

Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan

Ernah
Bayu Rizky Pratama
Mia Rosmiati
Dinar



PT. GHANI PRESS GROUP

Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan

Penulis:

Ernah, Bayu Rizky Pratama, Mia Rosmiati, Dinar

Desain Cover:

Umar Khasan

Layouter:

Rizki Baehtiar Afandi

Editor Naskah:

Dr. Gyska Indah Harya, S.P., M.Agr.

Anggota IKAPI: No. 468/JTI/2026

Diterbitkan oleh: PT GHANI PRESS GROUP

Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Ernah, dkk.,

Ekonomi sumber daya alam dan lingkungan 2026
/penulis, Ernah, dkk., Lamongan: PT. Ghani Press
Group, 2026.

V + 274 hlm; 14, 8 x 21 cm

ISBN 978-634-97317-2-0

1. Sumber daya alam

I. Judul

333.7 [23]

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

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku “Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan” ini dapat terselesaikan dengan baik. Buku ini disusun untuk mendukung proses pembelajaran di perguruan tinggi, khususnya dalam bidang ekonomi sumber daya alam, lingkungan, dan Pembangunan berkelanjutan.

Ekonomi sumber daya alam dan lingkungan memiliki urgensi yang semakin besar di tengah tantangan global seperti perubahan iklim, degradasi lingkungan, kelangkaan sumber daya, serta tuntutan terhadap pembangunan yang berkeadilan. Oleh karena itu, pemahaman mahasiswa tidak hanya diarahkan pada penguasaan teori ekonomi, tetapi juga pada kemampuan menganalisis keterkaitan antara aktivitas ekonomi, kelestarian lingkungan, serta kesejahteraan masyarakat.

Buku ini disusun secara sistematis dengan memuat konsep dasar, teori, pendekatan analisis, serta studi kasus yang relevan dengan kondisi di Indonesia. Dengan demikian, buku ini diharapkan dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi mahasiswa, dosen, peneliti, maupun praktisi dalam memahami persoalan dan solusi terkait pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan secara berkelanjutan.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan, baik berupa masukan, dorongan, maupun motivasi dalam penyusunan buku ini.

Akhir kata, semoga buku ini dapat memberikan manfaat yang nyata dalam memperkaya wawasan, meningkatkan pemahaman, dan mendorong lahirnya solusi inovatif dalam pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan yang berkeadilan dan berkelanjutan.

Bandung, Agustus 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
BAB I	
KONSEP EKONOMI SUMBER DAYA ALAM DAN LINGKUNGAN	1
BAB II	
FONDASI EKONOMI: PERMINTAAN DAN PENAWARAN SUMBER DAYA ALAM SERTA TEORI EKONOMI KESEJAHTERAAN	15
BAB III	
SUMBER ENERGI TAK TERBARUKAN	33
BAB IV	
SUMBER ENERGI BARU DAN TERBARUKAN	67
BAB V	
SUMBERDAYA AIR DAN PENCEMARAN	91
BAB VI	
ANALISIS MANFAAT DAN BIAYA Aplikasi pada Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan	111
BAB VII	
EKONOMI PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN	175
DAFTAR PUSTAKA	253
BIODATA PENULIS	273



PT GHANI PRESS GROUP

Email: ptghanipress@gmail.com

Website: <https://ghanipress.com>

BAB I

KONSEP EKONOMI SUMBER DAYA ALAM DAN LINGKUNGAN

Ilmu Ekonomi adalah yang mempelajari tentang perilaku manusia baik secara perorangan maupun kelompok dalam rangka memenuhi kebutuhan dari berbagai alat pemuas kebutuhan atau sumberdaya yang terbatas. Ekonomi dapat dipahami sebagai ilmu yang mempelajari perilaku dan tindakan manusia dalam upaya memenuhi berbagai kebutuhan hidup. Pemahaman terhadap perilaku tersebut menjadi dasar dalam menentukan berbagai aktivitas dan pilihan yang dapat mendukung tercapainya kesejahteraan. Dalam proses pemenuhan kebutuhan, terdapat tiga kegiatan utama, yaitu produksi, distribusi, dan konsumsi. Dengan demikian, ilmu ekonomi pada dasarnya merupakan ilmu yang mempelajari pengelolaan sumber daya untuk memenuhi kebutuhan manusia secara optimal. Sementara sumber daya adalah komponen dari ekosistem yang menyediakan barang dan jasa yang bermanfaat bagi kebutuhan manusia. Lingkungan dapat dipahami sebagai suatu kesatuan yang mencakup kondisi fisik, seperti tanah, air, udara, energi matahari, mineral, flora, dan fauna, baik yang terdapat di daratan maupun di lautan, serta aspek kelembagaan yang merupakan hasil ciptaan manusia, seperti aturan dan keputusan dalam menentukan pemanfaatan berbagai sumber daya dan kondisi fisik tersebut.

❖ Klasifikasi Sumber Daya Alam

Sumber daya alam perlu diklasifikasikan atau dikelompokkan agar karakteristik dan sifat masing-masing sumber daya dapat dipahami dengan lebih mudah. Pengelompokan tersebut juga penting sebagai dasar dalam merencanakan pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya secara tepat. Dengan pengelolaan yang baik, ketersediaan sumber daya alam dapat dipertahankan, tidak cepat mengalami kelangkaan, tetap terjaga kelestariannya, serta mampu memberikan manfaat sosial secara optimal. Secara umum, sumber daya alam dapat diartikan sebagai berbagai sumber daya atau faktor produksi yang tersedia secara alami dan bukan dihasilkan melalui kegiatan manusia.

Pada dasarnya, sumber daya alam dapat dikelompokkan ke dalam dua kategori utama, yaitu sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui (*exhaustible Resources*, *stock Resources*, atau *fund Resources*) dan sumber daya alam yang dapat diperbarui (*renewable Resources* atau *flow Resources*). Barlow, sumber daya alam dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu:

- a. Sumber daya alam yang tidak dapat pulih atau tidak dapat diperbarui.
- b. Sumber daya alam yang dapat pulih atau dapat diperbarui.
- c. Sumber daya alam yang memiliki karakteristik gabungan antara sumber daya yang dapat diperbarui dan tidak dapat diperbarui.

Sumber daya alam yang tidak dapat pulih atau tidak dapat diperbarui memiliki jumlah fisik yang terbatas dan pada umumnya tidak dapat digantikan kembali dalam waktu yang relatif singkat. Proses pembentukannya membutuhkan waktu yang sangat lama, bahkan dapat mencapai ribuan hingga jutaan tahun. Contoh sumber daya dalam kelompok ini antara lain berbagai jenis mineral atau logam, batu bara, minyak bumi, dan batuan.

Berbeda dengan sumber daya yang tidak dapat diperbarui, sumber daya alam yang dapat pulih atau diperbarui memiliki kemampuan untuk tersedia kembali secara berkelanjutan, baik melalui proses alami maupun melalui upaya pengelolaan oleh manusia. Sumber daya yang termasuk dalam kelompok ini antara lain air, angin, kondisi cuaca, gelombang laut, energi matahari, dan energi bulan. Ketersediaan sumber daya tersebut umumnya berlangsung secara terus-menerus, meskipun tingkat pemanfaatannya dapat berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan manusia.

Sementara itu, sumber daya alam yang memiliki sifat gabungan dapat dibedakan menjadi dua kelompok. Pertama, sumber daya biologis, yang meliputi hasil pertanian, hutan, satwa liar, padang rumput, sumber daya perikanan, dan peternakan. Sumber daya ini memiliki kemampuan untuk pulih atau berkembang kembali, tetapi tetap memerlukan pengelolaan yang tepat agar keberlangsungannya dapat terjaga.

Kedua, sumber daya tanah, yang memiliki karakteristik yang lebih kompleks karena mengandung unsur sifat sumber daya yang dapat diperbarui, tidak dapat diperbarui, serta sumber daya biologis. Salah satu contoh penting adalah tingkat kesuburan tanah, yang dapat mengalami peningkatan melalui pengelolaan yang baik, tetapi juga dapat menurun atau mengalami kerusakan apabila dimanfaatkan secara berlebihan dan tidak berkelanjutan.

❖ Peran dan Keterkaitan Sumber Daya Alam dalam Pembangunan Ekonomi

Sumber Daya Alam sebagai Faktor Produksi

Pertumbuhan ekonomi pada dasarnya ditandai oleh peningkatan kegiatan produksi dan konsumsi secara berkelanjutan. Dalam jangka panjang, pertumbuhan ekonomi berkaitan erat dengan kemampuan suatu negara dalam meningkatkan jumlah barang dan jasa yang dihasilkan. Besarnya produksi tersebut dipengaruhi oleh ketersediaan dan penggunaan berbagai input yang dikenal sebagai faktor produksi.

Secara sederhana, hubungan antara tingkat produksi dan faktor-faktor produksi dapat dinyatakan dalam fungsi berikut:

$$Y = f(L, K, R, T, S)$$

Keterangan:

Y = Total produksi

L = Tenaga kerja

K = Kapital atau modal

R = Sumber daya (*Resources*)

T = Teknologi

S = Kondisi sosial dan budaya

Faktor-faktor tersebut secara bersama-sama memengaruhi tingkat produksi. Pada umumnya, peningkatan ketersediaan dan kualitas faktor produksi akan mendorong peningkatan output. Namun, besarnya peningkatan produksi juga dipengaruhi oleh efisiensi penggunaan sumber daya, tingkat teknologi, serta kondisi sosial dan kelembagaan yang mendukung kegiatan ekonomi. Dalam konteks ini, sumber daya alam memiliki peranan penting sebagai salah satu faktor produksi karena menyediakan berbagai bahan baku dan sumber energi yang diperlukan dalam proses menghasilkan barang dan jasa. Oleh karena itu, ketersediaan serta pengelolaan sumber daya alam yang tepat menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung keberlangsungan kegiatan ekonomi dan pembangunan.

Keterkaitan Pemanfaatan Sumber Daya Alam dan Pertumbuhan Ekonomi

Pemanfaatan sumber daya alam dalam kegiatan produksi maupun konsumsi memiliki hubungan yang erat dengan pertumbuhan ekonomi. Di satu sisi, sumber daya alam merupakan input penting untuk menghasilkan berbagai barang dan jasa. Namun, di sisi lain, proses pemanfaatannya juga dapat menimbulkan limbah dan pencemaran yang memberikan tekanan terhadap kemampuan lingkungan dalam menyerap atau mengasimilasi limbah tersebut. Apabila tekanan terhadap

lingkungan melebihi kapasitas alamnya, keseimbangan ekologi dapat terganggu.

Oleh sebab itu, pemanfaatan sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan saat ini maupun masa depan perlu dilakukan secara bijaksana dengan mempertimbangkan keseimbangan antara pertumbuhan penduduk, kebutuhan ekonomi, ketersediaan sumber daya, dan daya dukung lingkungan. Prinsip pembangunan berkelanjutan menjadi penting agar peningkatan kesejahteraan ekonomi tidak mengorbankan kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya.

Setiap negara pada dasarnya berupaya meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup masyarakat melalui pembangunan ekonomi. Salah satu indikator peningkatan kesejahteraan adalah meningkatnya kemampuan masyarakat dalam memenuhi dan mengonsumsi berbagai barang dan jasa, baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Sementara itu, salah satu indikator utama pembangunan ekonomi adalah peningkatan jumlah output barang dan jasa yang dihasilkan oleh suatu negara. Semakin besar kemampuan suatu negara dalam meningkatkan produksinya secara berkelanjutan, semakin besar pula potensi terjadinya pertumbuhan ekonomi.

Untuk menghasilkan barang dan jasa diperlukan berbagai faktor produksi. Dalam proses pembangunan ekonomi, tiga sumber daya utama yang sering digunakan sebagai dasar pembangunan adalah tenaga kerja, modal, dan sumber daya alam. Ketiga unsur tersebut saling

berkaitan dan menjadi komponen penting dalam menentukan kapasitas produksi suatu perekonomian.

Terdapat dua pandangan mengenai hubungan antara pemanfaatan sumber daya alam dan pertumbuhan ekonomi. Pertama, pertumbuhan ekonomi dapat memiliki hubungan yang berlawanan dengan ketersediaan sumber daya alam. Semakin intensif sumber daya alam dieksploitasi untuk mendukung pertumbuhan ekonomi, semakin besar kemungkinan terjadinya penurunan cadangan sumber daya, terutama pada sumber daya yang tidak dapat diperbarui.

Kedua, pertumbuhan ekonomi dapat memiliki hubungan yang searah dengan pemanfaatan sumber daya alam. Meningkatnya pertumbuhan ekonomi dapat mendorong perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, investasi, dan kegiatan eksplorasi yang memungkinkan ditemukannya sumber daya baru atau meningkatkan kemampuan manusia dalam memanfaatkan sumber daya yang sebelumnya belum dapat digunakan secara optimal. Dengan demikian, hubungan antara sumber daya alam dan pertumbuhan ekonomi tidak bersifat sederhana. Sumber daya alam dapat menjadi pendorong pembangunan, tetapi pemanfaatannya perlu dilakukan secara efisien, bertanggung jawab, dan berkelanjutan agar pertumbuhan ekonomi dapat berjalan seiring dengan kelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat dalam jangka panjang.

Kegagalan Pasar (*Market Failure*) dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam

Dalam teori ekonomi neoklasik, mekanisme pasar dianggap mampu mengalokasikan sumber daya secara efisien melalui interaksi permintaan dan penawaran. Harga pasar berfungsi sebagai sinyal yang menunjukkan kelangkaan suatu barang sehingga produsen dan konsumen dapat mengambil keputusan ekonomi secara rasional. Namun, dalam praktiknya, mekanisme pasar tidak selalu menghasilkan alokasi sumber daya yang efisien, terutama ketika berkaitan dengan sumber daya alam dan lingkungan. Kondisi ketika mekanisme pasar gagal menghasilkan alokasi sumber daya yang optimal disebut kegagalan pasar (*market failure*). Pada situasi ini, harga pasar tidak mencerminkan seluruh biaya dan manfaat yang ditimbulkan oleh suatu aktivitas ekonomi. Akibatnya, keputusan produsen maupun konsumen dapat menimbulkan kerugian bagi masyarakat atau lingkungan yang tidak diperhitungkan dalam transaksi pasar.

