, 2018), kedua pendekatan ini menunjukkan kegagalan sistemik yang konsisten bila berdiri sendiri. Layer struktural dari kegagalan tersebut ketidakmampuan menjangkau kelompok rentan, terbatasnya legitimasi sosial, ketergantungan infrastruktur, inefisiensi biaya, keterbatasan data, dan risiko elite capture menunjukkan bahwa dilema metodologis ini bukan sekadar masalah implementatif, tetapi berdimensi institusional dan sosial.

Dalam kerangka dialektika metodologis, kedua pendekatan ini kemudian berfungsi sebagai tesis dan antitesis yang menghasilkan sintesis yang lebih adaptif dan efektif yaitu model hibrid, yang dibahas secara mendalam pada bagian berikutnya

➢ Bedah Mekanisme Sinergi Hibrid

Dominasi empiris model hibrid dalam kebijakan pembangunan merupakan fenomena yang konsisten tercatat dalam berbagai evaluasi lintas negara. Temuan dari Lawrence dkk., (2020) menunjukkan bahwa program berbasis hibrid secara konsisten memperoleh skor efektivitas tertinggi (5.0) pada indikator keberhasilan implementasi di Asia, Afrika, dan Amerika Latin. Tingginya skor ini menimbulkan pertanyaan metodologis: apakah keunggulan hibrid hanya bersifat teknis (kombinasi digital + interaksi sosial) atau ada mekanisme institusional dan sosiokultural yang mendasarinya?

Analisis mendalam menunjukkan bahwa keunggulan ini bersifat multiplikatif, bukan sekadar penjumlahan keunggulan dua pendekatan tunggal. Model hibrid menciptakan arsitektur kebijakan adaptif yang mampu memanfaatkan teknologi digital untuk efisiensi dan skalabilitas, sekaligus memanfaatkan interaksi sosial untuk membangun legitimasi, kepercayaan, dan partisipasi masyarakat.

Kerangka Konseptual Hibriditas

Model hibrid dalam kebijakan publik dapat dipahami melalui teori *institutional complementarity* dan *co-production.* Dalam konteks pembangunan, institutional complementarity menekankan bahwa dua mekanisme institusional yang berbeda teknologi digital dan interaksi komunitas dapat saling memperkuat jika diintegrasikan secara sistematis (Aoki, 2001; Hall, 2006).
Dalam praktiknya, model hibrid memiliki tiga komponen inti:

a. Platform digital: sistem untuk pengelolaan data, layanan online, dan monitoring real-time.
b. Aktor lapangan: fasilitator komunitas, tenaga kesehatan, guru, atau mediator lokal yang membangun kepercayaan dan memvalidasi informasi.
c. Mekanisme koordinasi institusional: integrasi antara pemerintah pusat, pemerintah daerah, dan organisasi masyarakat untuk memastikan kesinambungan dan konsistensi implementasi.

Menurut Lawrence dkk., (2020) efektivitas model hibrid bergantung pada sinergi antara ketiga komponen ini. Tanpa koordinasi yang tepat, integrasi digital dan sosial dapat menimbulkan ketidaksesuaian informasi, kebingungan peran, atau bahkan konflik antara aktor lapangan dan sistem digital.

Komplementaritas Teknologi dan Interaksi Sosial

Mekanisme inti yang menjelaskan keunggulan hibrid adalah komplementaritas antara teknologi digital dan interaksi sosial. Teknologi digital menyediakan:

a. Efisiensi operasional: otomatisasi proses administratif, pengelolaan data *real-time*, dan pemantauan program.
b. Skalabilitas: kemampuan menjangkau wilayah luas dan populasi besar dengan biaya relatif rendah.
c. Interaksi sosial, di sisi lain, menyediakan:

d. Legitimasi dan kepercayaan: memastikan masyarakat memahami dan menerima intervensi.
e. Validasi kontekstual: aktor lapangan menyesuaikan informasi digital dengan realitas lokal.

Studi oleh Agarwal dkk., (2015) pada program kesehatan ibu dan anak di Asia Selatan menunjukkan bahwa integrasi tenaga kesehatan komunitas dengan sistem digital meningkatkan partisipasi masyarakat hingga 35% dibandingkan program *digital-only*, sekaligus menurunkan kesalahan pencatatan data hingga 25%.

Efek Multiplikatif

Keunggulan model hibrid bukan sekadar penjumlahan manfaat, melainkan efek multiplikatif yang meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil program. Lawrence dkk., (2020) mengidentifikasi beberapa efek utama:

a. Peningkatan partisipasi masyarakat: kombinasi pengingat digital dan interaksi tatap muka mendorong masyarakat untuk lebih aktif.
b. Akurasi data program: digitalisasi memungkinkan pemantauan real-time, sementara aktor lapangan memvalidasi data di lapangan.
c. Respons kebijakan yang lebih cepat: informasi digital yang tervalidasi memungkinkan pengambilan keputusan lebih cepat dibanding metode tradisional.

Efek ini selaras dengan konsep *co-production,* yang menekankan bahwa keterlibatan masyarakat dalam implementasi program meningkatkan kualitas hasil kebijakan (Ostrom, 1990).

Ketahanan Sistem dan Resiliensi

Salah satu alasan model hibrid mencatat skor efektivitas tertinggi adalah resiliensi sistem. sistem *digital-only* rentan terhadap gangguan infrastruktur (pemadaman listrik, jaringan internet), sedangkan sistem tradisional rentan terhadap keterbatasan tenaga kerja dan kapasitas pengawasan.

Model hibrid menciptakan redundansi fungsional: jika salah satu komponen terganggu, komponen lain dapat menopang operasional program. Contoh nyata terlihat selama pandemi COVID-19, ketika program pendidikan hybrid yang sudah mengintegrasikan platform digital dan interaksi guru-komunitas mampu tetap berjalan meskipun sekolah fisik ditutup (Kraemer-Mbula dkk., 2021)

Optimalisasi Distribusi Informasi

Distribusi informasi dalam model hibrid terjadi melalui dua jalur simultan:

a. Digital channel: platform online, SMS, atau aplikasi *mobile* yang menyebarkan informasi secara cepat.
b. Social channel: fasilitator komunitas yang menjelaskan informasi secara personal dan mengatasi hambatan literasi atau kepercayaan. Studi Lee-geiller & David, (2019) menunjukkan bahwa kombinasi jalur ini meningkatkan efektivitas penyampaian pesan hingga 40% dibanding *digital-only* atau *tradisional-only.* Dengan menggabungkan kedua jalur, model hibrid menjangkau populasi luas sekaligus memastikan pemahaman dan penerimaan lokal.

Integrasi Data dan Pengambilan Keputusan

Dalam model hibrid, data digital digunakan untuk monitoring dan evaluasi, sedangkan aktor lokal memberikan insight kontekstual. Pendekatan ini meningkatkan evidence-based policymaking karena keputusan dibuat berdasarkan data yang:

a. Akurat (digital *real-time*),
b. Relevan (validasi lokal),
c. Adaptif (*feedback* komunitas).

Head (2016) menekankan bahwa model hybrid mendukung pengambilan keputusan yang lebih responsif dan adaptif karena memadukan *top-down* digital monitoring dan *bottom-up* input lokal.

Tabel Mekanisme Sinergi Model Hibrid

Tabel 38. Mekanisme Sinergi Model Hibrid

Mekanisme	Peran Teknologi	Peran Interaksi Sosial	Dampak Sinergi
Distribusi informasi	Penyebaran cepat & luas	Klarifikasi & pemahaman	Informasi diterima dan dipahami
Pengelolaan data	*Real-time*, akurat	Validasi lapangan	Keputusan berbasis bukti
Partisipasi masyarakat	Notifikasi & reminder	Dialog komunitas	Partisipasi meningkat
Efisiensi operasional	Otomatisasi	Implementasi lokal	Biaya menurun, skalabilitas tinggi
Ketahanan sistem	Backup digital	Backup komunitas	Resiliensi tinggi

Implikasi Metodologis

Digitalisasi tidak boleh berdiri sendiri; harus menjadi bagian dari ekosistem sosial.
Aktor komunitas tetap kunci keberhasilan program. Penggabungan data digital dan insight lokal menciptakan kebijakan adaptif yang efektif lintas konteks. Dengan kata lain, dominasi model hibrid bukan hanya teknis, tetapi strategi institusional dan sosial yang mengatasi kelemahan kedua pendekatan tunggal.

Kredibilitas vs Skalabilitas: Dilema dan Solusi Model Hibrid

Salah satu tantangan paling mendasar dalam desain kebijakan publik adalah paradoks trust–scale: program yang sangat kredibel dan berbasis komunitas biasanya sulit diperluas secara luas (*depth* vs *breadth*), sementara program yang dirancang untuk menjangkau populasi besar sering mengalami degradasi kredibilitas dan kepercayaan masyarakat ((Rothstein & Stolle, 2008; Okoye dkk., 2021).

Model hibrid muncul sebagai mekanisme pemecah dilema ini dengan mengintegrasikan kekuatan digital untuk memperluas jangkauan dan kekuatan interaksi sosial untuk mempertahankan legitimasi dan kepercayaan

A. Paradoks Kredibilitas vs Skalabilitas

   Dalam literatur kebijakan pembangunan, kredibilitas sering diukur melalui legitimasi sosial, kepercayaan publik, dan kepatuhan terhadap kebijakan. Skala, di sisi lain, diukur melalui cakupan populasi, jangkauan geografis, dan jumlah layanan yang disampaikan. Program berbasis komunitas (*traditional-only*) unggul dalam membangun kredibilitas karena adanya interaksi tatap muka yang intens, tetapi sangat sulit diperluas. Misalnya, program pertanian berbasis komunitas di Afrika Sub-Sahara mampu meningkatkan adopsi praktik pertanian baru hingga 60% di desa-desa tertentu, tetapi ketika diperluas ke level regional, efektivitasnya menurun drastis karena keterbatasan jumlah fasilitator lapangan dan biaya operasional (C. Doss, 2018).

   Sebaliknya, program *digital-only* dapat menjangkau populasi luas, bahkan lintas negara, tetapi sering gagal membangun kepercayaan masyarakat. Peserta mungkin tidak memahami program, merasa asing, atau skeptis terhadap kredibilitas layanan karena interaksi personal minimal (Singh dkk., 2023; Hilbert, 2011).

B. Arsitektur Trust dalam Model Hibrid

   Model hibrid memecahkan dilema *trust-scale* melalui arsitektur multi-lapisan kepercayaan, yang menggabungkan:

   a. Trust digital: kredibilitas sistem melalui transparansi, rekam jejak, dan keandalan data.
   b. Trust sosial: kredibilitas interpersonal melalui fasilitator lokal, pemimpin komunitas, atau mentor.
   c. Trust institusional: legitimasi program melalui integrasi dengan lembaga pemerintah atau organisasi internasional.

   Okoye dkk. (2021) program hibrid yang berhasil menyeimbangkan ketiga lapisan ini memiliki tingkat kepatuhan hingga 85%, jauh lebih tinggi daripada program *digital-only* (50–60%) atau *traditional-only* (60–70%). Skema lapisan trust ini memungkinkan program digital untuk menjangkau populasi luas tanpa kehilangan kredibilitas, karena aktor lokal bertindak sebagai mediator kepercayaan.

C. Mekanisme Mitigasi Risiko Degradasi Kredibilitas

Model hibrid menggunakan beberapa mekanisme untuk mencegah degradasi kredibilitas saat memperluas skala:

a. Validasi Lokal (*Local Validation*): setiap *output* digital divalidasi oleh aktor lapangan sebelum digunakan dalam pengambilan keputusan atau disebarluaskan.
b. *Feedback* Berkelanjutan *(Continuous Feedback*): komunitas memberikan masukan yang dimasukkan ke platform digital untuk memperbarui konten dan strategi.
c. Transparansi Data (Data Transparency): akses terbuka untuk masyarakat terhadap data program membangun rasa keterlibatan dan ownership.
d. Pelatihan Aktor Lapangan (*Capacity Building*): memastikan fasilitator lokal memahami teknologi dan mampu menjelaskan manfaat program secara jelas.

Mekanisme ini menciptakan lingkaran umpan balik positif: semakin luas jangkauan digital, semakin banyak data yang tervalidasi oleh interaksi sosial, sehingga kredibilitas meningkat seiring dengan ekspansi.

D. Evidence Empiris Lintas Negara

Beberapa studi menunjukkan efektivitas model hibrid dalam mengatasi paradoks kredibilitas vs skalabilitas:

a. Nigeria & Ghana: program kesehatan digital dengan mediator komunitas meningkatkan cakupan imunisasi dari 55% menjadi 82%, sementara kepatuhan terhadap protokol kesehatan tetap tinggi (Okoye dkk., 2021)
b. India & Bangladesh: platform pendidikan hybrid memungkinkan distribusi materi ke ribuan siswa, sementara guru lokal memonitor partisipasi dan menyesuaikan pengajaran sesuai kondisi lokal (Agarwal dkk., 2015).
c. Latin Amerika: program inklusi finansial hybrid yang memanfaatkan aplikasi *mobile* dan agen lokal berhasil menjangkau jutaan pelanggan, meningkatkan transaksi dan menurunkan default kredit (Lawrence dkk., 2020)
d. Hasil empiris ini menunjukkan bahwa model hibrid secara konsisten memecahkan dilema trust-scale, dan efeknya lintas konteks sosiokultural.

E. Tabel Sinergi Kredibilitas dan Skalabilitas

Tabel 39. Sinergi Kredibilitas dan Skalabilitas

Dimensi	*Traditional-Only*	*Digital-Only*	Model Hibrid
Kredibilitas	Tinggi	Rendah	Tinggi
Skalabilitas	Rendah	Tinggi	Tinggi
Kepatuhan Masyarakat	Tinggi	Sedang	Sangat Tinggi
Efisiensi Biaya	Rendah	Tinggi	Sedang-tinggi
Partisipasi Aktif	Tinggi	Rendah	Tinggi
Adaptasi Lokal	Sangat Tinggi	Rendah	Tinggi

Tabel ini menunjukkan bahwa model hibrid berhasil menyatukan dua dimensi yang sebelumnya kontradiktif, menghasilkan efektivitas maksimal.

F. Implikasi Kebijakan

Skalabilitas bukan kompromi terhadap kredibilitas: model hibrid menunjukkan bahwa jangkauan luas dapat dicapai tanpa kehilangan kepercayaan Masyarakat.

a. Fasilitator lokal tetap esensial: teknologi berfungsi sebagai alat, bukan pengganti interaksi sosial.
b. Pengambilan keputusan berbasis data lebih kredibel: integrasi validasi lokal dengan data digital meningkatkan akurasi dan legitimasi kebijakan.
c. Resiliensi program meningkat: ketika salah satu komponen terganggu, komponen lain menopang kepercayaan dan keberlanjutan.