Dalam konteks ekonomi sumber daya alam, kegagalan pasar menjadi penyebab utama berbagai masalah lingkungan, seperti pencemaran air dan udara, deforestasi, eksploitasi sumber daya yang berlebihan, perubahan iklim, serta hilangnya keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, pemerintah memiliki peran penting dalam memperbaiki kegagalan pasar melalui berbagai instrumen kebijakan, seperti regulasi, pajak lingkungan, subsidi hijau, perdagangan karbon, dan pembayaran jasa lingkungan.

❖ Penyebab Kegagalan Pasar

Eksternalitas

Eksternalitas merupakan dampak suatu aktivitas ekonomi terhadap pihak lain yang tidak tercermin dalam harga pasar. Dampak tersebut dapat bersifat positif maupun negative. Sebagai contoh, sebuah perusahaan kelapa sawit memperoleh keuntungan dari produksi minyak sawit. Akan tetapi, apabila kegiatan produksi menyebabkan pencemaran sungai atau asap akibat pembakaran lahan, maka masyarakat sekitar menanggung biaya kesehatan, kehilangan sumber air bersih, dan penurunan kualitas lingkungan. Biaya tersebut tidak dibayar oleh perusahaan sehingga harga produk menjadi lebih murah daripada biaya sosial yang sebenarnya. Sebaliknya, petani yang menanam pohon di sekitar lahan pertanian tidak hanya memperoleh manfaat berupa hasil kayu atau buah, tetapi juga memberikan manfaat kepada masyarakat melalui penyerapan karbon, pengendalian erosi, dan peningkatan kualitas udara. Manfaat tersebut dikenal sebagai eksternalitas positif. Karena eksternalitas tidak diperhitungkan dalam mekanisme harga, maka diperlukan intervensi pemerintah agar biaya dan manfaat sosial dapat diinternalisasikan ke dalam keputusan ekonomi.

Barang Publik (*Public Goods*)

Barang publik (*public goods*) merupakan barang atau jasa yang manfaatnya dapat dinikmati oleh banyak orang dan memiliki dua karakteristik utama, yaitu *non-rivalry* dan *non-excludability*. Kedua karakteristik tersebut membedakan barang publik dari barang privat. Dalam

konteks ekonomi lingkungan, beberapa contoh barang publik antara lain udara bersih, iklim yg stabil

- a. *Non-rivalry*, yaitu penggunaan atau pemanfaatan barang oleh satu individu tidak mengurangi manfaat atau kesempatan individu lain untuk menggunakan barang yang sama.
- b. *Non-excludability*, yaitu sulit atau bahkan tidak memungkinkan untuk membatasi seseorang agar tidak memperoleh manfaat dari barang tersebut, meskipun orang tersebut tidak secara langsung membayar biaya penyediaannya.

Karakteristik tersebut menyebabkan mekanisme pasar sering kali tidak mampu menyediakan barang publik dalam jumlah yang optimal. Hal ini terjadi karena manfaat yang dihasilkan dapat dinikmati oleh masyarakat secara luas, sementara individu memiliki kecenderungan untuk memperoleh manfaat tanpa membayar secara langsung. Oleh karena itu, penyediaan dan pengelolaan barang publik pada umumnya memerlukan peran pemerintah. Sebagai contoh, pengelolaan dan konservasi taman nasional memberikan manfaat berupa perlindungan ekosistem, keanekaragaman hayati, serta jasa lingkungan yang dapat dinikmati oleh masyarakat luas. Manfaat tersebut tidak hanya dirasakan oleh individu yang secara langsung membayar biaya pengelolaannya, tetapi juga oleh masyarakat yang tidak memberikan kontribusi secara langsung.

Hak Kepemilikan yang Tidak Jelas (*Property Rights*)

Kejelasan hak kepemilikan merupakan salah satu aspek penting dalam pengelolaan sumber daya alam. Hak kepemilikan yang lemah, tidak jelas, atau sulit ditegakkan dapat mendorong terjadinya pemanfaatan sumber daya secara berlebihan. Ketika suatu sumber daya tidak memiliki pengaturan kepemilikan dan akses yang jelas, setiap pengguna cenderung berusaha memperoleh manfaat sebesar-besarnya tanpa mempertimbangkan dampak pemanfaatan terhadap pengguna lain maupun keberlanjutan sumber daya tersebut.

Sebagai contoh, sumber daya perikanan di laut lepas berpotensi mengalami eksploitasi berlebihan karena akses terhadap sumber daya tersebut sulit dibatasi dan pengaturan kepemilikannya tidak mudah diterapkan. Kondisi serupa dapat terjadi pada pemanfaatan air tanah secara berlebihan di wilayah perkotaan. Pengambilan air tanah yang tidak terkendali dapat menyebabkan berkurangnya cadangan air tanah dan dalam kondisi tertentu berkontribusi terhadap penurunan muka tanah (*land subsidence*). Dengan demikian, kejelasan hak kepemilikan, aturan akses, serta mekanisme pengawasan merupakan unsur penting dalam menciptakan pengelolaan sumber daya alam yang efisien dan berkelanjutan. Kejelasan tersebut dapat memberikan kepastian mengenai siapa yang memiliki hak untuk memanfaatkan sumber daya, bagaimana sumber daya tersebut dapat digunakan, serta tanggung jawab pengguna dalam menjaga keberlanjutannya.

Dalam ekonomi lingkungan dan sumber daya alam, pemahaman mengenai perbedaan antara barang privat dan barang publik (Tabel 1) sangat penting karena masing-masing memiliki karakteristik dan mekanisme pengelolaan yang berbeda. Perbedaan tersebut terutama dapat dilihat dari tingkat rivalitas dalam penggunaan, kemungkinan melakukan eksklusi terhadap pengguna, serta mekanisme pembentukan harganya.

Tabel 1. Perbedaan Barang Privat dan Barang Publik

Karakteristik	Barang Privat	Barang Publik
Rivalitas	Penggunaan oleh satu individu mengurangi jumlah atau manfaat yang tersedia bagi individu lain.	Penggunaan oleh satu individu tidak mengurangi kesempatan individu lain untuk memperoleh manfaat.
Eksklusivitas	Pengguna yang tidak membayar atau tidak memiliki hak dapat dikecualikan dari pemanfaatannya.	Sulit membatasi atau mengecualikan individu lain dari memperoleh manfaatnya.
Penentuan harga	Harga umumnya terbentuk melalui mekanisme pasar berdasarkan permintaan dan penawaran.	Harga pasar umumnya tidak dapat mencerminkan seluruh manfaat yang diterima masyarakat.
Contoh	Beras, pakaian, kendaraan, dan barang konsumsi lainnya.	Udara bersih, taman nasional, mercusuar, dan stabilitas iklim.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa barang privat pada umumnya dapat dialokasikan melalui mekanisme pasar karena kepemilikan dan akses terhadap barang dapat dibatasi. Sebaliknya, barang publik memiliki manfaat yang lebih luas dan sulit dibatasi kepada individu tertentu sehingga penyediaannya sering membutuhkan intervensi atau peran pemerintah. Selain barang privat dan barang publik, dalam ekonomi sumber daya alam terdapat kategori lain yang memiliki karakteristik khusus, yaitu *Common Pool Resources* (CPRs).

Common Pool Resources (CPRs)

Common Pool Resources (CPRs) atau sumber daya milik bersama merupakan sumber daya yang memiliki karakteristik sulit membatasi akses pengguna, tetapi pemanfaatannya bersifat rival. Artinya, relatif sulit untuk mencegah seseorang menggunakan sumber daya tersebut, sementara pemanfaatan oleh satu pihak dapat mengurangi jumlah atau manfaat yang tersedia bagi pihak lainnya. Beberapa contoh CPRs yang terdapat di Indonesia antara lain: sumber daya perikanan tangkap; padang penggembalaan dan hutan adat. Dua karakteristik utama CPRs adalah:

- a. Sulit melakukan eksklusi (*difficult to exclude*), yaitu akses terhadap sumber daya relatif sulit dibatasi hanya kepada individu atau kelompok tertentu.
- b. Bersifat rival (*rivalrous*), yaitu penggunaan sumber daya oleh seseorang dapat mengurangi ketersediaan atau manfaat yang dapat diperoleh oleh pengguna lainnya.

Pengelolaan CPRs menghadapi tantangan karena setiap pengguna memiliki insentif untuk memanfaatkan sumber daya sebanyak mungkin, sementara biaya akibat eksploitasi dapat ditanggung bersama oleh seluruh pengguna. Apabila tidak didukung oleh aturan akses, kelembagaan, pengawasan, dan mekanisme pengelolaan yang efektif, kondisi tersebut dapat menyebabkan eksploitasi sumber daya secara berlebihan. Fenomena pemanfaatan sumber daya bersama secara berlebihan tersebut dikenal sebagai *Tragedy of the Commons*. Oleh karena itu, keberlanjutan CPRs sangat bergantung pada adanya aturan yang jelas, kesepakatan antarpengguna, pengawasan, serta kelembagaan yang mampu mengatur pemanfaatan sumber daya secara adil dan berkelanjutan.

BAB II

FONDASI EKONOMI: PERMINTAAN DAN PENAWARAN SUMBER DAYA ALAM SERTA TEORI EKONOMI KESEJAHTERAAN

❖ Konsep Dasar Ekonomi Sumber Daya Alam

Ekonomi sumber daya alam merupakan bagian dari ilmu ekonomi yang mempelajari bagaimana sumber daya alam dialokasikan, dimanfaatkan, dan dikelola untuk memenuhi kebutuhan manusia dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya serta keberlanjutannya. Sumber daya alam memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia karena menyediakan bahan baku, energi, pangan, air, lahan, serta berbagai jasa ekosistem yang mendukung kegiatan ekonomi dan kehidupan sosial.

Berbeda dengan barang yang sepenuhnya dihasilkan melalui proses produksi manusia, sumber daya alam pada dasarnya tersedia melalui proses alam. Namun, agar dapat dimanfaatkan, sumber daya tersebut sering membutuhkan investasi, teknologi, tenaga kerja, dan modal. Oleh sebab itu, nilai ekonomi suatu sumber daya tidak hanya ditentukan oleh keberadaannya secara fisik, tetapi juga oleh kemampuan manusia dalam mengakses, mengolah, dan memanfaatkannya.

Persoalan utama dalam ekonomi sumber daya alam berawal dari adanya ketidakseimbangan antara kebutuhan manusia yang terus berkembang dengan ketersediaan sumber daya yang terbatas. Kondisi tersebut dikenal sebagai kelangkaan (*scarcity*). Kelangkaan mengharuskan manusia menentukan pilihan dalam menggunakan sumber daya. Setiap pilihan memiliki konsekuensi karena penggunaan suatu sumber daya untuk tujuan tertentu dapat mengurangi kesempatan untuk menggunakannya bagi tujuan lain.

Dalam konteks sumber daya alam, pilihan ekonomi menjadi lebih kompleks karena sebagian sumber daya memiliki kemampuan regenerasi yang terbatas, sementara sebagian lainnya tidak dapat diperbarui dalam jangka waktu kehidupan manusia. Minyak bumi, gas alam, batu bara, dan berbagai mineral merupakan contoh sumber daya tidak terbarukan. Sebaliknya, hutan, ikan, air, dan biomassa termasuk sumber daya yang secara alami dapat diperbarui, tetapi tetap dapat mengalami kelangkaan apabila tingkat pemanfaatannya melampaui kemampuan regenerasinya.

Dengan demikian, kelangkaan sumber daya alam tidak hanya berkaitan dengan jumlah fisik sumber daya, tetapi juga dengan kualitas, lokasi, aksesibilitas, teknologi, serta kemampuan lingkungan dalam mempertahankan fungsi ekologisnya. Sebagai contoh, air secara fisik mungkin tersedia dalam jumlah besar, tetapi air yang layak digunakan untuk konsumsi atau kegiatan produksi dapat menjadi langka apabila terjadi pencemaran atau perubahan kualitas lingkungan.

Kelangkaan dan Pilihan Ekonomi

Kelangkaan menyebabkan setiap individu, perusahaan, maupun pemerintah harus menentukan prioritas dalam penggunaan sumber daya. Ketika sumber daya digunakan untuk satu tujuan, manfaat yang seharusnya dapat diperoleh dari penggunaan alternatif menjadi hilang. Kondisi tersebut disebut biaya kesempatan (*opportunity cost*).

Misalnya, suatu kawasan lahan dapat digunakan untuk perkebunan, pertanian pangan, kawasan industri, atau konservasi. Ketika lahan tersebut digunakan untuk perkebunan, maka manfaat yang mungkin diperoleh apabila lahan digunakan untuk kegiatan lain menjadi bagian dari biaya kesempatan keputusan tersebut. Konsep biaya kesempatan sangat penting dalam pengelolaan sumber daya alam karena keputusan pemanfaatan SDA (Sumber Daya Alam) umumnya menghasilkan konsekuensi jangka panjang. Pemanfaatan hutan untuk kegiatan ekonomi, misalnya, dapat memberikan manfaat berupa pendapatan dan lapangan kerja. Namun, keputusan tersebut juga dapat menimbulkan kehilangan jasa ekosistem, seperti penyerapan karbon, pengaturan tata air, perlindungan tanah, dan habitat keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, keputusan ekonomi yang baik bukan hanya mempertimbangkan manfaat langsung dari suatu kegiatan, tetapi juga biaya kesempatan dan konsekuensi sosial serta lingkungan yang mungkin muncul.