Konsistensi Lintas Budaya: Adaptasi Model Hibrid di Asia, Afrika, dan Amerika Latin

Salah satu tantangan utama model hibrid adalah adaptasi lintas budaya. Efektivitas program hybrid tidak hanya ditentukan oleh integrasi digital dan sosial, tetapi juga oleh kecocokan dengan konteks sosiokultural lokal, norma masyarakat, struktur institusional, dan dinamika politik regional (Lawrence dkk., 2020; Okoye dkk., 2021). Literatur menunjukkan bahwa model tunggal (*digital-only* atau *traditional-only*) sering gagal ketika diterapkan di wilayah yang

berbeda secara budaya. *Digital-only* mungkin efisien di negara dengan tingkat literasi digital tinggi, tetapi tidak efektif di komunitas dengan hambatan bahasa dan literasi rendah (Hilbert, 2016) *traditional-only* efektif di komunitas homogen, tetapi sulit diintegrasikan pada populasi urban yang heterogen dan tersebar luas (C. Doss, 2018). Model hibrid muncul sebagai strategi adaptif, mampu menyeimbangkan efisiensi teknologi dengan legitimasi sosial lokal, sehingga menunjukkan konsistensi lintas budaya. Sub-bab ini membahas adaptasi model hibrid di tiga konteks utama:

A. Adaptasi Model Hibrid di Asia
   a. Konteks Sosial dan Budaya
      Asia memiliki keragaman budaya, bahasa, dan struktur sosial yang tinggi, mulai dari komunitas pedesaan homogen di Asia Selatan hingga populasi urban multikultural di Asia Timur. Faktor kunci yang mempengaruhi adaptasi hibrid di Asia meliputi:
      a) Hierarki sosial dan norma kolektivisme (Hofstede, 2001)
      b) Ketersediaan infrastruktur digital dan penetrasi *smartphone*.
      c) Tradisi pendidikan dan kepercayaan pada otoritas lokal.
   b. Strategi Hibrid Program hybrid di Asia menggabungkan platform digital untuk jangkauan luas dan mediator lokal (guru, tenaga kesehatan, fasilitator komunitas) untuk membangun kepercayaan dan memfasilitasi komunikasi. Contoh empiris:
      a) India & Bangladesh: program pendidikan hybrid menggunakan aplikasi *mobile* untuk distribusi materi, sementara guru lokal melakukan pemantauan dan sesi tatap muka untuk menyesuaikan konten dengan konteks budaya masing-masing desa (Agarwal dkk., 2015)
      b) Indonesia: program kesehatan digital mengirimkan notifikasi vaksin, tetapi fasilitator desa menjelaskan manfaat imunisasi dan menenangkan kekhawatiran komunitas, meningkatkan kepatuhan hingga 40% dibanding program *digital-only* (Lawrence dkk., 2020)
   c. Hasil dan Analisis
      Model hybrid di Asia berhasil menyeimbangkan:
      a) Skalabilitas: digital memfasilitasi distribusi informasi ke jutaan orang.
      b) Kredibilitas sosial: mediator lokal mempertahankan legitimasi dan partisipasi.
      c) Analisis ini menunjukkan bahwa adaptasi kontekstual adalah kunci — program harus menyesuaikan bahasa, simbol, dan prosedur agar sesuai dengan norma lokal.

B. Adaptasi Model Hibrid di Afrika
   a. Konteks Sosial dan Budaya
      Afrika dikenal dengan keragaman suku, bahasa, dan norma sosial yang kompleks. Faktor yang memengaruhi adaptasi hibrid:
      a) Keterbatasan literasi digital dan infrastruktur telekomunikasi.
      b) Pengaruh tokoh masyarakat dan struktur adat dalam pengambilan keputusan.
      c) Kerentanan ekonomi yang memengaruhi akses teknologi.
   b. Strategi Hibrid
      Model hibrid di Afrika mengandalkan interaksi sosial yang kuat untuk menyeimbangkan keterbatasan digital. Contoh:
      a) Nigeria & Ghana: program kesehatan hybrid menggunakan SMS dan aplikasi *mobile*, tetapi fasilitator komunitas lokal melakukan kunjungan rumah untuk menjelaskan pesan digital dan memastikan pemahaman (Okoye dkk., 2021)
      b) Ethiopia: program pertanian hybrid memanfaatkan data satelit untuk memantau kondisi tanaman, sementara penyuluh pertanian lokal memberikan bimbingan langsung kepada petani, mengatasi hambatan literasi dan kepercayaan terhadap teknologi.
   c. Hasil dan Analisis
      Model hybrid di Afrika menghasilkan konsistensi tinggi dalam efektivitas:
      a) Skor kepatuhan dan partisipasi meningkat dibanding *digital-only* atau *traditional-only*.
      b) Efektivitas lintas komunitas dan suku menunjukkan bahwa hibrid mampu menyesuaikan diri dengan norma lokal dan struktur sosial yang berbeda.

c) Kunci keberhasilan adalah penguatan kapasitas aktor lokal dan integrasi digital tools yang sesuai konteks, sehingga model hybrid tidak kehilangan relevansi sosial meskipun menggunakan teknologi.

C. Adaptasi Model Hibrid di Amerika Latin

a. Konteks Sosial dan Budaya

Amerika Latin memiliki karakteristik unik: urbanisasi tinggi, ketimpangan sosial-ekonomi, dan masyarakat yang sangat heterogen. Faktor yang memengaruhi adaptasi:

a) Tingkat literasi digital relatif tinggi di kota, tetapi rendah di pedesaan.
b) Kepercayaan terhadap institusi publik sering rendah.
c) Kompleksitas sosial dan politik yang tinggi.

b. Strategi Hibrid

Program hybrid menyesuaikan dengan konteks ini melalui:

a) Platform digital untuk jangkauan luas, seperti aplikasi *mobile* dan portal online.
b) Jaringan mediator lokal dan NGO untuk membangun trust dan legitimasi.
c) Integrasi dengan pemerintah lokal untuk memastikan kontinuitas program.

Contoh empiris:

a) Program inklusi finansial hybrid menggunakan agen lokal dan aplikasi *mobile* untuk menyalurkan pinjaman mikro, meningkatkan transaksi dan partisipasi masyarakat urban dan pedesaan (Lawrence dkk., 2020)
b) Program pendidikan hybrid di Brasil memanfaatkan video pembelajaran online, sedangkan tutor lokal melakukan sesi penguatan materi, meningkatkan pemahaman siswa hingga 30% dibanding *digital-only*.

c. Hasil dan Analisis

a) Model hybrid berhasil mempertahankan kepatuhan dan kredibilitas di populasi heterogen.
b) Jangkauan digital memperluas skala, sedangkan interaksi sosial mempertahankan relevansi kultural.
c) Model hybrid di Amerika Latin menegaskan prinsip bahwa teknologi tanpa adaptasi sosial tidak cukup, dan interaksi sosial tanpa dukungan digital tidak dapat menjangkau populasi yang besar.

D. Tabel Konsistensi Lintas Budaya Model Hibrid

Tabel 40. Konsistensi Lintas Budaya Model Hibrid

Wilayah	Strategi Digital	Strategi Sosial	Dampak Efektivitas	Catatan Adaptasi
Asia	Aplikasi *mobile*, platform e-learning	Guru, fasilitator desa	Tinggi (skor 4,8–5,0)	Penyesuaian bahasa & norma lokal
Afrika	SMS, aplikasi monitoring	Fasilitator komunitas, tokoh adat	Tinggi (skor 4,7–5,0)	Mengatasi literasi rendah, kepercayaan masyarakat
Amerika Latin	Portal online, video pembelajaran	Tutor lokal, NGO	Tinggi (skor 4,8–5,0)	Adaptasi urban & pedesaan, integrasi pemerintah lokal

Tabel ini menunjukkan konsistensi efektivitas model hibrid di berbagai konteks budaya, selama strategi digital dan sosial diadaptasi sesuai norma lokal.

E. Implikasi Kebijakan

Model hybrid tidak bersifat universal tanpa adaptasi strategi harus disesuaikan dengan konteks sosiokultural. Interaksi sosial lokal tetap kunci keberhasilan dalam membangun trust dan legitimasi. Teknologi berfungsi sebagai alat untuk memperluas jangkauan, tetapi tidak menggantikan mediator sosial. Evaluasi program harus mempertimbangkan dimensi budaya dan heterogenitas masyarakat, bukan hanya hasil kuantitatif.

Dimensi Sosiologis Dominasi Hibrid

Dominasi model hibrid dalam kebijakan publik dapat dianalisis melalui beberapa dimensi sosiologis:

A. Legitimasi Sosial
   Kepercayaan masyarakat terhadap program publik tidak bisa digantikan oleh teknologi. Model hibrid mempertahankan interaksi sosial sebagai mediator legitimasi, memungkinkan program diterima secara luas tanpa mengorbankan kredibilitas.

B. Adaptasi Budaya
   Setiap masyarakat memiliki norma, bahasa, dan struktur sosial yang berbeda. Dominasi hibrid muncul karena fleksibilitas dalam adaptasi budaya, memungkinkan program menyesuaikan strategi digital dan sosial agar relevan secara lokal.

C. Integrasi Institusional
   Model hibrid mendorong kolaborasi lintas lembaga: pemerintah, NGO, dan komunitas lokal. Integrasi ini menciptakan stabilitas sosial dan kontinuitas program, yang tidak dapat dicapai oleh metode tunggal.

D. Resiliensi dan Redundansi Sistemik
   Kombinasi digital dan sosial menciptakan redundansi fungsional: jika salah satu komponen gagal, yang lain menopang sistem. Hal ini meningkatkan ketahanan program terhadap gangguan teknologi, sosial, atau politik.

E. Implikasi Kebijakan dan Rekomendasi
   Berdasarkan temuan empiris dan analisis sosiologis, beberapa rekomendasi penting muncul:
   a. Prioritaskan integrasi digital dan sosial: Program digital harus dilengkapi mediator sosial untuk membangun trust dan memvalidasi informasi.
   b. Bangun kapasitas lokal: Pelatihan fasilitator komunitas, guru, dan tenaga lapangan sangat penting agar teknologi digunakan secara efektif.
   c. Adaptasi kontekstual: Strategi digital dan sosial harus disesuaikan dengan norma, bahasa, dan struktur komunitas lokal.
   d. Kembangkan arsitektur trust multi-lapisan: Memadukan kredibilitas digital, sosial, dan institusional untuk menjamin efektivitas dan legitimasi.
   e. Evaluasi berkelanjutan: Gunakan data digital yang tervalidasi secara sosial untuk monitoring, evaluasi, dan perbaikan program secara adaptif.

F. Tabel Ringkasan Dominasi Hibrid
   Tabel 41. Ringkasan Dominasi Hibrid

Dimensi	*Traditional-Only*	*Digital-Only*	Model Hibrid
Kredibilitas	Tinggi lokal	Rendah	Tinggi lintas konteks
Skalabilitas	Rendah	Tinggi	Tinggi
Adaptasi Budaya	Terbatas	Terbatas	Fleksibel
Resiliensi Sistem	Rendah	Sedang	Tinggi
Legitimasi Sosial	Kuat	Lemah	Kuat & terukur
Efektivitas	Sedang	Sedang	Maksimal (Skor 5,0)

   Tabel ini menyimpulkan bahwa model hibrid unggul secara konsisten pada hampir semua dimensi yang menentukan keberhasilan program pembangunan.

G. Kesimpulan Akhir
   Dominasi empiris model hibrid bukan sekadar fenomena teknis; ini merupakan respon sosiologis terhadap kompleksitas masyarakat. Integrasi digital dan sosial memungkinkan program efisien, kredibel, dan adaptif lintas skala dan budaya. Dominasi hibrid merupakan keharusan sosiologis dalam konteks pembangunan modern, di mana teknologi, masyarakat, dan institusi harus berinteraksi secara sinergis. Setiap implementasi kebijakan harus mempertimbangkan dimensi sosial, budaya, dan institusional, karena keberhasilan teknis tanpa legitimasi sosial akan gagal dalam jangka panjang. Dengan demikian, model hibrid bukan pilihan opsional, melainkan strategi metodologis dan sosiologis yang wajib bagi perumusan dan implementasi kebijakan publik yang efektif dan berkelanjutan.

Agenda Inklusi *Gender* dan Pemuda

Digitalisasi pertanian berpotensi memperdalam ketimpangan sosial jika perempuan tani dan pemuda desa tidak dijangkau. Eduafo dkk., (2024) dan Ragasa dkk., (2021)menekankan pentingnya protokol kebijakan untuk menutup gap digital dan mengembalikan milenial ke desa.

a. Strategi Kebijakan
b. Inklusi Digital Perempuan Tani
c. Pelatihan *berbasis mobile* dan *e-learning* lokal.
d. Subsidi perangkat digital (*smartphone*, sensor pertanian).
e. Pembentukan kelompok mentoring perempuan tani untuk *peer learning.*
f. Partisipasi Pemuda
g. Program "*Return-to-Village"* untuk startup pertanian digital.
h. Kompetisi inovasi pertanian berbasis teknologi.
i. Insentif kredit mikro dan dukungan modal awal bagi pemuda.

Tabel 42. Matriks Kebijakan Inklusi *Gender* & Pemuda

Waktu	Perempuan Tani	Pemuda Desa	Indikator Keberhasilan
Jangka Pendek (1–2 thn)	Pelatihan dasar digital	Workshop & magang pertanian digital	% peserta menguasai platform digital
Jangka Menengah (3–5 thn)	Subsidi perangkat, mentoring	Startup pertanian lokal & inkubator	% adopsi teknologi baru, jumlah startup baru
Jangka Panjang (>5 thn)	Kemandirian digital	Kepemimpinan pemuda & inovasi	Peningkatan produktivitas & retensi pemuda

A. Reformasi Institusional MEL (*Monitoring, Evaluation, Learning*)

Efektivitas kebijakan pertanian tergantung pada sistem monitoring, evaluasi, dan pembelajaran (MEL) yang handal. Sistem konvensional lambat dan terfragmentasi, menurunkan akuntabilitas publik (Birner dkk., 2009; Saha & Sharma, 2023)

a. Strategi Reformasi
b. Monitoring Real-Time
c. Dashboard digital untuk pelacakan input, produksi, distribusi, dan harga pasar.
d. Integrasi IoT dan sensor lapangan.
e. Evaluasi Berbasis Bukti
f. Analisis data *real-time* untuk mengukur efektivitas program.
g. Feedback masyarakat untuk penyempurnaan kebijakan.
h. Learning & Continuous Improvement
i. Modul pembelajaran adaptif untuk penyuluh, petani, dan pengambil kebijakan.
j. Iterasi kebijakan berbasis bukti yang diperoleh dari sistem MEL.

Tabel 43. Matriks Reformasi MEL

Waktu	Inisiatif MEL	Indikator Keberhasilan
Pendek	Dashboard digital & pelaporan lapangan	Data masuk harian, laporan real-time
Menengah	Integrasi feedback masyarakat	% *feedback* digunakan dalam pengambilan keputusan
Panjang	Learning adaptif & iterasi kebijakan	Penyesuaian program berbasis data, peningkatan produktivitas

B. Desentralisasi Pengetahuan

Konten digital pertanian yang bersifat generik sering tidak sesuai konteks lokal, sehingga perlu desentralisasi pengetahuan. Pemerintah daerah memainkan peran kunci dalam lokalisasi konten digital.

a. Strategi Desentralisasi
b. Pemerintah daerah menyesuaikan modul digital dengan kondisi lokal: bahasa, praktik pertanian, budaya.
c. Kolaborasi dengan universitas, NGO, dan kelompok tani untuk validasi konten.
d. Memastikan platform digital relevan dan mudah diakses oleh masyarakat lokal.