Efisiensi dalam Penggunaan SDA

Efisiensi menunjukkan kemampuan menggunakan sumber daya secara optimal sehingga manfaat yang diperoleh dapat dimaksimalkan dengan sumber daya yang tersedia. Dalam pengelolaan SDA, efisiensi tidak hanya berkaitan dengan peningkatan produksi, tetapi juga dengan bagaimana sumber daya digunakan tanpa menimbulkan pemborosan dan kerusakan yang tidak perlu. Efisiensi penggunaan SDA dapat diwujudkan melalui peningkatan produktivitas, penggunaan teknologi yang hemat sumber daya, pengurangan limbah, pemanfaatan kembali sumber daya, serta penerapan prinsip ekonomi sirkular.

Namun, efisiensi ekonomi tidak selalu identik dengan keberlanjutan. Suatu kegiatan dapat sangat efisien dari sisi produksi tetapi tetap menimbulkan kerusakan lingkungan apabila biaya lingkungan tidak diperhitungkan. Oleh karena itu, konsep efisiensi dalam ekonomi sumber daya alam perlu dikaitkan dengan dimensi sosial dan ekologis.

❖ Permintaan Sumber Daya Alam

Pengertian Permintaan

Permintaan merupakan jumlah barang atau jasa yang ingin dan mampu dibeli konsumen pada berbagai tingkat harga dalam periode tertentu, dengan asumsi faktor lain tetap (*ceteris paribus*). Dalam teori ekonomi, permintaan menggambarkan hubungan antara harga suatu barang dan jumlah barang yang bersedia dibeli konsumen. Pada umumnya, hubungan antara harga dan jumlah yang diminta bersifat negatif. Ketika harga meningkat, jumlah yang diminta cenderung menurun. Sebaliknya, ketika

harga menurun, jumlah yang diminta cenderung meningkat.

Dalam ekonomi sumber daya alam, konsep permintaan memiliki karakteristik yang lebih kompleks karena SDA dapat menjadi barang konsumsi langsung maupun input dalam kegiatan produksi. Permintaan terhadap air minum, misalnya, merupakan permintaan langsung karena air dikonsumsi oleh masyarakat. Sementara itu, permintaan terhadap minyak bumi, batu bara, gas alam, atau bahan baku pertanian sebagian besar merupakan permintaan turunan (*derived demand*), karena sumber daya tersebut digunakan untuk menghasilkan barang dan jasa lain.

Sebagai contoh, meningkatnya permintaan terhadap kendaraan dapat meningkatkan permintaan terhadap bahan bakar. Demikian pula, meningkatnya permintaan produk pangan, kosmetik, dan oleokimia dapat meningkatkan permintaan terhadap minyak kelapa sawit sebagai bahan baku. Dengan demikian, perubahan pola konsumsi masyarakat dapat memberikan dampak tidak langsung terhadap tingkat eksploitasi sumber daya alam.

Hukum Permintaan

Hubungan antara harga dan jumlah permintaan dapat dinyatakan secara sederhana sebagai fungsi permintaan:

$$Q_d = f(P)$$

Keterangan:

- Q_d = jumlah barang yang diminta;
- P = harga barang.

Secara umum, kenaikan harga menyebabkan penurunan jumlah yang diminta, sedangkan penurunan harga menyebabkan peningkatan jumlah yang diminta. Dalam konteks SDA, hubungan tersebut dapat dipengaruhi oleh sejumlah faktor lain. Permintaan terhadap suatu sumber daya tidak hanya ditentukan oleh harga, tetapi juga oleh tingkat pendapatan, jumlah penduduk, harga barang substitusi dan komplementer, teknologi, kebijakan pemerintah, serta preferensi masyarakat.

Faktor-Faktor yang Memengaruhi Permintaan SDA

Beberapa faktor utama yang memengaruhi permintaan terhadap sumber daya alam adalah sebagai berikut.

a. Harga

Harga merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi keputusan konsumen maupun produsen. Kenaikan harga SDA memberikan insentif untuk mengurangi penggunaannya atau mencari sumber daya alternatif.

b. Pendapatan

Peningkatan pendapatan masyarakat umumnya meningkatkan kemampuan konsumsi. Akibatnya, permintaan terhadap pangan, energi, air, transportasi, dan berbagai produk lainnya meningkat. Kondisi tersebut secara tidak langsung dapat meningkatkan permintaan terhadap SDA. Namun, hubungan antara pendapatan dan kualitas lingkungan tidak selalu linear. Pada tingkat pendapatan tertentu, masyarakat dapat mulai memberikan perhatian lebih besar

terhadap kualitas lingkungan dan bersedia membayar lebih untuk produk yang ramah lingkungan.

c. Jumlah Penduduk

Pertumbuhan penduduk meningkatkan kebutuhan terhadap pangan, air, energi, perumahan, dan berbagai kebutuhan dasar lainnya. Oleh karena itu, pertumbuhan penduduk dapat meningkatkan tekanan terhadap sumber daya alam.

d. Harga Barang Substitusi

Ketersediaan barang substitusi dapat mengurangi ketergantungan terhadap sumber daya tertentu. Misalnya, energi surya dan energi angin dapat menjadi substitusi bagi sebagian penggunaan energi fosil.

e. Teknologi

Perubahan teknologi dapat menurunkan kebutuhan SDA untuk menghasilkan satu unit output. Teknologi yang lebih efisien memungkinkan penggunaan sumber daya yang lebih sedikit tanpa harus mengurangi tingkat produksi.

f. Preferensi Konsumen

Perubahan preferensi masyarakat juga dapat mengubah pola permintaan. Meningkatnya kesadaran lingkungan, misalnya, dapat meningkatkan permintaan terhadap produk organik, produk bersertifikat keberlanjutan, energi terbarukan, dan produk dengan jejak karbon yang lebih rendah.

g. Kebijakan Pemerintah

Pajak, subsidi, pembatasan penggunaan, standar lingkungan, dan berbagai kebijakan pemerintah dapat

mengubah harga efektif suatu sumber daya dan pada akhirnya memengaruhi permintaannya.

Elastisitas Permintaan SDA

Elastisitas permintaan menunjukkan seberapa besar perubahan jumlah barang yang diminta sebagai respons terhadap perubahan harga.

Secara umum, elastisitas harga permintaan dapat dituliskan sebagai:

$$Ed = \% \text{ perubahan jumlah yang diminta} / \% \text{ perubahan harga}$$

Jika nilai elastisitas lebih besar dari satu, permintaan disebut elastis. Artinya, perubahan harga menghasilkan perubahan jumlah permintaan yang relatif lebih besar. Sebaliknya, jika nilainya kurang dari satu, permintaan disebut tidak elastis. Konsep elastisitas sangat penting dalam kebijakan SDA. Misalnya, apabila konsumsi bahan bakar memiliki permintaan yang relatif tidak elastis dalam jangka pendek, kenaikan harga mungkin hanya sedikit mengurangi konsumsi. Namun, dalam jangka panjang, konsumen memiliki kesempatan untuk mengganti kendaraan, menggunakan transportasi umum, atau beralih ke sumber energi lain sehingga respons terhadap harga dapat menjadi lebih besar.

❖ Penawaran Sumber Daya Alam

Pengertian Penawaran

Penawaran menunjukkan jumlah barang atau jasa yang bersedia dan mampu ditawarkan oleh produsen pada

berbagai tingkat harga dalam periode tertentu. Dalam kondisi normal, hubungan antara harga dan jumlah yang ditawarkan bersifat positif.

Secara sederhana, fungsi penawaran dapat dinyatakan:

$$Q_s = f(P)$$

Keterangan:

- Q_s = jumlah barang yang ditawarkan;
- P = harga barang.

Ketika harga meningkat, produsen memiliki insentif untuk meningkatkan produksi karena peluang memperoleh keuntungan menjadi lebih besar. Sebaliknya, penurunan harga dapat mengurangi insentif untuk meningkatkan produksi. Namun, penawaran sumber daya alam memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan barang hasil manufaktur. Penawaran SDA dibatasi oleh kondisi alam, stok sumber daya, kapasitas regenerasi, teknologi, biaya ekstraksi, dan daya dukung lingkungan.

Penawaran Sumber Daya Tidak Terbarukan

Sumber daya tidak terbarukan memiliki jumlah fisik yang terbatas. Pemanfaatan satu unit sumber daya pada saat ini akan mengurangi jumlah yang tersedia pada masa mendatang. Contoh utama adalah minyak bumi, gas alam, batu bara, dan mineral. Dalam pengelolaan sumber daya tidak terbarukan, keputusan produksi harus mempertimbangkan bukan hanya biaya ekstraksi saat ini, tetapi juga nilai sumber daya yang hilang akibat pemanfaatannya. Konsep tersebut dikenal sebagai nilai

kelangkaan (*scarcity value*). Ketika stok sumber daya semakin terbatas, biaya kesempatan untuk menggunakan sumber daya saat ini dapat meningkat. Oleh karena itu, keputusan ekstraksi perlu mempertimbangkan kepentingan generasi sekarang dan generasi mendatang.

Penawaran Sumber Daya Terbarukan

Sumber daya terbarukan memiliki kemampuan untuk memperbarui atau meregenerasi dirinya melalui proses alam. Contohnya adalah ikan, hutan, air, dan biomassa. Namun, kemampuan regenerasi tersebut memiliki batas. Apabila tingkat pemanfaatan melebihi kemampuan regenerasi, stok sumber daya akan mengalami penurunan. Sebagai contoh, populasi ikan dapat bertambah melalui reproduksi, tetapi penangkapan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan jumlah ikan menurun. Demikian pula, hutan dapat tumbuh kembali, tetapi penebangan yang lebih cepat daripada pertumbuhan kembali akan menyebabkan degradasi hutan. Dengan demikian, sumber daya terbarukan harus dikelola berdasarkan keseimbangan antara tingkat pemanfaatan dan kemampuan regenerasi.

Faktor-Faktor yang Memengaruhi Penawaran SDA

Penawaran sumber daya alam dipengaruhi oleh berbagai faktor yang menentukan kemampuan dan kesediaan produsen atau pengelola sumber daya untuk menyediakan SDA dalam jumlah tertentu. Harga sumber daya menjadi salah satu faktor utama karena kenaikan harga umumnya meningkatkan insentif untuk meningkatkan produksi atau eksploitasi. Namun, respons penawaran juga dipengaruhi

oleh biaya produksi dan ekstraksi, termasuk biaya tenaga kerja, modal, energi, serta teknologi yang digunakan. Selain itu, ketersediaan cadangan dan stok sumber daya menentukan batas fisik penawaran, terutama pada sumber daya tidak terbarukan seperti minyak bumi, gas alam, batu bara, dan mineral. Kemajuan teknologi dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi dan memungkinkan pemanfaatan sumber daya yang sebelumnya sulit atau tidak ekonomis untuk dikembangkan.

Di sisi lain, penawaran SDA sangat dipengaruhi oleh kondisi ekologis dan lingkungan. Kualitas tanah, ketersediaan air, kondisi ekosistem, serta faktor iklim dapat menentukan produktivitas dan kemampuan sumber daya untuk terus dimanfaatkan. Kebijakan pemerintah, seperti perizinan, pajak, subsidi, kuota produksi, standar lingkungan, dan pembatasan eksploitasi, juga dapat memengaruhi tingkat penawaran. Faktor lainnya adalah akses terhadap lahan dan sumber daya, karena keterbatasan akses dapat membatasi kegiatan produksi. Risiko perubahan iklim semakin penting karena perubahan suhu, pola curah hujan, kekeringan, banjir, dan kejadian cuaca ekstrem dapat mengganggu produktivitas sumber daya alam. Khusus untuk sumber daya terbarukan, kapasitas regenerasi menjadi faktor yang sangat menentukan. Penawaran yang berkelanjutan hanya dapat dipertahankan apabila tingkat pemanfaatan tidak melebihi kemampuan sumber daya untuk memulihkan atau memperbarui dirinya. Dengan demikian, penawaran SDA tidak hanya ditentukan oleh mekanisme ekonomi, tetapi

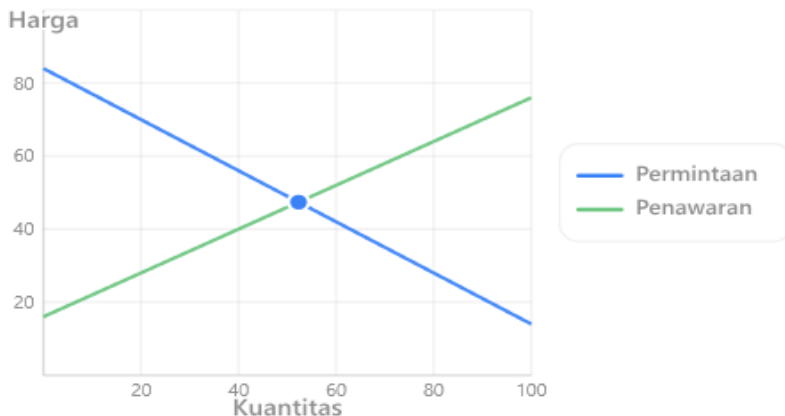
juga oleh batas fisik, ekologis, teknologi, kelembagaan, dan perubahan lingkungan.

❖ **Interaksi Permintaan dan Penawaran SDA**

Permintaan dan penawaran merupakan dua kekuatan utama dalam pembentukan harga dan jumlah keseimbangan di pasar. Harga keseimbangan terjadi ketika jumlah yang ingin dibeli konsumen sama dengan jumlah yang bersedia ditawarkan produsen. Secara sederhana dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_d = Q_s$$

Pada kondisi tersebut, tidak terdapat kelebihan permintaan maupun kelebihan penawaran.



Gambar 1. Permintaan dan Penawaran Harga

Dalam pasar SDA, harga berfungsi sebagai sinyal ekonomi mengenai tingkat kelangkaan. Ketika permintaan meningkat sementara penawaran relatif tetap, harga cenderung meningkat. Kenaikan harga dapat mendorong produsen meningkatkan produksi, sementara konsumen terdorong mengurangi konsumsi atau mencari barang substitusi. Sebaliknya, ketika penawaran meningkat atau permintaan menurun, harga cenderung turun.

Peningkatan pendapatan, pertumbuhan penduduk, perubahan preferensi, atau peningkatan permintaan produk turunan dapat menggeser kurva permintaan. Peningkatan permintaan umumnya menyebabkan harga dan jumlah keseimbangan meningkat apabila faktor lain tetap. Dalam pasar SDA, peningkatan permintaan dapat meningkatkan tekanan terhadap sumber daya. Misalnya, meningkatnya permintaan energi dapat mendorong peningkatan produksi minyak, gas, batu bara,

Penawaran dapat berubah akibat perubahan teknologi, biaya produksi, kondisi sumber daya, kebijakan pemerintah, dan faktor alam. Teknologi yang lebih efisien dapat meningkatkan kemampuan produksi sehingga penawaran meningkat. Sebaliknya, bencana alam, degradasi lingkungan, atau berkurangnya cadangan SDA dapat mengurangi penawaran.

Harga mempunyai fungsi penting dalam memberikan informasi kepada pelaku ekonomi. Harga yang meningkat dapat menunjukkan bahwa suatu sumber daya semakin langka atau permintaannya meningkat. Namun, harga pasar tidak selalu mencerminkan kelangkaan ekologis. Jika suatu SDA menimbulkan

eksternalitas negatif yang tidak tercermin dalam harga, harga pasar dapat lebih rendah daripada biaya sosial sebenarnya. Sebagai contoh, harga bahan bakar fosil mungkin mencerminkan biaya eksplorasi, produksi, pengolahan, dan distribusi, tetapi belum tentu memasukkan seluruh biaya perubahan iklim dan kerusakan lingkungan. Dalam kondisi tersebut, pasar dapat memberikan sinyal yang tidak sempurna mengenai biaya sebenarnya dari penggunaan sumber daya.

❖ **Pengertian Ekonomi Kesejahteraan**

Ekonomi kesejahteraan merupakan cabang ilmu ekonomi yang membahas bagaimana alokasi sumber daya memengaruhi kesejahteraan individu dan masyarakat. Dalam ekonomi sumber daya alam dan lingkungan, teori ekonomi kesejahteraan digunakan untuk menilai apakah suatu pola pemanfaatan SDA menghasilkan manfaat sosial yang optimal. Pertanyaan utama ekonomi kesejahteraan bukan hanya: Berapa banyak barang yang dapat diproduksi? tetapi juga: Apakah sumber daya telah dialokasikan dengan cara yang memberikan manfaat terbesar bagi masyarakat? Pertanyaan tersebut menjadi sangat penting dalam pengelolaan SDA karena keputusan pemanfaatan sumber daya dapat menimbulkan manfaat dan biaya yang tidak selalu diterima oleh pihak yang melakukan kegiatan ekonomi.

Efisiensi Ekonomi

Efisiensi ekonomi berkaitan dengan penggunaan sumber daya untuk menghasilkan manfaat maksimum. Dalam kondisi ideal, suatu alokasi sumber daya dikatakan efisien apabila tidak terdapat perubahan yang dapat meningkatkan kesejahteraan seseorang tanpa mengurangi kesejahteraan pihak lain. Konsep tersebut dikenal sebagai efisiensi Pareto.

Dalam pasar yang kompetitif dan tanpa kegagalan pasar, interaksi permintaan dan penawaran dapat menghasilkan alokasi yang efisien. Namun, kondisi tersebut membutuhkan sejumlah persyaratan, seperti hak kepemilikan yang jelas, informasi yang memadai, tidak adanya eksternalitas, dan tidak adanya barang publik.

Surplus Konsumen

Surplus konsumen menunjukkan manfaat ekonomi yang diterima konsumen karena kesediaan membayar konsumen lebih tinggi daripada harga yang sebenarnya dibayarkan. Dalam konteks SDA, masyarakat dapat memperoleh surplus dari berbagai sumber daya dan jasa lingkungan, seperti air bersih, rekreasi alam, udara bersih, dan taman nasional. Secara sederhana:

Surplus Konsumen

= Kesediaan Membayar – Harga Aktual

Misalnya, seseorang bersedia membayar Rp100.000 untuk menikmati suatu kawasan wisata alam, tetapi tiket masuk yang dibayarkan hanya Rp50.000. Selisih Rp50.000 merupakan surplus konsumen.

Surplus Produsen

Surplus produsen merupakan manfaat ekonomi yang diperoleh produsen karena harga yang diterima lebih tinggi daripada biaya minimum yang bersedia diterima produsen untuk menghasilkan barang. Secara sederhana:

Surplus Produsen

$$= \text{Harga yang Diterima} - \text{Biaya Produksi}$$

Dalam pemanfaatan SDA, surplus produsen dapat berupa keuntungan yang diperoleh petani, nelayan, perusahaan pertambangan, atau pengusaha perkebunan. Namun, keuntungan privat belum tentu menunjukkan manfaat sosial bersih. Apabila suatu kegiatan menghasilkan pencemaran atau kerusakan lingkungan, sebagian biaya dapat ditanggung masyarakat.

Kesejahteraan Sosial

Kesejahteraan sosial mempertimbangkan manfaat dan biaya yang diterima oleh seluruh masyarakat, bukan hanya individu atau perusahaan yang melakukan transaksi. Secara konseptual, kesejahteraan sosial dapat dilihat sebagai gabungan manfaat konsumen dan produsen dikurangi berbagai biaya sosial yang timbul. Pendekatan ini sangat penting dalam ekonomi lingkungan karena suatu kegiatan dapat memberikan keuntungan privat tetapi menghasilkan kerugian sosial. Misalnya, perusahaan memperoleh keuntungan dari kegiatan produksi, tetapi masyarakat harus menanggung biaya kesehatan akibat pencemaran udara. Dalam kondisi tersebut, keuntungan

privat perusahaan tidak mencerminkan kesejahteraan sosial secara keseluruhan.

Efisiensi dan Keberlanjutan

Efisiensi ekonomi pada satu periode belum tentu menghasilkan keberlanjutan dalam jangka panjang. Dalam pengelolaan SDA, keputusan harus mempertimbangkan dimensi waktu.

Eksplorasi sumber daya tidak terbarukan secara berlebihan dapat meningkatkan kesejahteraan saat ini tetapi mengurangi kesempatan generasi mendatang. Demikian pula, pemanfaatan sumber daya terbarukan secara berlebihan dapat mengurangi stok dan kemampuan regenerasinya.

Oleh karena itu, ekonomi kesejahteraan dalam pengelolaan SDA perlu memperluas konsep efisiensi dari perspektif satu generasi menjadi perspektif antargenerasi. Kesejahteraan antargenerasi berkaitan dengan kemampuan generasi sekarang dalam memenuhi kebutuhan tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya.

Sumber daya alam dapat dipandang sebagai modal alam (*natural capital*). Apabila modal alam terus dikurangi tanpa investasi atau penggantian yang memadai, kemampuan sistem ekonomi dalam menghasilkan kesejahteraan pada masa mendatang dapat menurun. Dengan demikian, pembangunan ekonomi yang berkelanjutan membutuhkan keseimbangan antara pemanfaatan SDA untuk memenuhi kebutuhan saat ini dan pemeliharaan kapasitas ekologis untuk masa depan.

BAB III

SUMBER ENERGI TAK TERBARUKAN

❖ Apa itu Sumber Energi Tak Terbarukan?

Sumber energi tak terbarukan pada dasarnya terbentuk dari sisa-sisa makhluk hidup purba (tumbuhan dan binatang laut) yang terkubur jauh di dalam bumi selama jutaan tahun. Proses pembentukannya sangat panjang, jauh melebihi usia manusia. Petrovic (2020) sumber daya energi tak terbarukan adalah sumber daya yang terbatas, dapat habis, dan tidak dapat diperbaharui secepat laju konsumsinya. Sehingga ketika sumber energi tersebut digunakan, persediaannya akan terus berkurang dan tidak bisa pulih dalam jangka waktu yang kita rasakan. Sumber energi tak terbarukan sering disebut juga bahan bakar fosil (*fossil fuels*) karena berasal dari fosil organisme purba. Pada dasarnya, energi tak terbarukan (*non-renewable energy*) merupakan sumber energi yang masih paling banyak dikonsumsi oleh populasi dunia, utamanya adalah sumber energi minyak bumi (Adedoyon et al., 2021). Secara umum, pilihan penggunaan bahan bakar fosil di negara-negara berkembang disebabkan oleh potensi alamnya yang melimpah. Salah satu alasan yang mendasarnya adalah harga beli energi dari bahan bakar fosil lebih rendah dibandingkan energi hijau (khan et al., 2023).

Lebih lanjut, mengingat pentingnya sumber energi bagi ketahanan ekonomi suatu negara, maka kenaikan konsumsi energi akan sangat berkaitan erat dengan pendapatan nasional / *gross domestic product* (GDP) negara tersebut. Adams et al. (2018) kenaikan 2.11% dari GDP suatu negara akan berkorespondensi dengan kenaikan 10% konsumsi sumber negeri tak terbarukan (*non-renewable energy*). Dengan peran energi yang sangat esensial tersebut, pada sub-bab ini, kita akan mempelajari lebih detail dan komprehensif mengenai sumber energi tak terbarukan, utamanya berkaitan dengan tiga jenis energi tak terbarukan yaitu batu bara, minyak bumi, dan gas alam, serta bagaimana pasar energi terbentuk yang berkaitan erat dengan adanya teknologi pendukungnya dalam mempengaruhi *supply* dan *demand* energinya.

Mengapa ini Penting Dipelajari?

Sampai hari ini, lebih dari 80% kebutuhan energi dunia masih dipenuhi oleh bahan bakar fosil (International Energy Agency [IEA], 2024). Termasuk di Indonesia, dimana saat ini pemerintah masih menjadikan salah satu sumber energi tak terbarukan, yaitu batu bara sebagai sumber utama energi nasional hingga 10-20 tahun ke depan. Hal ini mengingat keunggulan yang dimiliki batu bara di antaranya adalah harganya yang murah dibandingkan dengan sumber energi lain dan pasokannya yang cukup melimpah (Wuryandani, 2024). Dalam hal ini, artinya setiap kali seseorang menyalakan lampu, mengisi daya ponsel, atau menggunakan AC, sebagian besar energinya berasal

dari batu bara. Bagi Indonesia, energi fosil bukan hanya soal listrik. Ini juga soal ekonomi nasional:

- a. Batu bara adalah salah satu komoditas ekspor terbesar Indonesia, menghasilkan devisa puluhan miliar dolar setiap tahunnya.
- b. Minyak dan gas bumi menyumbang penerimaan negara yang digunakan untuk membiayai pembangunan.
- c. Subsidi BBM (bensin dan solar) yang pernah mencapai ratusan triliun rupiah per tahun merupakan beban besar bagi Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN).

Ciri-Ciri Sumber Energi Tak Terbarukan

Ada empat ciri utama yang membedakan sumber energi tak terbarukan dari sumber energi lainnya:

Tabel 2. Ciri-Ciri Utama Sumber Energi Tak Terbarukan

Ciri	Penjelasan Sederhana
Stok Terbatas	Jumlahnya tidak akan bertambah, sekali habis sumber dayanya akan habis, hanya bisa diperpanjang dengan eksplorasi sumber energi baru.
Terpusat di Lokasi Tertentu	Tidak merata di semua tempat. Kalimantan kaya batu bara, Sumatera kaya minyak, tergantung dari faktor geologisnya.
Energi Padat	Sejumlah kecil bahan bakar menghasilkan energi yang sangat besar.
Menimbulkan Polusi	Pembakaran menghasilkan CO ₂ dan polutan lain yang merusak lingkungan.

Keterangan: Asia Tenggara, khususnya Indonesia, berada di persimpangan penting di mana pertumbuhan ekonomi yang pesat telah diiringi oleh meningkatnya permintaan energi, yang sebagian besar dipenuhi melalui sumber-sumber tidak terbarukan seperti batu bara, minyak, dan gas. Pola konsumsi energi ini tidak hanya berkontribusi pada meningkatnya emisi CO₂, tetapi juga memperparah jejak ekologis, yang menyoroti konflik kritis di pembangunan modern (Idroes et al., 2024).

❖ **Jenis-Jenis Sumber Energi Tak Terbarukan**

Batu Bara

Batu bara adalah batuan sedimen hitam atau coklat tua yang terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang mengalami tekanan dan panas selama jutaan tahun. Batu bara adalah bahan bakar fosil yang paling banyak tersedia secara global dan masih menjadi sumber utama pembangkit listrik di banyak negara, termasuk Indonesia. Kementerian ESDM (2022) batubara merupakan produk akumulasi bahan organik yang bersumber dari sisa-sisa vegetasi purba yang telah melalui serangkaian proses geologi, meliputi penggambutan, pembatubaraan, dan litifikasi. Dalam proses pembentukannya, material tersebut mengalami pemadatan, transformasi kimiawi, serta metamorfosis akibat pengaruh peningkatan suhu yang berlangsung dalam rentang waktu geologi yang sangat panjang.

Jenis-Jenis Batu Bara

Tidak semua batu bara sama, namun kualitasnya bervariasi berdasarkan kandungan karbon dan nilai kalornya.