Tabel 44. Strategi Desentralisasi Konten

Komponen	Peran Pemerintah Daerah	Peran Nasional	Dampak Strategis
Konten Digital	Lokalisasi & adaptasi bahasa	Standarisasi konten & kualitas	Relevansi tinggi, partisipasi meningkat
Pelatihan	Fasilitator lokal	Modul nasional & pedoman	Peningkatan kapasitas SDM lokal
Evaluasi	Monitoring lokal & feedback	Integrasi data nasional	Akuntabilitas & perbaikan berkelanjutan

C. Penutup: Roadmap Pertanian 4.0 yang Berkeadilan
   a. Sintesis Strategis
   b. Roadmap mengintegrasikan semua rekomendasi kebijakan:
   c. Investasi Hybrid & PPP → Infrastruktur modern, efisiensi biaya, transparansi.
   d. Inklusi *Gender* & Pemuda → Kurangi gap digital, tarik milenial ke desa, dorong inovasi lokal.
   e. Reformasi MEL → Monitoring real-time, akuntabilitas publik, iterasi kebijakan.
   f. Desentralisasi Pengetahuan → Konten relevan lokal, adaptasi budaya dan bahasa.

Tabel 45. Matriks Roadmap Kebijakan

Waktu	Investasi Hybrid	Inklusi *Gender* & Pemuda	MEL	Desentralisasi Pengetahuan
Pendek (1–2 thn)	Pilot infrastruktur hybrid & PPP	Pelatihan dasar & workshop digital	Dashboard monitoring	Lokalisasi awal konten digital
Menengah (3–5 thn)	Skalabilitas nasional & integrasi PPP	Subsidi perangkat, mentoring, startup pemuda	Integrasi feedback masyarakat	Kolaborasi universitas, NGO, kelompok tani
Panjang (>5 thn)	Infrastruktur nasional penuh, upgrade teknologi	Kemandirian digital & kepemimpinan pemuda	Evaluasi berkelanjutan & iterasi kebijakan	Sistem konten adaptif berkelanjutan

D. Kesimpulan

Roadmap Pertanian 4.0 berkeadilan mengintegrasikan dimensi teknis, sosial, institusional, dan inklusi. Model hibrid menjadi basis efektivitas, kredibilitas, dan skalabilitas.

Implementasi jangka pendek → menengah → panjang memberikan panduan operasional untuk kebijakan nasional.

Agenda Inklusi *Gender* dan Pemuda

Transformasi pertanian 4.0 tidak akan berhasil tanpa menjangkau dua kelompok kritis: perempuan tani dan pemuda desa. Data global menunjukkan bahwa kesenjangan digital masih besar bagi perempuan tani, sementara pemuda desa semakin enggan bertani karena persepsi rendahnya keuntungan dan akses terbatas pada teknologi modern (Eduafo dkk., 2024; Ragasa dkk., 2021)

Agenda kebijakan ini bertujuan untuk:

a. Menutup gap digital bagi perempuan tani, sehingga mereka dapat mengakses informasi, teknologi, dan pasar.
b. Menarik kembali milenial ke desa, menjadikan pertanian sebagai sektor yang inovatif, menguntungkan, dan berkelanjutan.
c. Memastikan keberlanjutan program inklusi, melalui struktur monitoring dan evaluasi berbasis bukti.

A. Strategi Inklusi Digital untuk Perempuan Tani
   a. Pelatihan Digital dan Literasi Teknologi
   b. Implementasi program pelatihan *e-learning* lokal: materi pertanian presisi, pemantauan cuaca, manajemen hama dan penyakit. Pelatihan dilakukan oleh fasilitator lokal, bekerjasama dengan penyuluh pertanian dan universitas pertanian. Kurikulum

disesuaikan dengan literasi digital rendah, menggunakan bahasa lokal, video pendek, dan modul interaktif.

c. Subsidi Perangkat Digital
d. Penyediaan *smartphone*, tablet, dan sensor pertanian sederhana. Model pembiayaan: subsidi pemerintah + kemitraan swasta untuk menurunkan biaya modal awal. Perangkat ini memungkinkan perempuan tani mengakses platform digital pertanian hybrid, termasuk informasi pasar dan *e-commerce* pertanian.
e. Mentoring dan Kelompok *Peer Learning*
f. Pembentukan kelompok mentor perempuan tani untuk berbagi pengalaman, praktik terbaik, dan troubleshooting teknologi. Mentor berperan untuk meningkatkan kepercayaan diri dan partisipasi aktif dalam penggunaan teknologi pertanian.

B. Strategi Partisipasi Pemuda Desa
a. Program "*Return-to-Village"*
b. Insentif bagi pemuda milenial untuk kembali ke desa melalui program startup pertanian digital. Dukungan meliputi pendanaan awal, akses pasar, dan pelatihan teknologi.
c. Tujuan: meningkatkan keterlibatan pemuda, modernisasi praktik pertanian, dan transfer teknologi.
d. Kompetisi Inovasi Pertanian
e. Kompetisi tahunan untuk ide pertanian berbasis teknologi, seperti aplikasi monitoring tanaman, drone pemupukan, dan sistem informasi pasar. Pemenang diberikan grant, pelatihan, dan inkubasi bisnis, mendorong inovasi lokal yang skalabel.
f. Insentif Finansial dan Kredit Mikro
g. Pemberian kredit mikro dengan bunga rendah untuk usaha pertanian inovatif. Integrasi program dengan lembaga keuangan lokal dan fintech pertanian, memudahkan akses modal bagi pemuda.

C. Matriks Protokol Kebijakan Inklusi *Gender* & Pemuda

Tabel 46. Matriks Protokol Kebijakan Inklusi *Gender* & Pemuda

Waktu	Perempuan Tani	Pemuda Desa	Indikator Keberhasilan
Jangka Pendek (1–2 thn)	Pelatihan digital dasar	Workshop & magang pertanian digital	% peserta menguasai platform digital, jumlah peserta program
Jangka Menengah (3–5 thn)	Subsidi perangkat & mentoring	Startup pertanian lokal & inkubator	% adopsi teknologi baru, jumlah startup baru, jumlah lapangan kerja tercipta
Jangka Panjang (>5 thn)	Kemandirian digital & kepemimpinan	Kepemimpinan pemuda & inovasi berkelanjutan	Peningkatan produktivitas, retensi pemuda, kesetaraan *gender* dalam pengambilan keputusan

D. Dimensi Implementasi
a. Teknologi: Platform hybrid dengan aplikasi *mobile*, portal *e-learning*, sensor pertanian IoT.
b. Sosial: Kelompok peer learning, mentoring, kompetisi inovasi.
c. Institusional: Kolaborasi pemerintah, universitas, NGO, dan swasta untuk pelatihan dan dukungan finansial.
d. Keadilan & Inklusi: Fokus pada akses setara bagi perempuan dan pemuda, menutup gap digital dan kesenjangan ekonomi.

E. Monitoring dan Evaluasi
a. Data partisipasi, adopsi teknologi, dan hasil produksi dipantau real-time.
b. Feedback digunakan untuk menyempurnakan kurikulum, program subsidi, dan model mentoring.
c. Evaluasi tahunan meliputi indikator sosial, ekonomi, dan teknologi, memastikan keberlanjutan dan skalabilitas program.

Reformasi Institusional MEL (*Monitoring, Evaluation, Learning*)

Efektivitas kebijakan pertanian modern tidak hanya ditentukan oleh alokasi anggaran atau adopsi teknologi, tetapi juga oleh kemampuan memantau, mengevaluasi, dan belajar dari implementasi program. Sistem MEL konvensional di sektor pertanian sering fragmented, manual, dan lambat, sehingga mengurangi akuntabilitas publik dan adaptasi kebijakan (Mockshell & Birner, 2020; Saha & Sharma, 2023). Reformasi MEL bertujuan untuk menciptakan sistem monitoring berbasis data *real-time* yang memungkinkan pengambilan keputusan berbasis bukti, evaluasi program berkelanjutan, dan pembelajaran adaptif di tingkat nasional dan daerah.

A. Tujuan Strategis Reformasi MEL
   a. Akuntabilitas Publik: Menyediakan data yang transparan dan dapat diverifikasi.
   b. Efektivitas Program: Mengidentifikasi kesenjangan implementasi dan mengoptimalkan alokasi sumber daya.
   c. Pembelajaran Adaptif: Memastikan kebijakan dapat disesuaikan secara responsif berdasarkan bukti lapangan.
   d. Skalabilitas & Replikasi: Menciptakan sistem yang dapat diterapkan di seluruh wilayah, termasuk daerah terpencil.

B. Komponen Utama Reformasi MEL
   a. Monitoring *Real-Time*
      Implementasi dashboard digital yang terintegrasi dengan sensor pertanian IoT, aplikasi *mobile*, dan laporan lapangan. Data yang dipantau meliputi: input pertanian, produksi, distribusi, harga pasar, dan kondisi sosial-ekonomi petani. Dashboard memungkinkan pemantauan berkelanjutan, meminimalkan keterlambatan informasi.
   b. Evaluasi Berbasis Bukti
      Sistem MEL berbasis data *real-time* memungkinkan evaluasi efektivitas program secara kuantitatif dan kualitatif. Integrasi feedback petani dan fasilitator lapangan sebagai komponen evaluasi. Analisis data dilakukan oleh unit evaluasi di kementerian dan pemerintah daerah, memastikan koreksi cepat pada program.
   c. Learning & Continuous Improvement
      Modul pembelajaran adaptif untuk penyuluh, petani, dan pengambil kebijakan. Pembelajaran mencakup best practices, studi kasus, dan strategi mitigasi risiko. Literasi kebijakan dilakukan secara periodik berdasarkan temuan evaluasi untuk peningkatan kualitas dan efektivitas program.

C. Protokol Implementasi MEL
   Langkah-langkah
   a. Pemetaan Indikator dan Data
   b. Definisikan indikator kinerja utama (KPI) untuk setiap program pertanian.
   c. Tentukan frekuensi pengumpulan data (harian, mingguan, bulanan).
   d. Integrasi Sistem Digital
   e. Kembangkan platform hybrid yang menggabungkan aplikasi *mobile*, portal web, dan sensor IoT.
   f. Pastikan sistem dapat diakses oleh pemerintah daerah, pusat, dan stakeholder terkait.
   g. Pelatihan SDM
   h. Latih penyuluh, fasilitator, dan petugas monitoring untuk mengoperasikan sistem MEL.
   i. Sertakan modul *troubleshooting* dan pelaporan berbasis data.
   j. Evaluasi Berkala
   k. Analisis data secara rutin untuk mengidentifikasi kesenjangan dan hambatan implementasi.
   l. Libatkan partisipasi masyarakat melalui feedback loops untuk validasi dan koreksi.
   m. Iterasi dan *Scaling*
   n. Gunakan hasil evaluasi untuk menyempurnakan kebijakan.
   o. Terapkan iterasi ini di tingkat nasional dengan penyesuaian lokal untuk keberlanjutan.

D. Matriks Reformasi MEL

Tabel 47. Matriks Reformasi MEL

Waktu	Inisiatif MEL	Deskripsi & Protokol	Indikator Keberhasilan
Pendek (1–2 thn)	Dashboard digital & laporan lapangan	Sistem monitoring real-time, input data harian	Jumlah data masuk per hari, % laporan tepat waktu
Menengah (3–5 thn)	Integrasi feedback masyarakat	Feedback petani & fasilitator diolah secara periodik	% feedback diterapkan, kepuasan stakeholder meningkat
Panjang (>5 thn)	Iterasi kebijakan & pembelajaran adaptif	Evaluasi berkelanjutan, modul pembelajaran, perbaikan program	Peningkatan produktivitas, akurasi data, adaptasi kebijakan cepat

E. Dimensi Strategis Implementasi
   a. Teknologi
      a) Integrasi platform *hybrid:* IoT, aplikasi *mobile*, portal monitoring.
      b) Fitur analitik dan visualisasi data untuk pengambilan keputusan cepat.
   b. Sosial
      a) Partisipasi aktif masyarakat dan fasilitator lokal dalam *feedback loop.*
      b) Pembentukan tim lokal untuk menjamin relevansi data dan interpretasi kontekstual.
   c. Institusional
      a) Kolaborasi pemerintah pusat, pemerintah daerah, universitas, NGO, dan swasta.
      b) Penetapan unit MEL di kementerian untuk koordinasi, analisis, dan rekomendasi kebijakan.
   d. Keadilan & Inklusi
      a) Data disusun untuk memantau dampak kebijakan terhadap perempuan tani, pemuda, dan kelompok marjinal.
      b) Menjamin bahwa reformasi MEL mendorong keadilan dalam alokasi sumber daya dan akses informasi.

F. Indikator Keberhasilan Reformasi MEL
   a. Efektivitas Program: meningkatnya jumlah program yang tepat sasaran dan berdampak signifikan.
   b. Kualitas Data: data lapangan lengkap, akurat, dan real-time.
   c. Partisipasi Masyarakat: tingkat feedback dan keterlibatan petani meningkat.
   d. Adaptasi Kebijakan: kecepatan iterasi kebijakan berdasarkan bukti meningkat.

Desentralisasi Pengetahuan

Pertanian 4.0 menuntut informasi dan teknologi yang relevan dengan kondisi lokal, baik dari sisi agroklimat, praktik pertanian, maupun bahasa. Konten digital generik yang dikembangkan pusat sering tidak efektif di tingkat desa, karena tidak menyesuaikan konteks sosiokultural dan kebutuhan spesifik petani. Desentralisasi pengetahuan bertujuan untuk:

a. Memastikan konten digital dan informasi pertanian relevan secara lokal.
b. Memberdayakan pemerintah daerah untuk berperan aktif dalam penyebaran informasi.
c. Memperkuat kapasitas adaptasi masyarakat terhadap inovasi pertanian digital.

A. Peran Strategis Pemerintah Daerah

   Pemerintah daerah memiliki posisi sentral sebagai jembatan antara kebijakan nasional dan implementasi lokal:
   a. Lokalisasi Konten Digital: Menyesuaikan modul pelatihan, aplikasi *mobile*, dan informasi pasar dengan kondisi setempat, termasuk bahasa lokal dan praktik pertanian spesifik.
   b. Validasi Teknologi dan Informasi: Pemerintah daerah bekerja sama dengan universitas, lembaga penelitian, dan NGO untuk memastikan konten digital tepat sasaran dan akurat.
   c. Fasilitasi Pelatihan dan Diseminasi: Mengorganisir workshop, demo lapangan, dan pelatihan berbasis aplikasi digital bagi petani dan penyuluh lokal.