Tabel 3. Jenis-Jenis Batu Bara Berdasarkan Kualitas

Jenis	Kalori (kcal/kg)	Kualitas	Digunakan untuk
Antrasit	Lebih dari 7.000	Terbaik	Industri baja
Bituminus	5.500 – 7.000	Tinggi	PLTU, ekspor
Sub-bituminus	4.000 – 5.500	Sedang	PLTU domestik
Lignit	Kurang dari 4.000	Rendah	PLTU lokal

Sumber: Advancing Standards Transforming Markets [ASTM] International (2019)

Lebih spesifik, berdasarkan Kementerian ESDM (2024), batu bara terdiri dari *hard coal* dan *lignit*. Kategori dan spesifikasi batu bara yang tersedia di Indonesia adalah sebagai berikut:

- a. *Hard coal* adalah jenis batu bara dengan nilai kalori lebih dari 5.700 kcal/kg (23,26 MJ/kg). *Hard coal* terdiri dari *steam coal*, *coking coal*, batu bara bituminus, dan antrasit.
- b. *Steam coal* adalah jenis batu bara yang digunakan dalam boiler, generator uap, dan tungku pembakaran. Kategori ini mencakup antrasit dan batu bara bituminus. Nilai kalori bruto steam coal lebih dari 23.865,0 kJ/kg (5.700 kcal/kg), lebih rendah dari coking coal.

- c. *Coking coal* adalah jenis batu bara yang digunakan untuk menghasilkan kokas sebagai bahan pereduksi dalam tanur tiup (*blast furnace*). Nilai kalori brutonya lebih dari 23.865 kJ/kg (5.700 kcal/kg), berbasis bebas abu.
- d. Batu bara sub-bituminus adalah jenis batu bara dengan nilai kalori bruto antara 17.435,0 kJ/kg (4.165 kcal/kg) dan 23.865,0 kJ/kg (5.700 kcal/kg).
- e. Antrasit adalah jenis batu bara dengan karakteristik serupa dengan steam coal.
- f. Lignit adalah jenis batu bara dengan nilai kalori bruto kurang dari 4.165 kcal/kg (17,44 MJ/kg) dan kandungan zat mudah menguap (*volatile matter*) lebih dari 31% basis kering. Lignit sering disebut batu bara peringkat rendah atau batu bara cokelat (*brown coal*).
- g. Kokas (*coke*) adalah produk karbonisasi suhu tinggi dari steam coal. Kokas digunakan sebagai bahan pereduksi di pabrik baja.
- h. Briket adalah bahan bakar yang dihasilkan dari proses briketing batu bara sub-bituminus, lignit, atau gambut melalui proses karbonisasi atau penghalusan. Briket lebih mudah digunakan dan memiliki kualitas lebih baik dibandingkan bahan bakunya.

Indonesia dan Batu Bara

Indonesia adalah salah satu negara dengan cadangan batu bara terbesar di dunia. Sebagian besar cadangan tersebut terkonsentrasi di Kalimantan Timur (38% dari total nasional), diikuti Sumatera Selatan (29%), dan Kalimantan

Selatan (13%) (Kementerian ESDM, 2024). Hal tersebut didukung karena beberapa faktor berikut ini.

- a. Berdasarkan data Badan Geologi, sumber daya batubara Indonesia sebesar 143, 73 miliar ton dengan cadangan 38,80 miliar ton (Kementerian ESDM, 2022).
- b. Indonesia adalah eksportir batu bara terbesar kedua di dunia, setelah Australia.
- c. Tujuan ekspor utama: Tiongkok, India, Jepang, dan Korea Selatan.
- d. Di dalam negeri, batu bara utamanya digunakan sebagai bahan bakar PLTU milik PLN.

Minyak Bumi

Minyak bumi adalah salah satu sumber daya tak terbarukan yang tersimpan di dalam lapisan batu berpori jauh di bawah permukaan bumi. Minyak bumi diolah di kilang minyak (*refinery*) untuk menghasilkan berbagai produk yang kita gunakan sehari-hari.

Produk Turunan Minyak Bumi

Dari satu barel minyak mentah, kilang dapat menghasilkan berbagai produk dengan nilai yang berbeda-beda:

- a. Bensin (Premium, Pertalite, Pertamax): bahan bakar kendaraan bermotor.
- b. Solar (diesel): bahan bakar truk, bus, kapal, dan generator.
- c. Avtur (jet fuel): bahan bakar pesawat terbang.
- d. LPG (elpiji): bahan bakar memasak rumah tangga.
- e. Aspal: bahan konstruksi jalan raya.

- f. Plastik dan bahan petrokimia: bahan baku industri manufaktur.

Posisi Indonesia dalam Minyak Bumi

Situasi minyak bumi Indonesia sangat berbeda dengan batu bara. Jika dalam batu bara Indonesia adalah eksportir besar, dalam minyak bumi Indonesia justru menjadi importir.

Gas Alam

Gas alam adalah campuran gas yang sebagian besar terdiri dari metana (CH_4). Gas alam terbentuk bersama minyak bumi atau secara mandiri di lapisan batuan dalam bumi. Gas alam dianggap bahan bakar fosil yang paling “bersih” karena menghasilkan emisi CO_2 paling sedikit dibanding batu bara dan minyak bumi untuk jumlah energi yang sama.

Bentuk dan Penggunaan Gas Alam

Terdapat beberapa jenis gas alam yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan, diantaranya:

- a. LNG (*Liquefied Natural Gas*): gas alam yang didinginkan menjadi cairan agar mudah diangkut dengan kapal tanker. Indonesia mengeksport LNG ke Jepang, Korea Selatan, dan Tiongkok.
- b. CNG (*Compressed Natural Gas*): gas alam bertekanan tinggi, dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan umum seperti bus Transjakarta.
- c. Gas pipa: gas alam yang dialirkan langsung melalui jaringan pipa ke industri dan rumah tangga.

- d. LPG (elpiji 3 kg dan 12 kg): produk turunan gas alam yang paling dikenal masyarakat Indonesia sebagai bahan bakar memasak.

Potensi Gas Alam Indonesia

Indonesia memiliki cadangan gas alam yang sangat besar, terutama di Papua Barat (Lapangan Tangguh), Kalimantan Timur (Blok Mahakam), dan Natuna. Gas alam semakin penting dalam strategi energi Indonesia karena:

- a. Emisi CO₂-nya sekitar 50% lebih rendah dari batu bara untuk menghasilkan energi yang setara.
- b. Dapat digunakan sebagai “bahan bakar jembatan” (*bridging fuel*) saat Indonesia bertransisi ke energi terbarukan.
- c. Infrastruktur gas terus dikembangkan, termasuk jaringan pipa gas kota di beberapa kota besar.

❖ Konsep Dasar Ekonomi Sumber Daya Tak Terbarukan

Masalah Kelangkaan (*Scarcity*)

Ilmu ekonomi pada dasarnya adalah ilmu tentang kelangkaan, bagaimana kita mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk memenuhi kebutuhan yang tidak terbatas. Tidak ada sumber daya yang lebih ilustratif untuk konsep ini daripada sumber energi tak terbarukan. Kelangkaan sumber daya tak terbarukan menimbulkan pertanyaan-pertanyaan ekonomi yang mendasar:

- a. Seberapa cepat kita seharusnya mengeksploitasi sumber daya ini?

- b. Berapa harga yang adil untuk sumber daya yang sekali habis tidak bisa pulih?
- c. Bagaimana kita memastikan generasi mendatang juga mendapat manfaat dari sumber daya alam ini?

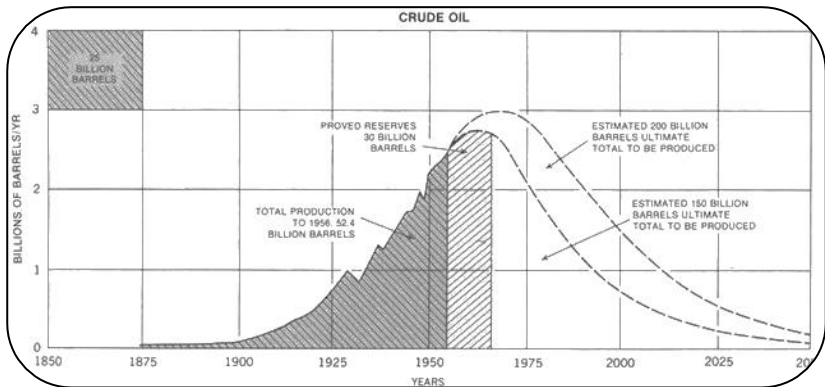
Oleh karena itu, dalam sub-bab dibawah ini, beberapa *theory* yang berkaitan tentang pengelolaan sumber daya alam tak terbarukan akan dibahas lebih detail, utamanya bersangkutan dengan tata kelola minyak bumi dan hubungannya dengan stok, kelangkaan, serta skenario permintaan yang akan mempengaruhi *extraction volume* dan *demands*.

Hubbert Curve: Predicting Oil Resources Extraction

Kurva *Hubbert* mengasumsikan bahwa kurva produksi minyak mentah dalam ekonomi pasar bebas berbentuk "lonceng" dan simetris. Model ini pertama kali diterapkan pada tahun 1950-an sebagai cara untuk memprakirakan produksi minyak mentah di 48 negara bagian daratan Amerika Serikat. Kurva *Hubbert* adalah model logistik berbentuk lonceng yang memprediksi laju produksi suatu sumber daya terbatas dari waktu ke waktu. Untuk minyak bumi, model ini menyatakan bahwa volume ekstraksi akan naik secara alami, mencapai kapasitas maksimum (puncak ekstraksi minyak), dan menurun secara ireversibel seiring menipisnya cadangan (seperti pada gambar 2 dibawah ini).

Penerapan umum dan kemunculan kurva produksi berbentuk lonceng untuk produksi berbagai jenis sumber daya memiliki implikasi yang sangat mendalam bagi cara kita merencanakan masa depan. Puncak minyak menandai

momen kritis bagi sistem ekonomi yang dirancang untuk mempertahankan pertumbuhannya, dan dapat diperkirakan akan berdampak pada seluruh perekonomian dunia. Namun demikian, dalam banyak kasus lain yang lebih terbatas pun, pencapaian titik puncak merupakan momen penting dalam sejarah eksploitasi suatu sumber daya.



Gambar 2. *Hubbert Curve in Oil Extraction*

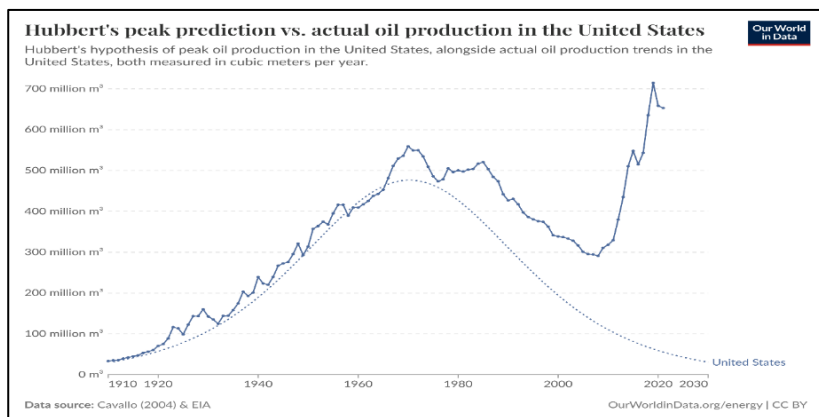
Sumber: Priest, 2014.

Berdasarkan gambar diatas, *Hubbert* membuat prediksi ini pada 1956 dan ia meramalkan produksi minyak AS akan mencapai puncak sekitar 1965-1970. Komunitas ilmiah waktu itu banyak yang mempertanyakan prediksi ini. Namun, pada kenyataannya, produksi minyak AS mencapai puncak tepat pada 1970, persis seperti yang *Hubbert* ramalkan 14 tahun sebelumnya. Ini yang membuat *Hubbert* Curve menjadi salah satu prediksi paling akurat dalam sejarah ilmu ekonomi sumber daya.

Meskipun pada dasarnya skenario yang telah dibuat oleh *Hubbert* dalam *Hubbert Curve* telah memberikan pemahaman tentang peramalan ekstraksi minyak bumi, namun pada kenyataannya, prediksi itu tidak secara akurat tepat, mengingat sifat natural dari minyak bumi yang sangat bergantung pada berbagai macam faktor penentu yang dapat mempengaruhi stok dan produksinya, diantaranya kondisi ekonomi *importing countries*, teknologi baru yang ditemukan (termasuk *the backstop technology*: akan dipelajari pada sub-bab berikutnya), dan cadangan minyak baru, serta berbagai variable ekonomi makro lainnya. Itulah sebabnya dalam gambar 2, Our World Data merekap perbandingan antara *Hubbert Curve* dengan kondisi *actual production* minyak bumi di United States. Meskipun secara trend mendekati kondisi actual, *Hubbert Curve* tidak dapat secara spesifik menyatakan fluktuasi yang terjadi secara temporal. Selanjutnya pada tahun 2000 awal, kurva mengalami perbedaan dengan data aktual mengalami peningkatan tajam, yang diantaranya disebabkan oleh faktor *advanced technology* yang dapat memegang peranan penting.

Namun, lebih lanjut, berikut dijabarkan beberapa kritikan lebih detail terkait beberapa kelemahan dalam *Hubbert Curve*. Tidak memperhitungkan kemajuan teknologi, munculnya teknologi *shale oil* dan *fracking* membuat produksi minyak AS naik lagi drastis setelah 2010, melampaui puncak 1970. Asumsi cadangan bersifat tetap dan diketahui, padahal eksplorasi terus menemukan cadangan baru. Model berbentuk lonceng simetris yang

terlalu sederhana untuk menggambarkan realita pasar global.