B. Strategi Implementasi Desentralisasi
   a. Adaptasi Konten dan Modul Digital

      Konten modul e-learning disesuaikan dengan tipe tanaman lokal, kondisi tanah, dan musim tanam. Video tutorial dan panduan interaktif dibuat dalam bahasa lokal untuk

meningkatkan pemahaman. Materi digital mencakup praktik pertanian presisi, pest management, dan manajemen irigasi.

b. Kolaborasi Multi-*Stakeholder*
Universitas pertanian lokal menyediakan penelitian berbasis bukti untuk validasi konten. NGO menghubungkan program pelatihan dengan komunitas petani. Swasta menyediakan platform digital dan pelatihan teknis, termasuk update software dan maintenance perangkat IoT.

c. Monitoring dan Evaluasi Lokal
Pemerintah daerah bertanggung jawab atas monitoring penggunaan konten digital di lapangan. Sistem MEL lokal menyediakan *feedback loop*, yang diintegrasikan dengan dashboard nasional. Evaluasi mencakup aksesibilitas, relevansi konten, dan tingkat adopsi teknologi.

C. Tabel Strategi Desentralisasi Konten

Tabel 48. Strategi Desentralisasi Konten

Komponen	Peran Pemerintah Daerah	Peran Nasional	Dampak Strategis
Konten Digital	Lokalisasi modul e-learning, bahasa, praktik lokal	Standarisasi kualitas & pedoman nasional	Relevansi tinggi, adopsi luas, keterlibatan masyarakat meningkat
Pelatihan	Workshop lokal, demo lapangan, pendampingan	Dukungan modul, monitoring & evaluasi	Kapasitas petani meningkat, keterampilan teknologi berkembang
Feedback & Evaluasi	Monitoring penggunaan & pengumpulan feedback	Integrasi data ke sistem MEL nasional	Data lapangan valid, iterasi konten adaptif
Inovasi & Kolaborasi	Kolaborasi universitas, NGO, swasta	Pendanaan & regulasi	Inovasi teknologi berkelanjutan, keberlanjutan program

D. Matriks Kebijakan Desentralisasi Pengetahuan

Tabel 49. Kebijakan Desentralisasi Pengetahuan

Waktu	Inisiatif	Deskripsi	Indikator Keberhasilan
Pendek (1–2 thn)	Pilot lokalisasi konten	Modul digital diuji di 5–10 desa	Jumlah desa pilot, tingkat akses & penggunaan awal
Menengah (3–5 thn)	Skala regional	Modul disebarkan di seluruh kabupaten, integrasi feedback	% desa menggunakan modul, kepuasan pengguna
Panjang (>5 thn)	Sistem adaptif nasional	Konten adaptif terintegrasi MEL nasional	% adopsi luas, peningkatan produktivitas, partisipasi petani & penyuluh

E. Dimensi Implementasi

a. Teknologi
   a) Platform hybrid dengan konten modular dan interaktif, dapat disesuaikan di tiap wilayah.
   b) Fitur update otomatis untuk perubahan musim, hama, dan tren pasar.

b. Sosial
   a) Partisipasi komunitas dalam lokalisasi konten meningkatkan penerimaan dan keberlanjutan program.
   b) Mentoring dan peer learning mempermudah adaptasi teknologi.

c. Institusional
   a) Keterlibatan pemerintah daerah menjamin kontinuitas dan relevansi kebijakan.
   b) Kolaborasi multi-stakeholder mendukung transfer pengetahuan dan inovasi lokal.

d. Keadilan & Inklusi
   a) Semua konten lokal disesuaikan agar mencakup perempuan tani, pemuda, dan kelompok marginal.
   b) Memastikan akses setara dan pemanfaatan teknologi di seluruh desa.

F. Indikator Keberhasilan
   a. Tingkat adopsi modul digital di tingkat desa >80%.
   b. Keterlibatan petani dalam feedback loop meningkat tiap tahun.
   c. Kesesuaian konten dengan praktik lokal dan budaya terjamin.
   d. Evaluasi MEL nasional menunjukkan peningkatan efektivitas program berbasis konten lokal.

G. Penutup: Roadmap Pertanian 4.0 yang Berkeadilan
   Roadmap ini berfungsi sebagai panduan operasional dan peta jalan kebijakan untuk mewujudkan Pertanian 4.0 yang inklusif, berkeadilan, dan berbasis bukti, dengan fokus pada:
   a. Efektivitas program
   b. Skalabilitas teknologi dan institusi
   c. Inklusi *gender* dan pemuda
   d. Kesiapan adaptasi lokal dan budaya

➢ Investasi *Hybrid* & PPP

Infrastruktur hybrid memungkinkan monitoring *real-time*, efisiensi, dan integrasi skala nasional. PPP memanfaatkan inovasi swasta dan transfer kapasitas.

A. Inklusi *Gender* & Pemuda
   a. Program pelatihan digital dan mentoring menutup gap digital perempuan tani.
   b. Program startup, kompetisi inovasi, dan kredit mikro menarik pemuda kembali ke desa.
   c. Reformasi MEL
   d. Dashboard monitoring *real-time,* evaluasi berbasis bukti, dan iterasi kebijakan memastikan akuntabilitas dan adaptasi cepat.
   e. Desentralisasi Pengetahuan
   f. Konten digital lokal disesuaikan bahasa, praktik, dan budaya.
   g. Pemerintah daerah menjadi motor lokalisasi, memastikan relevansi dan partisipasi masyarakat.

B. Matriks *Roadmap* Strategis
   Tabel 50. *Roadmap* Strategis

Waktu	Investasi Hybrid & PPP	Inklusi *Gender* & Pemuda	Reformasi MEL	Desentralisasi Pengetahuan
Pendek (1–2 thn)	Pilot infrastruktur hybrid & PPP di 5–10 kabupaten	Pelatihan dasar digital & workshop mentoring	Dashboard monitoring & laporan lapangan	Pilot konten digital lokal
Menengah (3–5 thn)	Skalabilitas nasional & integrasi PPP	Subsidi perangkat, mentoring, startup pemuda	Integrasi feedback masyarakat, evaluasi berkala	Penyebaran konten ke seluruh kabupaten, kolaborasi universitas/NGO
Panjang (>5 thn)	Infrastruktur nasional penuh, upgrade teknologi	Kemandirian digital & kepemimpinan pemuda	Evaluasi berkelanjutan & pembelajaran adaptif	Sistem konten adaptif, monitoring nasional, keberlanjutan program

C. Dimensi Implementasi Roadmap
   a. Teknologi
      a) Platform hybrid integratif dengan aplikasi *mobile*, sensor IoT, dashboard nasional.
      b) Fitur analitik dan prediksi berbasis big data untuk pengambilan keputusan cepat.
   b. Sosial
      a) Partisipasi aktif masyarakat melalui feedback loop dan peer mentoring.
      b) Program inovasi pemuda meningkatkan kreativitas, kewirausahaan, dan adopsi teknologi.

c. Institusional
   a) Kolaborasi pemerintah pusat, pemerintah daerah, swasta, universitas, dan NGO.
   b) Reformasi MEL memastikan data-*driven policy* dan akuntabilitas.
d. Keadilan & Inklusi
   a) Fokus pada perempuan tani, pemuda desa, dan kelompok marginal.
   b) Program yang dirancang berkeadilan sosial, meningkatkan partisipasi, dan akses teknologi.

D. Indikator Keberhasilan *Roadmap*

Tabel 51. Indikator Keberhasilan *Roadmap*

Pilar	Indikator Pendek	Indikator Menengah	Indikator Panjang
Investasi Hybrid & PPP	Jumlah pilot & kabupaten terlibat	% adopsi nasional, integrasi PPP	Infrastruktur hybrid 100% nasional, upgrade berkelanjutan
Inklusi *Gender* & Pemuda	% peserta pelatihan digital	% adopsi teknologi & startup pemuda	Kemandirian digital, kepemimpinan pemuda, kesetaraan *gender*
Reformasi MEL	Data masuk harian & laporan tepat waktu	% feedback diterapkan, evaluasi berkala	Kebijakan adaptif berbasis bukti, peningkatan efektivitas program
Desentralisasi Pengetahuan	Jumlah desa pilot konten digital	% desa menggunakan konten lokal	Adopsi luas, peningkatan produktivitas, relevansi & keberlanjutan program

E. Strategi Implementasi Jangka Waktu
a. Pendek (1–2 tahun)
b. Fokus pada pilot proyek: infrastruktur hybrid, pelatihan digital dasar, dashboard monitoring, dan pilot konten lokal.
c. Tujuan: membangun basis data, kapabilitas SDM, dan validasi protokol kebijakan.
d. Menengah (3–5 tahun)
e. Skalabilitas nasional: integrasi PPP, distribusi konten digital, mentoring perempuan dan pemuda, startup lokal.
f. Evaluasi berkala untuk memastikan adopsi teknologi dan relevansi program.
g. Panjang (>5 tahun)
h. Infrastruktur nasional penuh, sistem MEL adaptif, dan konten digital terlokalisasi secara menyeluruh.
i. Kemandirian digital masyarakat, kepemimpinan pemuda, dan keberlanjutan inklusi *gender* tercapai.

F. Kesimpulan Akhir
a. Roadmap ini mengintegrasikan strategi teknis, sosial, institusional, dan inklusi untuk mewujudkan Pertanian 4.0 yang berkeadilan.
b. Dominasi model hybrid dan desentralisasi pengetahuan menjadi kunci efektivitas dan keberlanjutan kebijakan.
c. Implementasi roadmap menjamin efisiensi investasi, peningkatan partisipasi, adaptasi budaya, dan akuntabilitas publik.
d. Roadmap ini memberikan panduan operasional yang jelas bagi pengambil kebijakan, menjadikan pertanian modern inklusif, berbasis bukti, dan berkelanjutan.

Batasan Penelitian dan Arah Penelitian Mendatang: Menjelajahi *Frontier* Baru

A. Refleksi Metodologis

Analisis berbasis *Systematic Literature Review* (SLR) memiliki keunggulan dalam menyintesis bukti empiris, tetapi juga memiliki keterbatasan inheren yang perlu dikomunikasikan secara jujur. Refleksi metodologis ini penting untuk memahami validitas, reliabilitas, dan generalisasi temuan (Page, Moher, dkk., 2021)

a. Batasan Utama

Bahasa Publikasi

Studi yang dianalisis terbatas pada bahasa Inggris dan beberapa bahasa internasional utama, mengabaikan publikasi lokal atau bahasa minoritas.

Hal ini bisa mengurangi representasi konteks lokal, sosial, dan budaya tertentu, yang relevan untuk adaptasi kebijakan.

b. Rentang Waktu Studi
   Fokus pada publikasi 10–15 tahun terakhir, sehingga inovasi awal atau studi historis yang relevan tidak tercakup.
   Berpotensi menimbulkan bias temporal dalam kesimpulan terkait efektivitas teknologi pertanian.
c. Bias Publikasi
   Artikel yang diterbitkan cenderung memiliki hasil signifikan secara statistik.
   Studi dengan hasil negatif atau non-signifikan mungkin tidak terpublikasi, sehingga generalisasi efektivitas program bisa *overestimated.*
d. Keterbatasan Database
   Fokus pada Scopus Q1/Q2 dan WoS, sehingga grey literature, laporan pemerintah, dan studi NGO lokal tidak selalu tercakup.
e. Dampak Terhadap Generalisasi
   Generalisasi terbatas secara geografis: mayoritas studi berasal dari Asia dan Afrika; representasi Amerika Latin dan wilayah lain terbatas.
   Generalisasi terbatas pada populasi target tertentu, seperti perempuan tani dan petani kecil.
   Generalisasi terbatas secara temporal, karena teknologi digital berkembang cepat.
f. Kesimpulan Refleksi
   Transparansi dalam batasan metodologis meningkatkan kepercayaan terhadap temuan dan menunjukkan kebutuhan penelitian lanjutan untuk validasi lintas wilayah, populasi, dan konteks sosial-budaya.

***Frontier* Baru: *Agriculture* 5.0 – *Generative AI* dan Chatbot Cerdas**

Agriculture 5.0 menghadirkan teknologi *generative AI* (LLM) dan chatbot cerdas yang berfungsi sebagai asisten virtual bagi petani dan penyuluh, merevolusi praktik penyuluhan pertanian (Cole dkk., 2025). Teknologi ini memungkinkan:

a. Peningkatan akses informasi secara *real-time*
b. Prediksi dan rekomendasi pertanian presisi
c. Personalisasi edukasi dan pelatihan
d. Peran Generative AI dan Chatbot
e. Asisten *Virtual Real-Time*
   Memberikan rekomendasi pemupukan, irigasi, dan manajemen hama berdasarkan kondisi tanaman, cuaca, dan pasar.
f. Analisis Big Data dan Prediksi
   Mengolah data sensor IoT, citra satelit, laporan cuaca, dan harga pasar untuk memberikan insight strategis bagi keputusan pertanian.
g. Personalisasi Pembelajaran
   Modul interaktif disesuaikan dengan literasi, bahasa, dan kebutuhan spesifik petani dan penyuluh.
h. Tantangan dan Risiko
   Kualitas data training LLM harus relevan dengan konteks lokal.
   Risiko bias algoritmik yang mungkin merugikan kelompok marginal.
   Infrastruktur digital seperti internet cepat dan perangkat *mobile* diperlukan agar teknologi dapat diakses merata.

Tabel 52. Matriks Implementasi *Agriculture* 5.0

Waktu	Inisiatif	Target	Indikator Keberhasilan
Pendek (1–2 thn)	Pilot *chatbot* AI di 3–5 desa	Penyuluh & petani akses platform	Jumlah interaksi, kepuasan pengguna
Menengah (3–5 thn)	Integrasi LLM dengan sensor & data cuaca	Skalabilitas regional	Akurasi prediksi panen, tingkat adopsi
Panjang (>5 thn)	AI adaptif nasional	Semua petani & penyuluh	Efisiensi produksi, pengurangan gagal panen, inklusi digital

Blockchain untuk Transparansi

Blockchain menawarkan mekanisme transparansi dan keamanan dalam ekosistem penyuluhan pertanian. Teknologi ini memungkinkan:

a. Pelacakan bantuan pertanian dari pemerintah hingga petani.
b. Transparansi distribusi input seperti benih, pupuk, dan pestisida.
c. Auditabilitas program penyuluhan, mencegah korupsi dan penyalahgunaan sumber daya.
d. Potensi *Blockchain*
e. Setiap transaksi bantuan atau distribusi input dicatat dalam ledger immutable.
f. Smart contract dapat mengeksekusi distribusi otomatis sesuai kriteria penerima.
g. Data *blockchain* dapat diakses oleh stakeholder: pemerintah, penyuluh, petani, dan lembaga donor, meningkatkan kepercayaan.
h. Tantangan Implementasi
i. Infrastruktur digital yang terintegrasi dan aman.
j. Literasi digital petani yang memadai untuk mengakses platform berbasis *blockchain*.
k. Skalabilitas sistem di wilayah dengan akses internet terbatas.

Tabel 53. Matriks Implementasi *Blockchain*

Waktu	Inisiatif	Target	Indikator Keberhasilan
Pendek	Pilot *blockchain* untuk bantuan pupuk	3–5 kabupaten	Transaksi tercatat, partisipasi petani
Menengah	Integrasi smart contract dengan distribusi input	Skala regional	Kecepatan distribusi, kepuasan petani
Panjang	*Blockchain* nasional & integrasi penyuluhan	Semua daerah	Transparansi penuh, auditabilitas tercapai

Etika Data dan Algorithmic Bias

Pemanfaatan AI dan big data menimbulkan risiko diskriminasi algoritma terhadap petani kecil, perempuan tani, dan kelompok marginal. Analisis etika data adalah kunci agar teknologi tidak memperkuat ketimpangan (Saha & Sharma, 2023).

a. Risiko Utama
b. Bias Algoritmik
c. Model AI yang dilatih dengan data dominan dari petani besar dapat mengabaikan kebutuhan petani skala kecil.
d. Privasi Data
e. Data sensitif petani harus dilindungi agar tidak disalahgunakan.
f. Keadilan Akses
g. AI harus dapat diakses secara inklusif, tidak hanya bagi kelompok berpendapatan tinggi.
h. Strategi Mitigasi
i. Audit algoritma secara berkala untuk mendeteksi bias.
j. Penggunaan data representatif dari berbagai kelompok petani.
k. Kebijakan perlindungan data yang jelas dan transparan.

Tabel 54. Matriks Etika Data

Waktu	Inisiatif	Target	Indikator Keberhasilan
Pendek	Audit bias awal AI	LLM & chatbot	Laporan bias & rekomendasi mitigasi
Menengah	Kebijakan perlindungan data	Semua aplikasi digital	Kepatuhan kebijakan, tingkat keamanan data
Panjang	Integrasi prinsip etika dalam AI nasional	Semua layanan AI pertanian	Pengurangan diskriminasi algoritma, inklusi digital

Epilog Final: Visi Penyuluhan sebagai Pilar Kedaulatan Pangan

A. Visi Masa Depan

Penyuluhan pertanian di era teknologi harus menjadi pilar kedaulatan pangan dan kemanusiaan. Frontier technologies (AI, *blockchain*, big data) bukan tujuan akhir, tetapi alat untuk meningkatkan keberlanjutan, inklusi, dan keadilan. 10 Pertanyaan Riset Prioritas Masa Depan

a. Bagaimana AI generatif dapat menyesuaikan rekomendasi pertanian dengan konteks mikro-lokal?
b. Apa risiko bias algoritmik terhadap petani kecil dan perempuan tani?
c. Bagaimana *blockchain* dapat menjamin transparansi distribusi input pertanian secara nasional?
d. Model insentif apa yang efektif untuk menarik pemuda ke sektor pertanian digital?
e. Bagaimana platform digital hybrid dapat diterapkan di desa dengan konektivitas rendah?
f. Apa metrik evaluasi terbaik untuk menilai efektivitas pertanian 5.0?
g. Bagaimana integrasi data *real-time* memengaruhi adaptasi kebijakan publik?
h. Apa strategi mitigasi risiko etika dan privasi data di sistem AI pertanian?
i. Bagaimana teknologi frontier dapat meningkatkan resilience petani menghadapi perubahan iklim?
j. Apa dampak sosial jangka panjang dari automasi dan digitalisasi penyuluhan terhadap komunitas desa?

B. Kesimpulan Akhir

Frontier teknologi membuka peluang transformasi sistem penyuluhan, tetapi keberhasilan bergantung pada:

a. Keadilan dan inklusi digital
b. Transparansi dan akuntabilitas
c. Kolaborasi multi-*stakeholder*
d. Integrasi refleksi etika dan mitigasi bias
e. Dengan pendekatan visioner, pertanian masa depan dapat menjadi simbol kedaulatan pangan, inklusi, dan kemanusiaan, menutup kesenjangan teknologi dan sosial.

Frontier Baru: *Agriculture 5.0 – Generative AI* dan *Chatbot* Cerdas

Agriculture 5.0 menandai era baru transformasi pertanian di mana teknologi frontier seperti *Generative AI* (*Large Language Models*/LLM) dan chatbot cerdas menjadi asisten virtual bagi petani dan penyuluh. Teknologi ini tidak hanya menyediakan informasi, tetapi juga memberikan rekomendasi keputusan berbasis data, prediksi, dan pembelajaran adaptif (S. A. Cole & Fernando, 2020). Era ini menekankan integrasi teknologi cerdas dengan praktik lokal, memaksimalkan efektivitas penyuluhan, mempercepat adaptasi inovasi, dan meningkatkan ketahanan pangan di tingkat lokal hingga nasional.

A. Peran *Generative AI* dalam Pertanian 5.0

a. Asisten Pengetahuan *Real-Time*
   Chatbot AI menyediakan rekomendasi pemupukan, irigasi, pest management, dan manajemen panen sesuai kondisi spesifik tanaman, cuaca, dan wilayah.
   Memberikan layanan 24/7, mengurangi ketergantungan pada penyuluh manusia dan memperluas akses informasi.
b. Prediksi dan Analisis Data
   LLM mengolah big data sensor pertanian, citra satelit, laporan cuaca, dan tren pasar untuk menghasilkan prediksi hasil panen, potensi hama, dan harga pasar.
   Memungkinkan decision support system adaptif, yang mendukung keputusan berbasis bukti dan optimisasi input pertanian.
c. Personalisasi Pembelajaran
   Chatbot menyesuaikan konten edukasi dan pelatihan dengan level literasi, bahasa, dan kebutuhan spesifik petani.
   Mempercepat adopsi teknologi baru, mengurangi kesalahan operasional, dan meningkatkan produktivitas skala kecil hingga menengah.
d. Simulasi dan Scenario Planning
   AI dapat mensimulasikan berbagai skenario pertanian, seperti perubahan cuaca, harga pasar, dan penyakit tanaman, sehingga petani dapat menyiapkan strategi mitigasi secara proaktif.

B. Manfaat Strategis

a. Efisiensi Operasional
   Mengurangi waktu konsultasi manual dan biaya penyuluhan.

b. Akses Inklusif
   Memfasilitasi petani terpencil atau kelompok marginal untuk mendapatkan informasi yang relevan.
c. Pengambilan Keputusan Berbasis Data
   Memberikan insight prediktif yang dapat meningkatkan keuntungan dan ketahanan produksi.
d. Integrasi dengan Sistem MEL
   AI dapat terhubung dengan dashboard monitoring *real-time* untuk *feedback loop* yang adaptif dan responsif. 3. Tantangan dan Risiko
e. Kualitas dan Representativitas Data
   LLM memerlukan data akurat dan representatif dari berbagai wilayah, termasuk desa terpencil.
f. Bias Algoritmik
   Jika data training tidak inklusif, AI dapat mengabaikan kebutuhan perempuan tani dan petani skala kecil, meningkatkan ketimpangan digital.
g. Kesiapan Infrastruktur
   Koneksi internet, perangkat *mobile*, dan literasi digital menjadi syarat agar teknologi dapat diakses merata.
h. Keamanan dan Privasi Data
   Data petani bersifat sensitif; AI harus mematuhi standar perlindungan data untuk mencegah penyalahgunaan.
i. Keterbatasan Adaptasi Sosial
   Perubahan budaya kerja dan kepercayaan terhadap AI dapat menjadi hambatan adopsi awal.

C. Strategi Implementasi *Agriculture* 5.0

a. Pendek (1–2 Tahun)
   Pilot chatbot AI di 3–5 desa dengan penyuluh dan petani sebagai pengguna awal.
   Tujuan: mengumpulkan data awal interaksi, mengidentifikasi kesulitan adaptasi, dan menilai kepuasan pengguna.
b. Menengah (3–5 Tahun)
   Integrasi AI dengan sensor IoT, data cuaca, dan citra satelit di tingkat regional.
   Skalabilitas untuk kabupaten atau provinsi, memastikan prediksi dan rekomendasi dapat diakses lebih luas.
   Pelatihan SDM lokal untuk memanfaatkan AI secara optimal.
c. Panjang (>5 Tahun)
   AI adaptif nasional yang terintegrasi dengan dashboard MEL dan sistem *blockchain* untuk transparansi.
   Target: akses penuh bagi semua petani dan penyuluh, prediksi panen yang akurat, mitigasi risiko bencana pertanian, dan inklusi digital merata.

Tabel 55. Matriks Implementasi *Agriculture* 5.0

Waktu	Inisiatif	Target	Indikator Keberhasilan
Pendek (1–2 thn)	Pilot chatbot AI	3–5 desa	Jumlah interaksi per minggu, kepuasan pengguna >80%
Menengah (3–5 thn)	Integrasi AI dengan sensor & data cuaca	Skala regional	Akurasi prediksi panen >85%, adopsi AI >70%
Panjang (>5 thn)	AI adaptif nasional	Semua petani & penyuluh	Efisiensi produksi meningkat 20%, inklusi digital >90%, pengurangan gagal panen >15%

D. Pertanyaan Riset Prioritas untuk *Agriculture* 5.0

a. Bagaimana AI generatif menyesuaikan rekomendasi pertanian dengan kondisi mikro-lokal?
b. Apa risiko bias algoritmik terhadap kelompok marginal?
c. Bagaimana pengukuran efektivitas *chatbot* cerdas dalam meningkatkan produktivitas?

d. Apa metode terbaik untuk integrasi AI dengan sensor IoT dan data satelit di desa terpencil?
e. Bagaimana AI dapat mendukung adaptasi perubahan iklim dan mitigasi bencana pertanian?
f. Bagaimana strategi literasi digital dapat memastikan akses merata?
g. Apa model insentif yang efektif untuk mendorong penggunaan AI di kalangan petani skala kecil?
h. Bagaimana keamanan dan privasi data petani dijamin dalam sistem AI?
i. Bagaimana evaluasi MEL terintegrasi dapat memaksimalkan manfaat AI?
j. Bagaimana AI dapat berkolaborasi dengan model hybrid penyuluhan untuk efektivitas maksimum?

Blockchain untuk Transparansi dalam Ekosistem Penyuluhan Pertanian

Blockchain telah muncul sebagai teknologi *frontier* yang memungkinkan transparansi, keamanan, dan akuntabilitas dalam distribusi input pertanian dan program penyuluhan. Dalam konteks pertanian modern, *blockchain* dapat menjadi infrastruktur digital untuk menelusuri aliran bantuan, pupuk, benih, dan data penyuluhan, serta mendukung kepatuhan dan audit di seluruh ekosistem pertanian (Zhao dkk., 2015). Pemanfaatan *blockchain* sejalan dengan *Agriculture* 5.0, mengintegrasikan teknologi digital dan AI untuk meningkatkan efektivitas, kepercayaan, dan kedaulatan pangan.

A. Potensi *Blockchain* dalam Pertanian
   a. Transparansi Distribusi Bantuan
      Semua transaksi bantuan, termasuk pupuk, benih, dan subsidi, dicatat secara *immutable* di *ledger blockchain*.
      Memungkinkan pemerintah, NGO, dan donor memverifikasi distribusi secara *real-time.*
   b. Pelacakan Input Pertanian
      Setiap input pertanian dapat diberi token unik yang ditelusuri dari produsen hingga petani.
      Memberikan kepastian bahwa input berkualitas dan sesuai spesifikasi diterima petani.
   c. Audit dan Akuntabilitas
      Smart contract memungkinkan eksekusi otomatis kebijakan atau distribusi berdasarkan kriteria tertentu.
      Memastikan penggunaan sumber daya tepat sasaran, mengurangi risiko korupsi atau penyalahgunaan.
   d. Integrasi dengan AI dan MEL
      Blockchain dapat terhubung dengan LLM dan sistem monitoring *real-time*, menciptakan *loop feedback* otomatis untuk pengambilan keputusan berbasis data.

B. Manfaat Strategis *Blockchain*
   a. Efisiensi Administratif: Mengurangi biaya administrasi manual dan mempercepat alur distribusi.
   b. Kepercayaan *Stakeholder:* Petani, penyuluh, dan lembaga donor memiliki akses transparan terhadap aliran bantuan.
   c. Inovasi Kebijakan: Memungkinkan policy experimentation berbasis data yang tercatat dalam *blockchain*.
   d. Peningkatan Adopsi Teknologi: Membuka peluang integrasi dengan IoT, AI, dan digital marketplace.

C. Tantangan Implementasi
   a. Infrastruktur Digital
      Blockchain memerlukan server, jaringan internet stabil, dan perangkat *mobile*, yang belum merata di desa terpencil.
   b. Literasi Digital Petani
      Petani harus memahami dan memanfaatkan platform *blockchain*, termasuk interaksi dengan smart contract.

c. Skalabilitas dan Biaya Transaksi
   Biaya transaksi dan kapasitas *blockchain* publik harus dioptimalkan agar tidak membebani sistem.
d. Interoperabilitas Data
   Data dari pemerintah, swasta, dan NGO harus terintegrasi secara mulus agar *blockchain* berfungsi maksimal.
e. Regulasi dan Keamanan
   Perlindungan data pribadi dan keamanan siber harus dijamin agar informasi sensitif petani tidak disalahgunakan.

D. Strategi Implementasi *Blockchain*
a. Pendek (1–2 Tahun)
   Pilot *blockchain* untuk distribusi pupuk dan benih di 3–5 kabupaten.
   Tujuan: menguji transparansi alur, *smart contract,* dan tingkat adopsi petani.
b. Menengah (3–5 Tahun)
   Integrasi *blockchain* dengan AI, sensor IoT, dan sistem MEL regional.
   Target: skalabilitas regional untuk audit distribusi, efisiensi alokasi, dan pengumpulan data real-time.
c. Panjang (>5 Tahun)
   Implementasi nasional, menghubungkan pemerintah pusat, provinsi, penyuluh, petani, dan lembaga donor.

Tujuan: ekosistem penyuluhan digital inklusif, transparan, dan akuntabel.

Tabel 56. Matriks Implementasi *Blockchain*

Waktu	Inisiatif	Target	Indikator Keberhasilan
Pendek (1–2 thn)	Pilot *blockchain* distribusi input	3–5 kabupaten	Semua transaksi tercatat, transparansi >90%, partisipasi petani
Menengah (3–5 thn)	Integrasi *blockchain* dengan AI & IoT	Skala regional	Efisiensi distribusi meningkat 20%, adopsi teknologi >70%
Panjang (>5 thn)	*Blockchain* nasional & integrasi MEL	Semua provinsi	Auditabilitas penuh, pengurangan korupsi 25%, keterlibatan stakeholder >90%

E. Pertanyaan Riset Prioritas
a. Bagaimana *blockchain* dapat mengoptimalkan distribusi input pertanian di desa terpencil?
b. Apa strategi literasi digital untuk petani agar mampu menggunakan *blockchain*?
c. Bagaimana smart contract dapat mengautomasi distribusi berbasis kriteria penerima?
d. Apa dampak *blockchain* terhadap efisiensi biaya dan waktu distribusi input?
e. Bagaimana *blockchain* dapat terintegrasi dengan AI dan sensor IoT untuk prediksi panen?
f. Bagaimana regulasi nasional mendukung adopsi *blockchain* di sektor pertanian?
g. Bagaimana *blockchain* dapat mendorong inklusi *gender* dan kelompok marginal?
h. Apa risiko keamanan siber dan mitigasinya dalam ekosistem *blockchain* pertanian?
i. Bagaimana interoperabilitas data dari pemerintah, swasta, dan NGO dapat dijamin?
j. Bagaimana evaluasi MEL dapat memanfaatkan *blockchain* untuk decision support?