Gambar 3. Perbandingan antara *Hubbert Prediction* dengan *Actual Data* Minyak Dunia

Sumber: Cavallo (2004) dikutip dari ourworldindata.com

Namun, lebih lanjut, berikut dijabarkan beberapa kritikan lebih detail terkait beberapa kelemahan dalam *Hubbert Curve*. Tidak memperhitungkan kemajuan teknologi, munculnya teknologi *shale oil* dan *fracking* membuat produksi minyak AS naik lagi drastis setelah 2010, melampaui puncak 1970. Asumsi cadangan bersifat tetap dan diketahui, padahal eksplorasi terus menemukan cadangan baru. Model berbentuk lonceng simetris yang terlalu sederhana untuk menggambarkan realita pasar global.

Hotelling's Rule: Mengapa Harga Energi Cenderung Naik?

Pada tahun 1931, seorang ekonom bernama Harold Hotelling mengemukakan sebuah teori sederhana namun sangat berpengaruh tentang harga sumber daya tak terbarukan. Teori ini dikenal sebagai *Hotelling's Rule* (Hotelling, 1931). *Hotelling's Rule* menyatakan bahwa dalam pasar yang efisien dan kompetitif, harga bersih dari sumber daya yang dapat habis seperti minyak bumi, yaitu harga pasar dikurangi biaya ekstraksi, harus naik dari waktu ke waktu dengan laju yang sama dengan tingkat bunga (atau tingkat imbal hasil aset keuangan lainnya). Pada dasarnya, *Hotelling's Rule* menyatakan bahwa harga dikurangi biaya marjinal naik sesuai dengan tingkat bunga dalam eksploitasi sumber daya tak terbarukan, bergantung pada beberapa kondisi. Kondisi-kondisi tersebut mencakup adanya pasar yang bersaing sempurna, bahwa jumlah minyak dalam reservoir diketahui dengan pasti, serta bahwa biaya ekstraksi tidak bergantung pada jumlah minyak yang tersisa di dalam reservoir.

$$P_t = P_0 e^{\delta t}$$

Keterangan:

P_t : Harga pada waktu t , Harga sumber daya (misalnya minyak) pada suatu titik waktu tertentu di masa depan.

P_0 : Harga awal, Harga sumber daya pada saat ini ($t = 0$), yaitu titik awal perhitungan

e : fungsi eksponensial

δ : Delta, tingkat diskonto, Tingkat bunga atau tingkat imbal hasil yang berlakumencerminkan preferensi waktu pemilik sumber daya

t : waktu, Jumlah periode (tahun) dari sekarang ke titik waktu yang dihitung

Hotelling's rule, $P_t = P_0 e^{\delta t}$, dibangun di atas premis bahwa produksi atau konsumsi dapat dipindahkan antar periode waktu untuk memungkinkan tidak adanya arbitrase antar periode. Ketika stok sumber daya bersifat terbatas, faktor kelangkaan, s , dapat ditambahkan ke tingkat diskonto untuk mencerminkan *opportunity cost* atas kelangkaan stok sumber daya tersebut, yang pada gilirannya memengaruhi laju ekstraksi optimal, yaitu $P_t = P_0 e^{(\delta+s)t}$. Besarnya faktor kelangkaan meningkat seiring dengan semakin tingginya kekhawatiran terhadap dampak kesejahteraan akibat ketersediaan sumber daya yang rendah di masa depan. Faktor kelangkaan sering kali dimasukkan ke dalam preferensi waktu atau dalam beberapa kasus ke dalam tingkat bunga pasar r . Salah satu alasan untuk hal ini adalah bahwa tingkat diskonto, δ , di sini bukanlah tingkat bunga pasar, melainkan preferensi waktu kita. Idealnya, penambahan faktor kelangkaan akan memudahkan pemahaman terhadap perhitungan kalkulasi dan estimasinya (Hotelling, 1931).

Implikasi penting dari *Hotelling's Rule* (Hotelling, 1931) dalam kehidupan nyata:

- a. Harga energi fosil secara jangka panjang cenderung naik seiring berkurangnya cadangan.
- b. Antisipasi kelangkaan di masa depan sudah tercermin dalam harga saat ini melalui mekanisme pasar.
- c. Sumber daya yang semakin langka seharusnya semakin mahal, ini mendorong pencarian alternatif

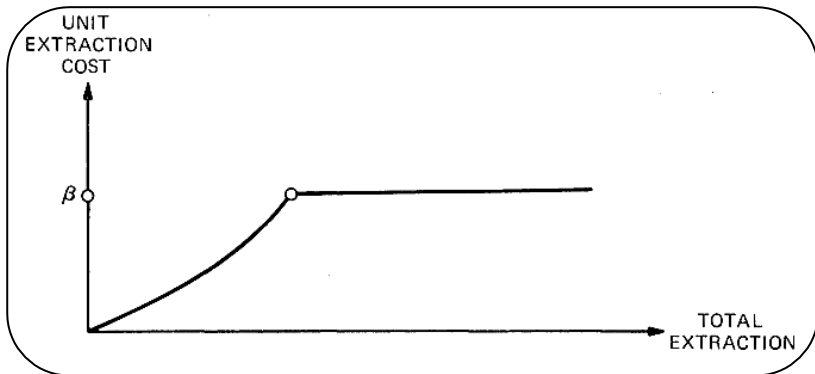
energi baru dengan adanya teknologi baru yang lebih advanced (bab berikutnya akan dipelajari mengenai hal ini).

The Backstop Technology: Changing The Resources Extraction Cost and Economy

Pada dasarnya, hampir setiap negara memiliki ketergantungan terhadap energi, utamanya *non-renewable energy* berupa minyak bumi yang peruntukannya dibutuhkan pada segala bidang dan sektor ekonomi. Oleh karena itu, banyak negara yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap harga energi dunia, utamanya minyak bumi, yang mengakibatkan kenaikan harga sektor energi dunia, akan dapat juga mengakibatkan kenaikan harga signifikan terhadap berbagai sektor industri suatu negara yang berkaitan erat dengan sumber energi. Hal ini tentunya juga akan berdampak pada capaian ekonomi negara tersebut.

Oleh karena itu, Nordhaus (1973), telah memperkenalkan konsep *The Backstop Technology* guna mendukung pertumbuhan ekonomi dan mengurangi ketergantungan energi yang tidak berkelanjutan. Dalam kajian Heal (1976), *the backstop technology* merujuk pada suatu bentuk energi surya di masa depan yang diasumsikan tersedia tanpa batas namun dengan biaya tinggi, sehingga mencegah penggunaannya secara komersial dalam skala besar. Dalam model-model yang lazim digunakan, peralihan ke *backstop technology* di masa depan terjadi ketika bahan bakar fosil secara fisik telah habis. Di lain sisi beberapa model mengemukakan

bahwa dimungkinkan untuk mempercepat pengenalan teknologi energi baru (yakni terobosan teknologi yang bersifat diskret) melalui investasi dalam pengembangan (Dasgupta dan Heal, 1974). Dalam grafik dibawah ini (gambar 4), dijelaskan lebih detail secara visual konsep dari *the backstop technology* dan dampaknya terhadap ekonomi suatu negara.



Gambar 4. Diagram Kurva Biaya Ekstraksi dari Model *Backstop Technology*
Sumber: Heal (1976)

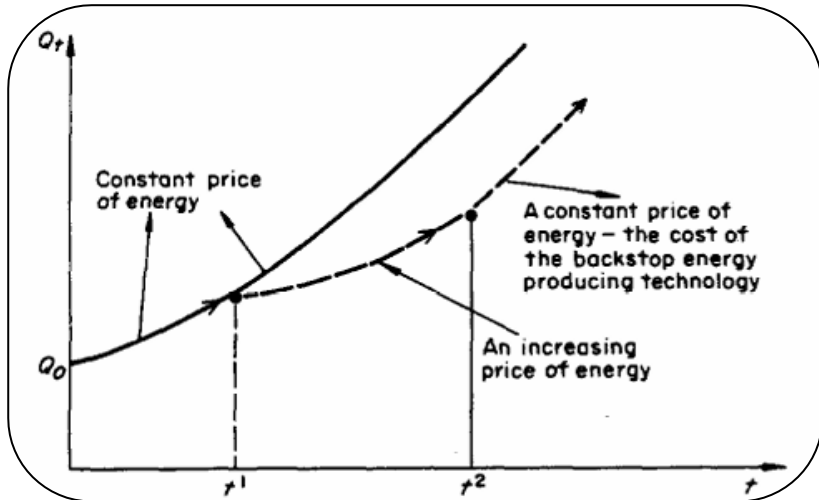
Berdasarkan gambar 4 diatas menjelaskan tentang kurva *Unit Extraction Cost* (Biaya Ekstraksi per Unit) dibandingkan dengan *Total Extraction* (Total Ekstraksi Kumulatif) yang berasal dari kerangka teori Heal (1976). Berikut ini dijelaskan konsep dari *the backstop technology* dan dampaknya terhadap *unit extraction cost*.

- a. Fase awal (kurva naik): Saat masih banyak cadangan murah, biaya ekstraksi rendah. Namun semakin banyak yang diambil, kita terpaksa mengekstraksi dari

sumber yang lebih sulit dan mahal (sumur lebih dalam, kualitas lebih rendah, lokasi lebih terpencil).

- b. Titik θ (garis datar): Inilah *backstop price*, biaya dari teknologi alternatif pengganti (misalnya energi surya, nuklir, atau *shale oil*). Nilai θ merepresentasikan batas atas (*ceiling*) bagi harga keseimbangan sumber daya, tidak ada yang mau membeli sumber daya dengan harga melebihi θ jika tersedia substitut sempurna seharga θ .
- c. Implikasi: *Heal's Theorem* menyatakan jika biaya ekstraksi meningkat seiring ekstraksi kumulatif dan terdapat *backstop technology*, maka *user cost* (kelangkaan rent) dari sumber daya yang dapat habis akan menurun hingga nol pada saat sumber daya tersebut habis.

Selanjutnya, dengan ditemukannya *backstop technology*, dampak yang ditimbulkan tidak hanya pada berkurangnya harga energi yang dikeluarkan (efisien). Namun, lebih dari itu, *the backstop technology* memiliki peran penting secara ekonomi makro dengan peran penting pada pencapaian pendapatan ekonomi secara lebih optimal dengan peningkatan ekonomi makro yang lebih stabil. Secara lebih lanjut, gambaran dari *the backstop technology* pada kondisi perekonomian suatu negara dapat dijelaskan seperti gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. *The Growth Paths Of The Economy* berbasis
The Backstop Technology
Sumber: Fishelson (1983)

Keterangan:

t^1 : energy price started to increase at a rate of $r\%$

t^2 : energy price reached the backstop technology

Q : output atau pertumbuhan ekonomi dari waktu ke waktu

t : waktu

Q_0 : titik awal output ekonomi saat ini

Penjelasan:

A. *Constant price of energy*

Ini adalah jalur pertumbuhan ekonomi dalam kondisi ideal, harga energi tetap konstan sepanjang waktu. Ekonomi tumbuh paling cepat dan paling curam karena biaya energi tidak membebani produksi. Ini

adalah skenario acuan (*baseline*), dunia yang seolah memiliki energi tidak terbatas dengan harga tetap.

B. *An increasing price of energy*

Mulai dari titik t^1 , harga energi fosil mulai naik dengan laju $r\%$ per tahun, persis seperti yang diramalkan *Hotelling's Rule*. Akibatnya pertumbuhan ekonomi melambat karena:

- a. Biaya produksi naik
- b. Daya beli masyarakat tergerus
- c. Investasi sebagian dialihkan untuk menutup biaya energi yang makin mahal

Kurva ini makin menyimpang jauh ke bawah dari garis *baseline* seiring waktu, menggambarkan biaya ekonomi kumulatif dari ketergantungan pada energi fosil yang semakin langka.

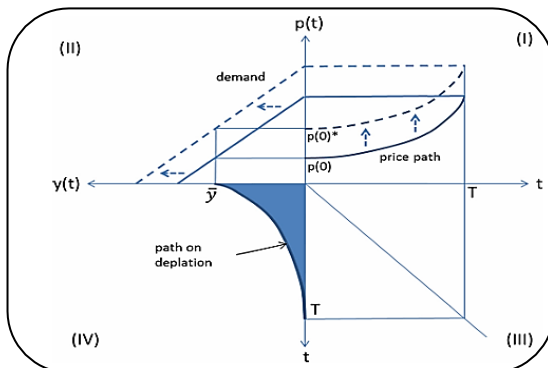
C. *A constant price of energy -- the cost of backstop technology*

Setelah titik t^2 , harga energi fosil telah mencapai level yang sama dengan biaya teknologi *backstop* (misalnya energi surya, nuklir, atau hidrogen). Pada titik ini ekonomi beralih ke teknologi alternatif. Harga energi menjadi konstan kembali, tapi pada level yang lebih tinggi dari semula. Pertumbuhan ekonomi kembali mengikuti jalur yang lebih curam, sejajar dengan skenario pertama namun berada di level yang lebih rendah karena “biaya transisi” yang sudah terjadi antara t^1 dan t^2 .

Model Empat Kuadran *Faucheux & Noël*

Apa yang terjadi pada harga minyak jika permintaan (*demand*) global naik?

Pada gambar dibawah ini untuk menunjukkan kelemahan mendasar *Hotelling's Rule* versi asli, dimana pada model Hotelling (1931) sama sekali tidak memasukkan variabel *demand* ke dalam persamaannya. Hotelling hanya mengoptimalkan dari sisi *supply*, seberapa cepat mengekstraksi agar profit maksimal, tanpa mempertimbangkan bahwa permintaan global bisa tumbuh. Akibatnya, prediksi harga dari model *Hotelling* dasar selalu *underestimate*, harga nyata di lapangan jauh lebih tinggi dari yang diramalkan, terutama sejak *boom* komoditas pada tahun 2004 yang dipicu pertumbuhan ekonomi Asia. Oleh karena itu, pada gambar 6 dibawah ini dijelaskan skenario dimana *demands* juga sangat berpengaruh pada *supply* dan ekstraksi sumber daya alam tak terbarukan.