F. Risiko Utama *Algorithmic* Bias
a. Bias Data Input
   AI yang dilatih dengan data dominan dari petani skala besar dapat mengabaikan kebutuhan petani kecil dan marginal, seperti perempuan tani atau pemuda desa. Potensi bias ini dapat mengakibatkan rekomendasi yang tidak relevan atau diskriminatif.
b. Bias Model dan Algoritma
   Model AI yang dioptimalkan untuk efisiensi atau profitabilitas dapat mengabaikan aspek sosial dan inklusi. Algoritma prediktif berbasis big data pasar cenderung menguntungkan area yang sudah produktif, menambah kesenjangan antarwilayah.

c. Risiko Privasi dan Keamanan Data
   Data petani yang dikumpulkan melalui sensor IoT, aplikasi *mobile,* atau platform penyuluhan dapat disalahgunakan jika tidak ada perlindungan yang memadai. Risiko kebocoran data dapat merusak kepercayaan petani terhadap sistem digital.
d. Keterbatasan Literasi Digital
   Petani dengan literasi digital rendah mungkin tidak mampu menafsirkan rekomendasi AI atau menggunakan platform secara optimal, memperkuat ketimpangan akses.

G. Implikasi terhadap Kebijakan dan Penyuluhan
Penyuluhan digital harus memastikan inklusi semua kelompok agar teknologi tidak memperkuat ketidakadilan. Pemerintah dan penyuluh perlu menyesuaikan algoritma dengan konteks lokal, termasuk bahasa, budaya, dan praktik pertanian setempat. Evaluasi program harus mencakup indikator sosial dan etis, tidak hanya produktivitas dan keuntungan ekonomi.

H. Strategi Mitigasi Bias dan Etika Data
a. Audit Algoritma Berkala Memeriksa *output* AI untuk deteksi bias dan diskriminasi terhadap kelompok marginal.
b. Data Representatif dan Inklusif
   Mengumpulkan data dari *diverse farm profiles*, termasuk petani kecil, perempuan, dan daerah terpencil.
c. Transparansi Algoritma
   Menyediakan dokumentasi model AI yang dapat dipahami oleh penyuluh dan petani.
d. Proteksi Privasi dan Keamanan
   Mengimplementasikan standar data *privacy,* enkripsi, dan akses berbasis peran.
e. Pelatihan Literasi Digital
   Program edukasi bagi petani dan penyuluh untuk memahami rekomendasi AI dan sistem digital.
f. Integrasi dengan Kebijakan Publik
   Prinsip etika dan mitigasi bias harus tercantum dalam regulasi nasional terkait pertanian digital dan AI.

I. Matriks Implementasi Etika Data dan Mitigasi Bias
Tabel 57. Matriks Implementasi Etika Data dan Mitigasi Bias

Waktu	Inisiatif	Target	Indikator Keberhasilan
Pendek (1–2 thn)	Audit bias awal AI	LLM & chatbot	Laporan bias, rekomendasi mitigasi tersedia, kepatuhan awal >80%
Menengah (3–5 thn)	Pelatihan literasi digital & proteksi data	Petani & penyuluh regional	Partisipasi >70%, tingkat pemahaman >75%, data aman 100%
Panjang (>5 thn)	Integrasi prinsip etika & evaluasi adaptif	Nasional	Diskriminasi algoritma <5%, inklusi digital >90%, kepuasan petani tinggi

J. Pertanyaan Riset Prioritas
a. Bagaimana mengukur bias algoritmik dalam rekomendasi pertanian berbasis AI?
b. Apa metode terbaik untuk memastikan data representatif dari semua kelompok petani?
c. Bagaimana AI dapat menyeimbangkan efisiensi produksi dan keadilan sosial?
d. Bagaimana pelatihan literasi digital mempengaruhi adaptasi teknologi petani skala kecil?
e. Apa standar regulasi nasional yang dapat mengatur penggunaan AI secara etis di pertanian?
f. Bagaimana *blockchain* dapat mendukung transparansi dan akuntabilitas data AI?
g. Bagaimana mengintegrasikan indikator sosial dan etis dalam evaluasi program AI pertanian?
h. Apa strategi mitigasi risiko keamanan siber bagi data petani?
i. Bagaimana teknologi AI dapat menyesuaikan rekomendasi berdasarkan konteks lokal?
j. Bagaimana feedback petani dapat digunakan untuk memperbaiki algoritma secara iteratif?

K. Kesimpulan

Etika data dan mitigasi bias adalah prasyarat untuk keberhasilan pertanian digital yang inklusif. Sistem AI dan platform digital harus memberdayakan semua petani, termasuk perempuan tani dan kelompok marginal, bukan hanya meningkatkan efisiensi ekonomi. Implementasi strategi mitigasi dan regulasi etis akan menciptakan kepercayaan, inklusi, dan keberlanjutan jangka panjang.

Epilog Final: Visi Penyuluhan sebagai Pilar Kedaulatan Pangan dan Kemanusiaan

Penyuluhan pertanian telah berevolusi dari metode konvensional menuju model hybrid digital dan AI-driven, menandai transformasi fundamental dalam ekosistem pertanian global. Epilog ini menegaskan bahwa frontier teknologi seperti *Agriculture* 5.0, *blockchain*, dan platform hybrid bukan sekadar alat teknis, tetapi merupakan pilar kedaulatan pangan, keadilan sosial, dan kemanusiaan.

Visi ini mengintegrasikan temuan Sub-bab sebelumnya (SLR, AI, *blockchain*, etika data) ke dalam roadmap strategis menuju Pertanian 4.0–5.0 yang inklusif dan berkelanjutan.

A. Visi Strategis Penyuluhan Masa Depan

a. Inklusi Petani dan Penyuluh
   Semua petani, termasuk kelompok marginal, perempuan tani, dan pemuda desa, memiliki akses merata terhadap informasi, input, dan pelatihan berbasis digital.
b. Transparansi dan Akuntabilitas
   Semua interaksi, distribusi input, dan rekomendasi AI dicatat secara transparan, meminimalkan risiko penyalahgunaan.
c. Teknologi sebagai Alat Pemberdayaan
   AI generatif, *chatbot*, dan *blockchain* digunakan untuk mendukung keputusan, bukan menggantikan peran manusia.
d. Keberlanjutan dan Resiliensi
   Sistem penyuluhan mampu adaptif terhadap perubahan iklim, bencana, dan fluktuasi pasar, meningkatkan ketahanan pangan lokal.
e. Integrasi Sosial dan Etis
   Prinsip keadilan, inklusi, dan mitigasi bias algoritmik menjadi landasan implementasi teknologi.

B. Roadmap Implementasi Penyuluhan Digital

a. Jangka Pendek (1–2 Tahun)
   a) Pilot chatbot AI dan *blockchain* untuk distribusi input di 3–5 kabupaten.
   b) Pelatihan literasi digital untuk petani dan penyuluh.
   c) Audit awal algoritma untuk deteksi bias dan mitigasi etika.
b. Jangka Menengah (3–5 Tahun)
   a) Integrasi AI, *blockchain*, dan sensor IoT di tingkat regional.
   b) Skalabilitas sistem hybrid untuk provinsi, dengan evaluasi *real-time* data monitoring (MEL).
   c) Kebijakan dan regulasi nasional terkait etika data, privasi, dan akuntabilitas.
c. Jangka Panjang (>5 Tahun)
   a) Implementasi nasional, mencakup seluruh provinsi dan kabupaten, membentuk ekosistem pertanian digital inklusif dan transparan.
   b) Evaluasi berkelanjutan terhadap efektivitas, inklusi, dan keberlanjutan.
   c) Integrasi frontier technologies dalam semua aspek penyuluhan untuk mendukung Pertanian 5.0.

C. Dampak yang Diharapkan

a. Ekonomi Pertanian Lebih Efisien
b. Optimalisasi input, prediksi hasil panen, dan pengurangan kehilangan pasca panen.
c. Peningkatan Kapasitas Petani
d. Petani memperoleh pengetahuan real-time, keterampilan digital, dan akses pasar.
e. Keamanan dan Kedaulatan Pangan
f. Sistem penyuluhan adaptif menghadapi risiko iklim, hama, dan ketidakpastian pasar.
g. Inklusi Sosial

h. Perempuan tani, pemuda, dan kelompok marginal diberdayakan melalui akses teknologi dan informasi.
i. Akuntabilitas dan Kepercayaan Stakeholder
j. Transparansi *blockchain* dan audit AI meningkatkan kepercayaan pemerintah, donor, dan masyarakat.

D. Pertanyaan Riset Prioritas Masa Depan
a. Bagaimana penyuluhan digital dapat disesuaikan dengan konteks mikro-lokal?
b. Apa model AI dan hybrid platform yang paling efektif untuk inklusi petani marginal?
c. Bagaimana *blockchain* mendukung akuntabilitas dan transparansi distribusi input secara nasional?
d. Apa indikator kinerja utama untuk menilai efektivitas penyuluhan berbasis teknologi?
e. Bagaimana mitigasi bias algoritmik diimplementasikan secara berkelanjutan?
f. Bagaimana literasi digital dapat ditingkatkan untuk petani di wilayah terpencil?
g. Apa strategi adaptasi teknologi terhadap perubahan iklim dan risiko bencana?
h. Bagaimana evaluasi MEL terintegrasi dengan frontier technologies untuk kebijakan publik?
i. Bagaimana teknologi penyuluhan dapat meningkatkan daya tarik pemuda untuk bertani?
j. Apa mekanisme kolaborasi multi-*stakeholder* agar ekosistem pertanian digital inklusif?

E. Kesimpulan Epilog

Frontier technologies dalam penyuluhan pertanian bukan tujuan akhir, tetapi alat pemberdayaan, transparansi, dan inklusi. Keberhasilan Pertanian 4.0–5.0 membutuhkan harmonisasi teknologi, etika, dan kebijakan publik. Penyuluhan digital menjadi pilar kedaulatan pangan, keberlanjutan sosial, dan kemanusiaan, menutup kesenjangan teknologi, *gender*, dan generasi di desa. Implementasi roadmap ini mengarah pada sistem pertanian yang adaptif, akuntabel, dan berkeadilan, sekaligus menyiapkan landasan inovasi untuk masa depan pertanian global.

.

DAFTAR PUSTAKA

Agarwal, S., Perry, H. B., Long, L., & Labrique, A. B. (2015). Evidence on feasibility and effective use of mHealth strategies by frontline health workers in developing countries : systematic review *. *Tropical Medicine & International Health*, *20*(8), 1003–1014. https://doi.org/10.1111/tmi.12525

Aker, J. C., Ghosh, I., & Burrell, J. (2016). The promise (and pitfalls) of ICT for *agriculture* initiatives. *Agricultural Economics*, *47*(S1), 35–48. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/agec.12301

Akerlof, G. A. (1970). The market for lemons: Quality uncertainty and the market mechanism. *Quarterly Journal of Economics*, *84*(3), 488–500. https://doi.org/10.2307/1879431

Albrizio, S., Bluedorn, J., Koch, C., Pescatori, A., & Stuermer, M. (2023). Sectoral Shocks and the Role of Market Integration: The Case of Natural Gas. *AEA Papers and Proceedings*, *113*, 43–46. https://doi.org/10.1257/pandp.20231045

Alhassan, M., Gustafson, C. R., & Schoengold, K. (2022). Effects of information on smallholder irrigation farmers' willingness to pay for groundwater protectio. *Agricultural Economics*, *53*(4), 589–604. https://doi.org/10.1111/agec.12695

Alzahrani, M., Alotaibi, B., & Aldosari, F. (2023). Evaluating the effectiveness of digital agricultural advisory services. *Agricultural Systems*, 210. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103698

Anderson, J. R., & Feder, G. (2004). Article Navigation Journal Article Agricultural Extension: Good Intentions and Hard Realities. *World Bank Research Observer*, *19*(1), 41–60. https://doi.org/10.1093/wbro/lkh013

Asrat, P., Simane, B., & Hassen, A. (2023). Adaptation Benefits of Climate-Smart Agricultural Practices in the Blue Nile Basin: Empirical Evidence from North-West Ethiopia. In *Climate Change Adaptation in Africa*.

Athey, Ganapati, S., & Wong, W. F. (2023). *How Far Goods Travel: Global Transport and Supply Chains from 1965–2020*. *37*(3), 3–30. https://doi.org/10.1257/jep.37.3.3

Athey, S., & Imbens, G. W. (2023). Information technology and agricultural markets. *Annual Review of Economics.*, 685–725. https://doi.org/10.1146/annurev-economics-080217-053433

Ayim, C., Kassahun, A., Tekinerdogan, B., & Addison, C. (2022). Adoption of ICT innovations in the *agriculture* sector in Africa: A review of the literature. *Agricultural Systems*, 187. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102964

Baloch, M. A., Thapa, G. B., & Khan, M. A. (2022). Social networks and diffusion of agricultural innovations among farmers. *Journal of Rural Studies*, *91*, 45–55. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.01.013

Barnes, A. P., Bevan, K., Moxey, A., Grierson, S., & Toma, L. (2023). Identifying best practice in Less Favoured Area mixed livestock systems. *Agricultural Systems*, *208*(December 2022), 103664. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103664

Barrett, C. B. (2022). *Smallholder participation in agricultural value chains.* https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102023

Becker, G. S. (1964). *Winner of the Nobel Prize in Economics*. University of Chicago Press.

Bernstein, H. (2010). *Class Dynamics of Agrarian Change*. https://www.rienner.com/uploads/5a6f866b41e98.pdf

Biradar, C. M., Ghosh, S., Löw, F., Singh, R., Chandna, P., Sarker, A., Sahoo, R. N., Swain, N., Choudhury, G., Agrawal, S., Rizvi, N., El-Shamaa, K., Atassi, L., Dong, J., Gaur, A., & Werry, J. (2019). Geo big data and digital augmentation for accelerating agroecological intensification in drylands. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, *42*(3/W6), 545–548. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-W6-545-2019

Birner, R. (2021). *Who drives the digital revolution in agriculture ? A review of supply-side trends , players and challenges*. *December 2020*, 1260–1285. https://doi.org/10.1002/aepp.13145

Birner, R., Davis, K., & Pender, J. (2009). From best practice to best fit: A framework for analyzing pluralistic agricultural advisory services. *Journal of Agricultural Education and Extension.*, *100*. https://doi.org/10.1080/13892240903309595

Birner, R., Davis, K., Pender, J., Nkonya, E., Anandajayasekeram, P., Ekboir, J., Mbabu, A., Spielman, D. J., Horna, D., Benin, S., & Cohen, M. (2009). From Best Practice to Best Fit: A Framework for Designing and Analyzing Pluralistic Agricultural Advisory Services Worldwide. *The Journal of Agricultural Education and Extension*, *15*(4), 341–355. https://doi.org/10.1080/13892240903309595

Bramer, W. M., Rethlefsen, M. L., Kleijnen, J., & Franco, O. H. (2017). Optimal database combinations for literature searches in systematic reviews : a prospective exploratory study. *Systematic Reviews*, 1–12. https://doi.org/10.1186/s13643-017-0644-y

Braun, V., & Clarke, V. (2020). One size fits all? What counts as quality practice in (reflexive) thematic analysis? *Qualitative Research in Psychology*, *00*(00), 1–25. https://doi.org/10.1080/14780887.2020.1769238

Bronson, K., & Knezevic, I. (2016). *Big Data in food and agriculture*. *June*, 1–5. https://doi.org/10.1177/2053951716648174

Chambers, R., Pacey, A., & Thrupp, L. (1989). *Farmer first: Farmer innovation and agricultural research.* Intermediate Technology Publications.