Gambar 6. Perubahan Harga Minyak berbanding dengan *Demand*

Sumber: Gaugler (2015)

A. Kuadran I: Kanan Atas: *Price path vs Waktu*

Ini adalah inti *Hotelling's Rule*. Sumbu horizontal adalah waktu (t), sumbu vertikal adalah harga $p(t)$.

- Garis solid = price path kondisi awal. Harga mulai dari $p(0)$ di titik $t=0$, lalu naik secara eksponensial mengikuti rumus Hotelling sampai bertemu batas *demand* di titik waktu T . Mengapa naik? Karena pemilik sumber daya yang rasional, akan mau menjual sekarang jika harga tahun depan tidak lebih tinggi minimal sebesar tingkat bunga, ini logika Hotelling yang sudah dibahas sebelumnya.
- Garis putus-putus = *price path* yang *baru* setelah *demand* naik. Seluruh kurva terangkat ke atas. Harga awal yang baru adalah $p(0)^*$, lebih tinggi dari $p(0)$ semula. Panah-panah kecil ke atas menunjukkan bahwa kenaikan ini terjadi di sepanjang kurva, bukan hanya di satu titik.
- T di ujung sumbu horizontal adalah titik habisnya seluruh cadangan sumber daya.

B. Kuadran II: Kiri Atas: Fungsi *Demand*

Ini adalah kurva permintaan biasa yang sudah dikenal dari mikroekonomi dasar. Sumbu vertikal tetap harga, sumbu horizontal ke arah kiri adalah kuantitas $y(t)$ yang diminta.

Bentuknya menurun dari kiri ke kanan seperti umumnya, harga tinggi berarti permintaan rendah, harga rendah berarti permintaan tinggi.

- Garis solid = kurva demand awal. Titik $p(0)$ di Kuadran I dihubungkan ke Kuadran II lewat garis

putus-putus horizontal, artinya pada harga $p(0)$, pasar meminta kuantitas tertentu.

- b. Garis putus-putus = kurva demand yang *baru* setelah *demand* global naik (misalnya karena pertumbuhan ekonomi China dan India). Kurva bergeser ke kiri, artinya pada harga yang *sama*, orang kini meminta lebih banyak. Panah mendatar ke kiri menunjukkan arah pergeseran ini.
- c. $\bar{y}$ di sumbu horizontal kiri adalah titik kuantitas awal sebelum *demand* berubah.

C. Kuadran III: Kanan Bawah: Bisector (Garis 45°)

Ini adalah kuadran paling sederhana dan sering membingungkan karena tidak ada kurva ekonomi di sini, hanya garis diagonal 45°.

Fungsinya murni teknis: menjadi jembatan matematis yang memindahkan skala waktu dari sumbu horizontal Kuadran I ke sumbu vertikal Kuadran IV. Tanpa garis ini, kedua sumbu waktu di kuadran yang berbeda tidak bisa dibaca dalam skala yang konsisten. Fungsinya dapat diartikan sebagai “konektor” yang menjembatani antara kuadran I dan kuadran IV. Tidak ada interpretasi ekonomi di kuadran ini.

D. Kuadran IV: Kiri Bawah: *Path on Depletion* (Laju Pengurasan Stok)

Ini menunjukkan berapa banyak sumber daya yang tersisa dari waktu ke waktu. Sumbu horizontal ke bawah adalah waktu, sumbu vertikal ke kiri adalah kuantitas stok $y(t)$.

- a. Area biru adalah total cadangan minyak yang sudah diekstraksi, semakin lama waktu berjalan, area ini semakin besar karena stok terus diambil.
- b. Kurva turun dari titik $\bar{y}$ di kiri menuju titik T di bawah. Artinya pada saat T , seluruh cadangan habis dan produksi berhenti total. Bentuk kurvanya tidak lurus melainkan melengkung, mencerminkan bahwa laju pengurasan tidak konstan, melainkan mengikuti pola ekstraksi optimal.

Keterkaitan Antar Kuadran: Analisis Interpretasi Keseluruhan

Cara membaca diagram ini **dalam kondisi awal** (semua garis solid):

Mulai dari Kuadran I $\rightarrow$ harga $p(0)$ naik eksponensial $\rightarrow$ di Kuadran II, harga $p(0)$ tersebut menentukan berapa kuantitas yang diminta $\rightarrow$ kuantitas itu masuk ke Kuadran IV sebagai laju ekstraksi $\rightarrow$ Kuadran III menghubungkan skala waktunya $\rightarrow$ dan semuanya berakhir di titik T ketika cadangan habis.

Lalu ketika demand global naik (garis putus-putus):

Kurva demand di Kuadran II bergeser ke kiri $\rightarrow$ ini mendorong price path di Kuadran I naik ke atas $\rightarrow$ harga awal yang diperlukan naik dari $p(0)$ menjadi $p(0)^*$ $\rightarrow$ akibatnya stok dieksploitasi lebih cepat $\rightarrow$ area biru di Kuadran IV bertambah lebih cepat $\rightarrow$ dan titik T (habisnya cadangan) bisa datang lebih awal.

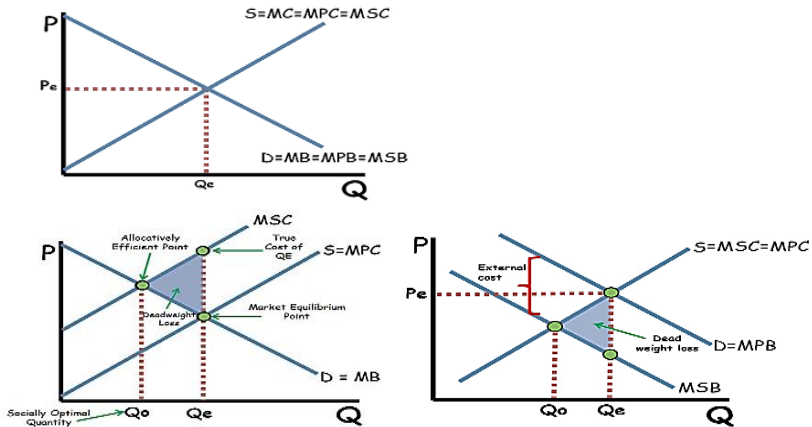
Biaya Sosial yang Tersembunyi: Eksternalitas

Harga BBM yang kamu bayar di SPBU atau tarif listrik yang tertera di tagihan PLN tidak mencerminkan seluruh biaya nyata dari penggunaan energi fosil. Ada biaya-biaya tersembunyi yang tidak masuk dalam harga pasar, yang dalam ilmu ekonomi disebut eksternalitas negatif.

Contoh eksternalitas negatif dari penggunaan energi fosil:

- a. Polusi udara: Asap PLTU batu bara mengandung partikel halus yang menyebabkan penyakit paru-paru dan jantung. Biaya pengobatan ditanggung oleh masyarakat dan sistem kesehatan, bukan oleh produsen listriknya.
- b. Perubahan iklim: Emisi CO₂ dari pembakaran bahan bakar fosil berkontribusi pada pemanasan global. Dampaknya, banjir rob, kekeringan, cuaca ekstrem, ditanggung oleh seluruh umat manusia.
- c. Kerusakan lingkungan tambang: Lubang-lubang bekas galian tambang batu bara yang tidak direklamasi merusak lahan dan mencemari air sungai di sekitarnya.

Eksternalitas adalah biaya atau manfaat yang dirasakan oleh pihak selain produsen maupun konsumen yang terlibat langsung dalam transaksi. Eksternalitas negatif adalah biaya yang tumpah ke masyarakat luar. Ada dua jenis yang perlu dibedakan: eksternalitas dari sisi produksi (sisi penawaran/*supply*) dan dari sisi konsumsi (sisi permintaan/*demand*). Masing-masing grafiknya berbeda.



Gambar 7. Penggambaran Eksternalitas Negatif
Sumber: Reed (2022)

Keterangan: gambar (a) tanpa eksternalitas, (b) eksternalitas di produsen, (c) eksternalitas di konsumen

Pada gambar 7 diatas, terdapat kondisi awal berupa grafik (a) dimana kondisi pasar tanpa eksternalitas, yaitu pasar ideal dimana mendapatkan titik equilibrium $Q_e = P_e$ atau S (*supply*) = MPC (*marginal production cost*) bertemu dengan D (*demand*) = MB (*marginal benefit*). Pada kasus lainnya di grafik (b) menggambarkan eksternalitas negatif dari sisi produsen, yakni ternyata ada biaya yang tidak dihitung produsen, misalnya polusi PLTU batu bara. Biaya polusi ini ditanggung warga sekitar, bukan oleh PLN atau perusahaan tambang. Maka muncul kurva:

$$MSC = MPC + \text{External Cost}$$

Keterangan: Karena ada tambahan *external cost*, MSC (*Marginal Social Cost*) berada di atas $S = MPC$, jarak vertikalnya persis sebesar *external cost* per unit.

Lalu berapakah produksi ideal bagi Masyarakat setelah adanya eksternalitas negatif dari sisi produsen?

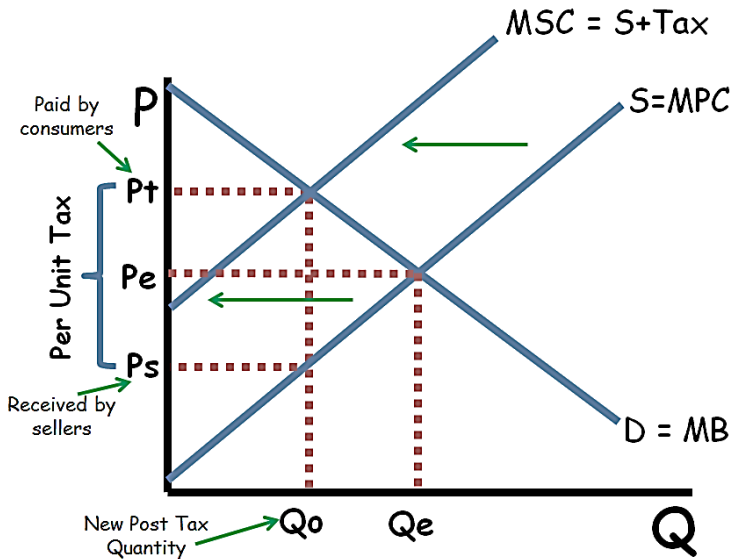
- a. Seharusnya produsen hanya memproduksi pada titik Q_0 (*socially optimal quantity*) yaitu pertemuan titik $MSC = D(MB)$, agar menghindari dampak lebih buruk kepada masyarakat.
- b. Namun, pada kenyataannya, seringkali produsen tidak melihat adanya eksternalitas negatif yang diterima oleh masyarakat, sehingga produsen masih memproduksi hingga Q_e dengan tidak peduli terhadap MSC , melainkan hanya peduli pada MPC mereka sendiri.
- c. Jadi pasar tetap berproduksi pada titik Q_e , titik dimana produsen memproduksi lebih banyak Q (*quantity*), namun dengan P (*price*) yang lebih rendah.
- d. Maka terbentuklah *Deadweight Loss* (DWL), yaitu titik yang menghubungkan antara Q_0 , Q_e , dan *true cost of* Q_e atau segitiga biru ditengah, dimana masyarakat mendapatkan kerugian akibat biaya sosial yang tidak dimasukan dalam *production cost* perusahaan.

Selanjutnya, bagaimana dengan eksternalitas negatif dari sisi konsumen?

- A. Pada sisi eksternalitas konsumen, kasusnya dapat berupa konsumen dalam mengonsumsi sesuatu menimbulkan kerugian ke orang lain. Misalnya Pengguna kendaraan pribadi membakar BBM → dapat manfaat mobilitas untuk diri sendiri, tapi mengeluarkan asap yang dihirup jutaan orang lain di kota besar.

- B. Maka pada grafik (c), akan muncul kurva baru MSB (*marginal social benefit*) = MPB (*marginal private benefit*) - External Cost
- C. Karena ada *external cost* yang harus dikurangi, MSB berada di bawah $D=MPB$, jarak vertikalnya persis sebesar external cost per unit (titik Q_e).
- D. Langkah selanjutnya adalah menemukan titik equilibrium socially optimal quantity yakni titik Q_0 , yaitu titik antara $MSB=S(MSC)$. Ini adalah titik dimana seharusnya konsumsi berhenti kalau dampak ke orang lain diperhitungkan.
- E. Namun, masalahnya pasar yang dikonsumsi konsumen masih tetap berada di Q_e , atau artinya konsumen tidak peduli dengan kerugian orang lain, mereka hanya lihat manfaat bagi diri sendiri (MPB). Jadi pasar tetap di Q_e , bukan yang seharusnya di Q_0 . Artinya ada unit konsumsi dari Q_0 sampai Q_e yang:
 - a. Biaya sosialnya (MSC) → lebih tinggi dari manfaat sosialnya (MSB)
 - b. Tapi tetap dikonsumsi karena konsumen hanya menghitung MPB yang lebih tinggi
- F. Maka, terbentuklah *deadweight lost* (DWL), titik perpotongan segitiga dimana ada biaya *social* yang tidak diperhitungkan, namun akan dirasakan oleh konsumen.

Lalu bagaimana mengatasi DWL yang ditimbulkan akibat adanya eksternalitas negative?