Chen, C., Sanjuan, F. I., & Hou, J. (2018). The Structure and Dynamics of Co - Citation Clusters : A Multiple - Perspective Co - Citation Analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology.*, 1–33.

Cole, S. (2025). *Agricultural digitalization and rural development in COVID-19 response plans : A review article*. *17*, 67–74. https://li04.tci-thaijo.org/index.php/IJAT/article/download/5910/536

Cole, S. A., & Fernando, A. N. (2020). *'Mobile'izing Agricultural Advice: Technology Adoption, Di ↵ usion, and Sustainability ↼ † ‡*.

Cole, S., Goldberg, J., Zhu, J., & Harigaya, T. (2025). *The impact of digital agricultural extension service : Experimental evidence from rice farmers in India*.

Conley, T. G., Udry, C. R., Conley, T. G., & Udry, C. R. (2000). *A Digital Platform for Scholarly Publishing at Yale Learning About a New Technology : Pineapple in Ghana Learning About a New Technology : Pineapple in Ghana *.* https://academiccommons.columbia.edu/doi/10.7916/D8GM8HWG/download

Danso-Abbeam, G., Ehiakpor, D. S., & Aidoo, R. (2018). Agricultural extension and its effects on farm productivity and income: Insight from Northern Ghana. *Agriculture and Food Security*, *7*(1), 1–10. https://doi.org/10.1186/s40066-018-0225-x

Doss, C. (2018). The fourth industrial revolution, agricultural and rural innovation, and implications for public policy and investments: a case of India. *Agricultural Economics*, *48*(1), 87–100. https://onlinelibrary.wiley.com/journal/15740862

Doss, C. R. (2018). Women and agricultural productivity: Reframing the Issues. *Development Policy Review*, *36*(1), 35–50. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/dpr.12243

Eduafo, E., Antwi-Agyei, P., & Abunyewa, A. (2024). Digital *agriculture* and youth engagement in smallholder farming systems. *Agricultural Systems*, 214. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103840

Eid, E. M., & Galal, T. M. (2020). *Uptake prediction of ten heavy metals by Corchorus olitorius L . cultivated in soil mixed with sewage sludge*. *July 2019*, 1–13. https://doi.org/10.1002/fes3.203

Fabregas, R., Kremer, M., & Schilbach, F. (2019). *Realizing the potential of digital development: The case of agricultural advice*. *1328*(December). https://doi.org/10.1126/science.aay3038

FAO. (2011). *The State of Food and Agriculture 2010–2011: Women in agriculture—Closing the gender gap for development. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.* https://www.fao.org/3/i2050e/i2050e.pdf

FAO. (2023). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum.* https://doi.org/10.4060/cc3017en

Faure, G., Desjeux, Y., & Gasselin, P. (2012). New Challenges in Agricultural Advisory Services from a Research Perspective: A Literature Review, Synthesis and Research Agenda. *Journal of Agricultural Education and Extension*, *18*(5), 461–492. https://doi.org/10.1080/1389224X.2012.707063

Folke, C., Biggs, R., Norström, A., Reyers, B., & Rockström, J. (2016). Social-ecological resilience and biosphere-based sustainability science. *Ecology and Society, 21*(3), 41. https://scholar.sun.ac.za/bitstream/handle/10019.1/102069/folke_social_2016.pdf?sequence=1

Gershon Feder, D. F. (1991). Land Tenure and Property Rights: Theory and Implications for Development Policy. *The World Bank Economic Review*, *5*(1), 135–153. https://doi.org/10.1093/wber/5.1.135

Gough, D., Oliver, S., & Thomas, J. (2017). *An Introduction To Systematic Reviews*.

GSMA. (2023). *The Mobile Gender Gap Report 2023*. https://www.gsma.com/r/*mobilegender*gap/

Gusenbauer, M., & Haddaway, N. R. (2020). Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses ? Evaluating retrieval qualities of Google Scholar , PubMed , and 26 other resources. *Wiley*, *November 2018*, 181–217. https://doi.org/10.1002/jrsm.1378

Hall, A. (2006). Improved collective decision-making in action for irrigated rice farmers in the Senegal River Valley. *Agricultural Systems*, *89*(1–2), 299–323. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2005.09.006

Han, G., & Niles, M. T. (2023). An adoption spectrum for sustainable *agriculture* practices: A new framework applied to cover crop adoption. *Agricultural Systems*, *212*, 103771. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103771

Hansen, J., Hellin, J., Rosenstock, T., Fisher, E., Cairns, J., Stirling, C., Lamanna, C., Etten, J. Van, Rose, A., & Campbell, B. (2019). Climate risk management and rural poverty reduction. *Agricultural Systems*, *172*(July 2017), 28–46. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.01.019

Heeks, R. (2017). *Information and Communication Technology for Development (ICT4D)*. Routledge. https://api.taylorfrancis.com/content/books/mono/download?identifierName=doi&identifierValue=10.4324/9781315652603&type=googlepdf

Higgins, julian p. ., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. j, & Welch, V. A. (2019). Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. *Wiley Blackwell*.

Hilbert, M. (2011). *Digital gender divide or technologically empowered women in developing countries ? A typical case of lies , damned lies , and statistics*. 1–25. https://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm?abstractid=2039116

Hilbert, M. (2016). *The bad news is that the digital access divide is here to stay : 2014*, 1–23. https://escholarship.org/content/qt2jp4w5rq/qt2jp4w5rq_noSplash_e65d1adb8533923a57dff5f69f155dd2.pdf

Hofstede, G. (2001). *Culture's consequences: Comparing values, behaviors, institutions, and organizations across nations*. Sage publication.

Hong, quan nha, Fabregues, S., Bartlett, G., Boardman, F., Cargo, M., & Dagenais, P. (2018). The Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) version 2018 for information professionals and researchers Quan Nha HONG. *Education for Information*, 1–9. https://doi.org/10.3233/EFI-180221.

Ikeoji, C. N., & Agbidi, S. S. (2022). Improving extension agents and cassava farmers ' attitude and resilience to end poverty in a pandemic era. *Agricultural Economics Review*, 45–60. https://www.researchgate.net/profile/Aondonenge-Teran/publication/362058731_FAMAN_34TH_ANNUAL_CONFERENCE/links/62d3f1e8d351bd24f51f0e87/FAMAN-34TH-ANNUAL-CONFERENCE.pdf

IPPC. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability.* https://doi.org/10.1017/9781009325844

Ittersum, V., K., M., van Bussel, L. G., Wolf, J., Grassini, P., van Wart, J., Guilpart, N., & Cassman, K. G. (. (2016). Translating the Sustainable Development Goals into action: A participatory backcasting approach for developing national agricultural transformation pathways. *Global Food Security*, *10*, 71–79. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.08.002

Karimi, S., Chizari, M., & Biemans, H. (2018). Farmer satisfaction with agricultural extension services. *Journal of Agricultural Education and Extension*, *24*(3), 263–278. https://doi.org/10.1080/1389224X.2018.1432490

Kassie, M., Jaleta, M., Shiferaw, B., Mmbando, F., & Mekuria, M. (2013). *Technological Forecasting & Social Change Adoption of interrelated sustainable agricultural practices in smallholder systems : Evidence from rural Tanzania*. *80*, 525–540. https://www.academia.edu/download/95640209/j.techfore.2012.08.00720221212-1-1q80u1.pdf

Kim, J., Mason, N. M., Mather, D., & Wu, F. (2021). The effects of the national agricultural input voucher scheme (NAIVS) on sustainable intensification of maize production in Tanzania. *Journal of Agricultural Economics*, *72*(3), 857–877. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1477-9552.12431

Kitchenham, B., & Brereton, P. (2013). A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and Software Technology*, *55*(12), 2049–2075. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2013.07.010

Klerkx, L., & Begemann, S. (2020). Supporting food systems transformation : The what , why , who , where and how of mission-oriented agricultural innovation systems. *Agricultural Systems*, *184*(June), 102901. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102901

Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences A review of social science on digital *agriculture* , smart farming and *agriculture* 4 . 0 : New contributions and a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, *90–91*(November), 100315. https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315

Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2022). A review of social science on digital *agriculture* , smart farming and *agriculture* 4 . 0 : New contributions and a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, *90–91*, 100315. https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315

Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2009). Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological Forecasting and Social Change*, *78*(6), 849–860. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.10.001

Klerkx, L., Van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012a). Evolution of systems approaches to agricultural innovation. *Agricultural Systems*, *108,* 1–10. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.04.002

Klerkx, L., Van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012b). *Evolution of systems approaches to agricultural innovation*. https://www.academia.edu/download/96101363/978-94-007-4503-2.pdf#page=456

Kraemer-Mbula, E., Tijssen, R., Wallace, M. L., & McLean, R. (2021). Transforming research excellence: New ideas from the global south. *Research Policy, 50*(9). https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104295

Kuhmonen, I., & Kuhmonen, T. (2023). Transitions through the dynamics of adaptive cycles: Evolution of the Finnish agrifood system. *Agricultural Systems*, *206*(August 2022), 103604. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103604

Kusek, J. Z., & Rist, R. C. (2004). *Ten Steps to a Results-Based Monitoring and Evaluation System*. World Bank.

Lawrence, J., Blackett, P., & Cradock-henry, N. A. (2020). Cascading climate change impacts and implications. *Climate Risk Management*, *29*(August 2019), 100234. https://doi.org/10.1016/j.crm.2020.100234

Lee-geiller, S., & David, T. (2019). *Using government websites to enhance democratic E-governance : A conceptual model for evaluation*. *36*(February), 208–225. https://www.academia.edu/download/64283728/GIQ_DEWEM_2019.pdf

Lequieu, A. M. (2017). *“ We made the choice to stick it out ” : Negotiating a stable home in the rural , American Rust Belt*. *53*, 202–213. https://www.academia.edu/download/56680871/wemadethechoice_writingsample_AML.pdf

Lowder, S. K., Skoet, J., & Raney, T. (2016). The Number , Size , and Distribution of Farms , Smallholder Farms , and Family Farms Worldwide q. *World Development*, *87*, 16–29. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.10.041

Mahlangu, S., Van der Merwe, M., & Zwane, E. (2021). Sustainability of agricultural extension programmes. *Journal of Agricultural Education and Extension*, *27*(4), 495–512. Journal of Agricultural Education and Extension

Mansuri, G., & Rao, V. (2013). *Localizing Development: Does Participation Work?* World Bank. 10.1596/978-0-8213-8256-1

Marvin, H. J. P., & Bouzembrak, Y. (2020). A system approach towards prediction of food safety hazards : Impact of climate and agrichemical use on the occurrence of food safety hazards. *Agricultural Systems*, *178*(November 2019), 102760. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102760

Meena, R. S., Kumar, S., & Bohra, J. S. (2022). Digital *agriculture* advisory services and climate-smart farming adoption. *Environmental Development*, 44. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2022.100729

Mehrabi, Z., McDowell, M., & Ricciardi, V. (2021). The digital revolution in *agriculture*. *Nature Food, 2*, 104–109. https://doi.org/10.1038/s43016-021-00225-2

Meinzen-dick, R., Quisumbing, A., Doss, C., & Theis, S. (2019). Women ’ s land rights as a pathway to poverty reduction : Framework and review of available evidence. *Agricultural Systems*, *172*(November 2017), 72–82. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.10.009

Meza, F., Darbyshire, R., Farrell, A., Lakso, A., Lawson, J., Meinke, H., Nelson, G., & Stockle, C. (2023). Assessing temperature-based adaptation limits to climate change of temperate perennial fruit crops. *Global Change Biology*, *29*(9), 2557–2571. https://doi.org/10.1111/gcb.16601

Mockshell, J., & Birner, R. (2020). Who has the better story? On the narrative foundations of agricultural development dichotomies. *World Development*, *135*, 105043. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105043

Mongeon, P., & Paul-hus, A. (2016). *The Journal Coverage of Web of Science and Scopus : a Comparative Analysis*. 1–17.

Muzorewa, T., & Chitakira, M. (2025). Farmer field schools and climate adaptation capacity among smallholder farmers. *Journal of Rural Studies,* 104,.

Ndimbo, J., Mdoe, N., & Boniface, G. (2024). Digital literacy and adoption of agricultural advisory services among smallholder farmers. *Agricultural Systems*, 214. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103843

Ngowi, H., Mtega, W., & Sanga, C. (2015). Information and communication technologies for agricultural extension in developing countries. *Information Development, 31*(2), 126–135. https://doi.org/10.1177/0266666913516008

Norman, D., & Draper, S. (2016). *User-centered system design: New perspectives on human–computer interaction.* CRC Press. https://doi.org/10.1201/b15703

North, D. C. (1990). Institutions, institutional change and economic performance. *Cambridge University Press*.

Novotny, I. P., Boul, N., Attiogb, K. S., Fousseni, F., Dray, A., & Waeber, P. O. (2024). *Exploring farmer choices in Southern Togo : Utilizing a strategy game to understand decision-making in agricultural practices*. *218*(October 2023). https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.103960

Nthoesane, M., & Teele, R. (2024). Youth perceptions of *agriculture* and the role of social media in rural transformation. *Journal of Rural Studies,* 105. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2024.103250

Okoye, C., Onyeneke, R., & Igberi, C. (2021). The effects of the national agricultural input voucher scheme (NAIVS) on sustainable intensification of maize production in Tanzania. *Journal of Agricultural Economics, 72*(3), 876–895. https://doi.org/10.1111/1477-9552.12431

Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action.* Cambridge University Press.

Page, M. J., Mckenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-wilson, E., Mcdonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement : an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Page, M. J., Moher, D., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-wilson, E., Mcdonald, S., … Prisma, M. (2021). RESEARCH METHODS AND REPORTING PRISMA 2020 explanation and elaboration : updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews review findings . The Preferred. *BMJ*. https://doi.org/10.1136/bmj.n160

Pingali, P. L. (2012a). *Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead*. *109*(31), 12302–12308. https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109

Pingali, P. L. (2012b). Green revolution: Impacts, limits, andthe path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *109*(31), 12302–12308. https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109

Platteau, & Jean-Philippe. (2019). Elite Capture in Participatory Development. *World Development*.

Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., & Wratten, S. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nature Sustainability, 1*(8), 441–446. https://doi.org/10.1038/s41893-018-0114-0

Putnam, R. D. (2009). *Bowling Alone : America ' s Declining Social Capital*. 1–11. https://www.historyofsocialwork.org/1995_Putnam/1995, Putnam, bowling alone.pdf

Ragasa, C., Berhane, G., Tadesse, F., & Taffesse, A. (2021). Butterflies, organized crime, and "sad trees": A critique of the Monarch Butterfly Biosphere Reserve Program in a context of rural violence. *World Development*, *142*. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105420

Ragasa, C., Berhane, G., Tadesse, F., & Taffesse, A. S. (2012). *Gender Differences in Access to Extension Services and Agricultural Productivity*. *December*. https://cgspace.cgiar.org/bitstreams/738b6913-c459-4c41-bf98-4a0253169bdb/download

Ragasa, C., Lambrecht, I., & Kufoalor, D. S. (2017). Limitations of Contract Farming as a Pro-poor Strategy : The Case of Maize Outgrower Schemes in Upper West Ghana. *World Development*, *102*, 30–56. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.09.008

Rivera, W. M., Qamar, M. K., & Crowder, L. V. (2001). *Agricultural and Rural Extension Worldwide : Options for Institutional Reform in the Developing Countries Agricultural and Rural Extension Worldwide : Options for Institutional Reform in the Developing Countries*.

Rogers, E. M. (2003a). *Diffusion of Innovations (5th ed.). Free Press.*

Rogers, E. M. (2003b). *DIFFUSION OF Third Edition*.

Röling, N. G. (1988). *Extension science: Information systems in agricultural development.* Cambridge University Press.

Rothstein, B., & Stolle, D. (2008). The State and Social Capital An Institutional Theory of Generalized Trust. *Comparative Politi*, 441–459. https://lanekenworthy.net/wp-content/uploads/2018/01/reading-rothsteinstolle2008.pdf

Rotz, S. (2019). Household livelihood diversification and *gender*: Panel evidence from rural Kenya. *Journal of Rural Studies*, *69*, 156–172. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.03.001

Saha, S., & Sharma, N. (2023). *Analysing Attitude of the Farmers Towards*. *August 2024*. https://doi.org/10.54986/irjee/2023/jan

Schultz, T. W. (1964). *Transforming Traditional Agriculture*. Yale University Press.

Singh, N. K., Sunitha, N. H., Tripathi, G., Elizabeth, A., & Jeba, M. V. K. (2023). *Impact of Digital Technologies in Agricultural Extension*. *41*(9), 963–970. https://doi.org/10.9734/AJAEES/2023/v41i92127

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology : An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, *104*(August), 333–339. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039

Steinke, J., Etten, J. Van, Müller, A., Ortiz-crespo, B., Gevel, V. De, Silvestri, S., Priebe, J., Steinke, J., Etten, J. Van, Müller, A., Ortiz-crespo, B., & Ortiz-crespo, B. (2021). Tapping the full potential of the digital revolution for agricultural extension : an emerging innovation agenda. *International Journal of Agricultural Sustainability*, *5903*, 549–565. https://doi.org/10.1080/14735903.2020.1738754

Steinke, J., van Etten, J., Müller, A., Ortiz-Crespo, B., van de Gevel, J., Silvestri, S., & Priebe, J. (2021). Tapping the full potential of the digital revolution for agricultural extension: an emerging innovation agenda. *International Journal of Agricultural Sustainability*, *19*(5–6), 549–565. https://doi.org/10.1080/14735903.2020.1738754

Stiglitz, J. E. (2000). T. contributions of the economics of information. Q. J. of E. (2000). *The contributions of the economics of information to twentieth century economics*. *November*, 1441–1478. https://academiccommons.columbia.edu/doi/10.7916/D8GM8HWG/download

Swanson, B. E. (2008). *Global Review of Good Agricultural Extension and Advisory Service Practices*. FAO.

Tadesse, B., Hailu, A., & Tesfaye, K. (2022). Farmers' organizations and climate adaptation among smallholder farmers. *Climate and Development, 14*(6), 529–540. https://doi.org/10.1080/17565529.2021.1948290

Tedeeva, V., & Tedeeva, A. (2024). Soybean yield dependence on the timing of sowing in the conditions of the foothill zone of the RNO-Alania. *E3S Web of Conferences*, *480*, 1–7. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448003028

Teshome, A., Tesfaye, K., & Holden, S. (2021). Agricultural extension and household resilience in Ethiopia. *Food Security, 13*, 1347–1362. https://doi.org/10.1007/s12571-021-01192-5

Timmer, C. P. (2015). Food security and scarcity. Food Policy. In *scienceDirect* (Vol. 49, Issue 2). https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.10.005

Van Deursen, A., & Van Dijk, J. (2014). The digital divide shifts to differences in usage. *New Media & Society*, *15*(3). https://doi.org/10.1177/1461444813487959

Van Dijk, J. (2020). *The digital divide*. Polity Press. https://doi.org/10.1002/9781119311827

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, *153*, 69–80. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023

World, B. (2022). *Data-driven digital agriculture*.

Zeweld, W., Huylenbroeck, G., Tesfay, G., Azadi, H., & Speelman, S. (2019). Economic viability for deploying hydroponic system in emerging countries: A differentiated risk adjustment proposal. *Land Use Policy*, *84*, 211–219. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.020

Zhao, J., Bai, W., Zeng, Q., Song, S., Zhang, M., Li, X., Hou, L., Xiao, Y., Luo, M., Li, D., Luo, X., & Pei, Y. (2015). Moderately enhancing cytokinin level by down-regulation of GhCKX expression in cotton concurrently increases fiber and seed yield. *Molecular Breeding*, *35*(2). https://doi.org/10.1007/s11032-015-0232-6

GLOSARIUM

1. Adopsi Inovasi
   Proses penerimaan dan penggunaan teknologi atau praktik baru oleh individu atau kelompok dalam suatu sistem sosial.
2. Adopsi Teknologi Pertanian
   Proses penerimaan dan penerapan teknologi baru oleh petani untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi usaha tani.
3. AgTech (*Agricultural Technology*)
   Inovasi teknologi yang diterapkan dalam sektor pertanian untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan sistem produksi pangan.
4. *Agricultural Innovation System* (AIS)
   Sistem interaksi antara berbagai aktor seperti petani, lembaga penelitian, pemerintah, dan sektor swasta dalam menghasilkan dan menyebarkan inovasi pertanian.
5. *Agricultural Transformation*
   Perubahan struktural dalam sektor pertanian yang mencakup peningkatan produktivitas, diversifikasi ekonomi, dan modernisasi sistem produksi.
6. *Agriculture* 4.0
   Tahap perkembangan pertanian yang ditandai dengan digitalisasi sistem produksi melalui penggunaan sensor, Internet of Things, big data, dan otomatisasi.
7. *Agriculture* 5.0
   Era pertanian berbasis teknologi cerdas yang mengintegrasikan kecerdasan buatan, big data, robotika, dan analitik prediktif untuk pengambilan keputusan berbasis data.
8. *Artificial Intelligence* (AI)
   Teknologi komputasi yang memungkinkan sistem digital melakukan pembelajaran dari data untuk menghasilkan prediksi atau keputusan.
9. Big Data
   Kumpulan data dalam jumlah besar yang dapat dianalisis untuk menghasilkan informasi dan pola yang berguna dalam pengambilan keputusan.
10. Blockchain
    Teknologi pencatatan data digital terdistribusi yang menjamin transparansi dan keamanan transaksi.
11. *Blended Extension*
    Pendekatan penyuluhan yang menggabungkan metode tatap muka dengan teknologi digital dalam penyampaian informasi kepada petani.
12. *Capacity Building*
    Upaya meningkatkan kemampuan individu, organisasi, atau masyarakat dalam menjalankan fungsi dan mencapai tujuan pembangunan.
13. Chatbot Pertanian
    Sistem berbasis kecerdasan buatan yang dapat memberikan informasi atau rekomendasi pertanian melalui interaksi digital.
14. *Climate-Smart Agriculture*
    Pendekatan pertanian yang dirancang untuk meningkatkan produktivitas sekaligus meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim.
15. *Co-Creation of Knowledge*
    Proses kolaboratif dalam menghasilkan pengetahuan melalui interaksi antara ilmuwan, penyuluh, dan petani.
16. Data Analytics
    Proses analisis data untuk menemukan pola, hubungan, dan informasi yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan.

17. *Decision Support System* (DSS)
    Sistem berbasis komputer yang membantu pengambilan keputusan melalui analisis data dan model prediktif.
18. Digital *Advisory Services*
    Layanan penyuluhan pertanian yang disampaikan melalui teknologi digital seperti aplikasi *mobile* atau platform online.
19. Digital *Agriculture*
    Pendekatan pertanian yang memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi produksi dan pengelolaan sumber daya.
20. Digital *Divide*
    Ketimpangan akses terhadap teknologi digital antara kelompok masyarakat yang berbeda.
21. Digital *Ecosystem*
    Sistem jaringan digital yang menghubungkan berbagai aktor, teknologi, dan sumber daya dalam suatu lingkungan ekonomi.
22. Digital *Inclusion*
    Upaya untuk memastikan seluruh kelompok masyarakat memiliki akses terhadap teknologi digital.
23. Digital *Literacy*
    Kemampuan individu dalam menggunakan teknologi digital untuk memperoleh dan memanfaatkan informasi.
24. Digital Platform
    Sistem berbasis internet yang menghubungkan pengguna dan penyedia layanan dalam suatu jaringan digital.
25. *Digital Transformation*
    Proses integrasi teknologi digital ke dalam berbagai sektor ekonomi dan sosial.
26. *Diffusion of Innovation*
    Proses penyebaran inovasi dalam suatu sistem sosial dari waktu ke waktu.
27. *E-Extension*
    Sistem penyuluhan pertanian yang menggunakan teknologi informasi dan komunikasi dalam penyampaian informasi.
28. *Ecosystem of Innovation*
    Jaringan hubungan antara berbagai aktor dalam pengembangan inovasi.
29. *Evidence-Based Policy*
    Kebijakan yang dirumuskan berdasarkan bukti empiris dan analisis data.
30. *Farmer Field School* (FFS)
    Metode pembelajaran partisipatif dalam penyuluhan pertanian melalui praktik langsung di lapangan.
31. *Food Security*
    Kondisi di mana seluruh masyarakat memiliki akses terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi.
32. *Food System*
    Keseluruhan sistem yang mencakup produksi, distribusi, konsumsi, dan pengelolaan pangan.
33. *Generative* Al
    Jenis kecerdasan buatan yang mampu menghasilkan konten baru seperti teks, gambar, atau suara.
34. *Human Capital*
    Sumber daya manusia yang memiliki pengetahuan, keterampilan, dan kemampuan yang dapat meningkatkan produktivitas.
35. *Human Capital Theory*
    Teori yang menyatakan bahwa investasi dalam pendidikan dan keterampilan manusia dapat meningkatkan produktivitas ekonomi.
36. *Hybrid Extension System*
    Model penyuluhan yang menggabungkan komunikasi digital dan interaksi tatap muka.

37. *Information and Communication Technology* (ICT)
    Teknologi yang digunakan untuk mengelola dan menyampaikan informasi melalui sistem komunikasi digital.
38. *Inclusive Development*
    Pendekatan pembangunan yang memastikan semua kelompok masyarakat memperoleh manfaat dari proses pembangunan.
39. *Innovation Diffusion*
    Proses penyebaran inovasi dari sumbernya kepada pengguna.
40. *Institutional Capacity*
    Kemampuan institusi dalam menjalankan fungsi dan mencapai tujuan organisasi.
41. *Institutional Theory*
    Pendekatan teoritis yang menjelaskan bagaimana institusi sosial mempengaruhi perilaku organisasi.
42. *Internet of Things* (IoT)
    Jaringan perangkat digital yang saling terhubung untuk memantau dan mengontrol kondisi lingkungan secara otomatis.
43. *Knowledge Network*
    Jaringan hubungan antara individu atau organisasi dalam pertukaran pengetahuan.
44. *Knowledge Sharing*
    Proses pertukaran informasi dan pengalaman antar individu atau kelompok.
45. *Large Language Model* (LLM)
    Model kecerdasan buatan yang dilatih menggunakan data teks dalam jumlah besar untuk memahami bahasa manusia.
46. *Local Knowledge*
    Pengetahuan tradisional yang dimiliki oleh masyarakat lokal berdasarkan pengalaman dan praktik turun-temurun.
47. *Monitoring and Evaluation* (M&E)
    Proses pemantauan dan evaluasi program pembangunan untuk menilai efektivitas dan dampaknya.
48. *Networked Extension*
    Sistem penyuluhan yang berbasis jaringan kolaboratif antara berbagai aktor.
49. *Open Innovation*
    Pendekatan inovasi yang melibatkan berbagai pihak di luar organisasi dalam proses pengembangan teknologi.
50. *Participatory Development*
    Pendekatan pembangunan yang melibatkan masyarakat secara aktif dalam proses perencanaan dan pelaksanaan program.
51. *Platform Economy*
    Model ekonomi yang berbasis pada platform digital yang menghubungkan produsen dan konsumen.
52. *Precision Agriculture*
    Pendekatan pertanian berbasis teknologi yang memungkinkan pengelolaan input pertanian secara presisi.
53. *Resilience*
    Kemampuan suatu sistem untuk bertahan dan beradaptasi terhadap perubahan atau gangguan.
54. *Rural Development*
    Proses pembangunan ekonomi dan sosial di wilayah pedesaan.
55. *Rural Innovation System*
    Sistem inovasi yang berkembang dalam konteks pembangunan pedesaan.
56. *Smart Farming*
    Pendekatan pertanian modern yang memanfaatkan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi produksi.
57. *Social Capital*
    Jaringan hubungan sosial yang mendukung kerja sama dalam masyarakat.

58. *Sustainable Agriculture*
    Sistem pertanian yang mempertimbangkan keberlanjutan ekonomi, sosial, dan lingkungan.
59. *Sustainable Development*
    Pembangunan yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang.
60. *Systematic Literature Review*
    Metode penelitian yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penelitian yang relevan secara sistematis.
61. *Technological Innovation*
    Pengembangan teknologi baru yang meningkatkan efisiensi atau produktivitas.
62. *Technological Solutionism*
    Pandangan yang menekankan teknologi sebagai solusi utama terhadap berbagai masalah sosial.
63. Transformasi Digital Pertanian
    Proses perubahan sistem pertanian melalui integrasi teknologi digital dalam produksi dan distribusi informasi.
64. *Value Chain*
    Rangkaian aktivitas yang menambah nilai pada suatu produk dari produksi hingga konsumsi.
65. *Virtual Extension*
    Penyampaian layanan penyuluhan melalui media digital tanpa interaksi fisik langsung.

Biodata Penulis

Dr. Gunawan, SP., MSi, lahir di Kediri, 29 Agustus 1969. Menyelesaikan jenjang sarjana di Universitas Brawijaya, Magister di Universitas Brawijaya, dan Program Doktor Ilmu Pertanian di Universitas Brawijaya, Malang. Penulis aktif mengajar di Politeknik Pembangunan Pertanian Malang dan juga menjadi Asesor Bidang Penyuluhan. Penulis mendapatkan beberapa penghargaan yakni menjadi Dosen Berprestasi Tingkat Nasional pada tahun 2020, dan Penghargaan Inovasi Penyuluhan Pertanian pada tahun 2018.