Gambar 8. Peran Pemerintah dalam mengurangi Dampak Eksternalitas Negative
Sumber: Reed (2022)

Keterangan:

- P_t (*Price paid by consumers*) Harga yang dibayar konsumen → naik dari P_e .
- P_e Harga keseimbangan lama Harga sebelum ada pajak (sudah tidak berlaku).
- P_s (*Price received by sellers*) Harga yang diterima produsen setelah setor pajak → turun dari P_e .
- Peran pemerintah sangat krusial untuk dapat mengurangi dampak eksternalitas negatif, yaitu dengan regulasi, utamanya penggunaan tarif pajak (*per unit tax*).
- Pemerintah memungut pajak ke produsen per setiap unit yang diproduksi, besarnya sama persis dengan

external cost. Misalnya, Setiap ton batu bara yang dijual, produsen wajib bayar pajak Rp500 ke pemerintah. Rp500 ini setara dengan biaya polusi yang selama ini ditanggung masyarakat.

- f. Karena ada tambahan beban pajak, biaya produksi efektif naik. Akibatnya: Kurva $S = MPC$ bergeser ke kiri → menjadi $MSC = S + Tax$.
- g. Pergeseran ini persis sebesar pajak per unit, dan kurva baru ini berimpit dengan MSC yang sudah ada sebelumnya. Kurva supply baru ($MSC = S + Tax$) bertemu $D = MB$ di titik Q_0 , bukan Q_e lagi.
- h. Pasar sekarang memproduksi di kuantitas yang optimal secara sosial. DWL hilang.
- i. Jarak $P_t - P_s =$ Per Unit Tax → inilah yang masuk ke kas pemerintah

❖ Kebijakan Energi Fosil di Indonesia

Pemerintah memainkan peran sangat besar dalam sektor energi tak terbarukan Indonesia, mulai dari menentukan siapa yang boleh menambang, berapa harga yang harus dibayar konsumen, hingga berapa banyak yang boleh diekspor. Berikut adalah kebijakan-kebijakan utama yang perlu dipahami:

Subsidi BBM: Dulu, Kini, dan Dampaknya

Subsidi BBM adalah kebijakan pemerintah di mana negara menanggung sebagian biaya agar harga bensin dan solar di SPBU lebih murah dari harga sebenarnya. Ini dilakukan agar masyarakat dan pelaku usaha bisa mendapatkan bahan bakar dengan harga terjangkau.

Namun subsidi BBM menimbulkan dilema ekonomi yang serius:

Tabel 4. Pro dan Kontra Kebijakan Subsidi BBM

Argumen PRO Subsidi	Argumen KONTRA Subsidi
Meringankan beban masyarakat berpenghasilan rendah	Anggaran subsidi sangat besar, menguras APBN
Menahan laju inflasi dan menjaga daya beli	Yang paling diuntungkan justru pemilik kendaraan (kelas menengah-atas)
Menjaga daya saing industri dan transportasi	Mendorong konsumsi BBM berlebihan dan pemborosan energi
Stabilitas harga di daerah terpencil	Melemahkan insentif pengembangan energi alternatif

Kontrak Bagi Hasil (*Production Sharing Contract, PSC*)

Lalu bagaimana pemerintah mendapatkan bagian dari kekayaan minyak dan gas Indonesia? Jawabannya adalah melalui sistem Kontrak Bagi Hasil atau *Production Sharing Contract (PSC)*, sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2004 tentang Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi, sebagaimana telah diubah terakhir dengan Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2009.

Cara kerja PSC secara sederhana:

- a. Perusahaan minyak asing atau swasta nasional (disebut Kontraktor) mendapat izin untuk meng-

eksplorasi dan memproduksi minyak/gas di suatu wilayah.

- b. Kontraktor menanggung seluruh biaya eksplorasi dan produksi, ini adalah risiko yang mereka ambil.
- c. Jika berhasil menemukan dan memproduksi minyak/gas, kontraktor berhak mengambil kembali biayanya dari hasil produksi (disebut *cost recovery*).
- d. Sisa produksi setelah *cost recovery* dibagi antara pemerintah (melalui SKK Migas) dan kontraktor sesuai persentase yang disepakati dalam kontrak.
- e. Pemerintah biasanya mendapatkan porsi yang lebih besar, umumnya sekitar 65-85% untuk minyak.

Royalti Pertambangan Batu Bara

Perusahaan batu bara wajib membayar royalti kepada negara sebagai kompensasi atas penggunaan sumber daya alam milik negara. Royalti dihitung berdasarkan persentase nilai penjualan batu bara dan dibayarkan ke kas negara. Penerimaan dari royalti dan pajak pertambangan batu bara kemudian dibagi antara pemerintah pusat dan pemerintah daerah penghasil melalui mekanisme Dana Bagi Hasil (DBH) Sumber Daya Alam (Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2004). Ini penting untuk mendorong pembangunan di daerah-daerah penghasil batu bara seperti Kalimantan Timur dan Kalimantan Selatan.

Kebijakan *Domestic Market Obligation* (DMO)

DMO adalah kewajiban pemerintah kepada produsen batu bara untuk menyisihkan sebagian produksinya (minimal

25%) bagi kebutuhan dalam negeri, terutama untuk PLTU PLN, dengan harga yang telah ditetapkan pemerintah. Kebijakan ini mencerminkan upaya pemerintah menyeimbangkan antara kepentingan ekspor (menghasilkan devisa) dengan keamanan pasokan energi domestik.

❖ **Tantangan dan Masa Depan Energi Fosil Indonesia**

Ketergantungan Berlebihan pada Energi Fosil

Salah satu tantangan terbesar Indonesia adalah ketergantungan yang sangat tinggi pada bahan bakar fosil. Lebih dari 80% bauran energi primer Indonesia masih berasal dari minyak, gas, dan batu bara (Kementerian ESDM, 2024). Pemerintah Indonesia telah merespons tantangan ini melalui Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) yang menargetkan peningkatan porsi energi terbarukan secara bertahap (Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017). Ketergantungan ini menimbulkan beberapa risiko:

- a. Risiko fiskal: Fluktuasi harga minyak dunia langsung berdampak pada APBN melalui mekanisme subsidi dan penerimaan negara dari migas.
- b. Risiko ketahanan energi: Penurunan produksi minyak domestik membuat Indonesia semakin bergantung pada impor minyak.
- c. Risiko lingkungan: Emisi GRK dan polusi udara dari sektor energi mengancam kesehatan masyarakat dan komitmen iklim Indonesia.

Transisi Energi, Ke Mana Indonesia Menuju?

Dunia sedang bergerak menuju sistem energi rendah karbon untuk mengatasi krisis iklim. Indonesia, sebagai eksportir batu bara terbesar kedua di dunia, menghadapi tekanan yang besar untuk ikut dalam transisi ini.

Pemerintah Indonesia telah menetapkan beberapa target transisi energi:

- a. Porsi energi terbarukan dalam bauran energi nasional ditargetkan mencapai 23% pada 2025 dan 31% pada 2050 (RUEN) (Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017).
- b. Indonesia berkomitmen mencapai Net Zero Emissions pada tahun 2060 atau lebih cepat (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), 2021).
- c. Percepatan pensiun dini (*early retirement*) PLTU batu bara tua dan penggantinya dengan pembangkit energi terbarukan.

BAB IV

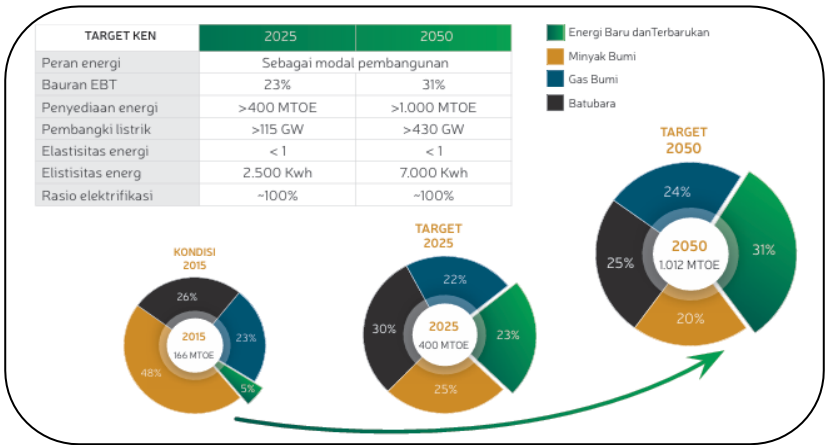
SUMBER ENERGI BARU DAN TERBARUKAN

❖ Apa itu Sumber Energi Baru dan Terbarukan?

Sumber energi terbarukan adalah energi yang berasal dari proses alam yang terus-menerus diperbarui secara alami, seperti sinar matahari yang terbit setiap hari, angin yang terus berhembus, air yang terus mengalir, dan panas yang terus memancar dari perut bumi. Tidak seperti batu bara atau minyak bumi yang terbentuk selama jutaan tahun dan tidak bisa diisi ulang, sumber energi terbarukan tersedia dalam skala waktu manusia. Sementara istilah energi baru merujuk pada teknologi-teknologi konversi energi yang relatif lebih baru dikembangkan dan belum digunakan secara massal, seperti hidrogen, sel bahan bakar (*fuel cell*), dan energi nuklir generasi baru. Pemerintah Indonesia, melalui Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, mendefinisikan energi baru dan terbarukan (EBT) sebagai dua kategori yang berbeda namun sering disebut bersama dalam konteks kebijakan transisi energi nasional.

Di Indonesia sendiri, sumber energi baru dan terbarukan menjadi salah satu prioritas energi yang ditargetkan untuk terus dikembangkan. Berdasarkan target dari Kebijakan Energi Nasional (KEN) (Kementerian ESDM, 2022), menyatakan bahwa (1) pada tahun 2025 peran Energi Baru dan Energi Terbarukan paling sedikit 23% (dua

puluh tiga persen) dan pada tahun 2050 paling sedikit 31% (tiga puluh satu persen) sepanjang keekonomiannya terpenuhi; (2) pada tahun 2025 peran minyak bumi kurang dari 25% (dua puluh lima persen) dan pada tahun 2050 menjadi kurang dari 20% (dua puluh persen); (3) pada tahun 2025 peran batubara minimal 30% (tiga puluh persen), dan pada tahun 2050 minimal 25% (dua puluh lima persen); dan (4) pada tahun 2025 peran gas bumi minimal 22% (dua puluh dua persen) dan pada tahun 2050 minimal 24% (dua puluh empat persen). Dibawah ini digambarkan target pemerintah dalam KEN (gambar 9).



Gambar 9. Sasaran KEN *Period* 2015–2025
Sumber: Kementerian ESDM, 2022

Mengapa Energi Terbarukan Menjadi Prioritas Global?

Dunia sedang mengalami pergeseran mendasar dalam cara menghasilkan dan menggunakan energi. Ada tiga tekanan utama yang mendorong akselerasi transisi energi global ini:

Tabel 5. Tiga Tekanan Utama yang mendorong Transisi Energi Global

Tekanan	Penjelasan	Dampak jika Diabaikan
Perubahan iklim	Pembakaran bahan bakar fosil menghasilkan CO ₂ yang menyebabkan pemanasan global	Bencana iklim: banjir, kekeringan, naiknya permukaan laut
Kelangkaan fosil	Cadangan minyak dan gas bumi terus menipis, harga naik (Hotelling Rule)	Krisis energi dan ketidakstabilan ekonomi global
Kemajuan teknologi	Biaya panel surya dan baterai turun drastis > 90% dalam satu dekade	Negara yang terlambat beradaptasi akan tertinggal secara ekonomi

Perbedaan Energi Terbarukan dan Tidak Terbarukan

Untuk memahami konteks bab ini, penting melihat perbedaan mendasar antara dua jenis energi ini secara berdampingan:

Tabel 6. Perbandingan Energi tak Terbarukan dan Terbarukan

Aspek	Energi Tak Terbarukan (Bab 4)	Energi Terbarukan (Bab 5)
Asal	Fosil organisme purba, jutaan tahun	Proses alam berkelanjutan (matahari, angin, air)
Ketersediaan	Terbatas, sekali habis tidak pulih	Terus-menerus diperbarui secara alami

Emisi	Tinggi (CO ₂ , SO ₂ , partikel)	Sangat rendah hingga nol emisi operasional
Biaya	Relatif stabil tapi naik jangka panjang	Biaya awal tinggi, tapi turun cepat seiring skala
Lokasi	Terpusat di negara/wilayah tertentu	Tersebar merata, hampir semua negara punya potensi
Contoh	Batu bara, minyak bumi, gas alam	Surya, angin, air, panas bumi, biomassa

❖ Jenis-Jenis Sumber Energi Terbarukan

Indonesia dianugerahi potensi energi terbarukan yang luar biasa besar. Berikut adalah jenis-jenis utama beserta potensi dan kondisi pengembangannya di Indonesia.

Energi Surya (*Solar Energy*)

Energi surya adalah energi yang dihasilkan dari radiasi matahari. Indonesia, sebagai negara yang terletak di garis khatulistiwa, menerima paparan sinar matahari sepanjang tahun dengan intensitas rata-rata 4,5-5,5 kWh/m²/hari, jauh di atas rata-rata global. Ini menjadikan Indonesia salah satu negara dengan potensi energi surya terbesar di dunia.

a. Teknologi Panel Surya (*Photovoltaic / PV*)

Panel surya bekerja dengan mengubah foton dari sinar matahari menjadi elektron (listrik) melalui efek fotovoltaiik. Satu unit panel surya biasanya

menghasilkan daya antara 300–500 Watt-peak (WP). Dalam skala besar, ribuan panel disusun membentuk *solar farm* atau Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang bisa menghasilkan daya hingga ratusan megawatt.

b. Perkembangan Biaya Panel Surya

Salah satu kisah sukses terbesar dalam sejarah teknologi energi adalah penurunan biaya energi surya. Sejak tahun 2010, biaya pembangkitan listrik tenaga surya skala utilitas turun lebih dari 90%, dari sekitar USD 0,42/kWh menjadi USD 0,043/kWh pada 2024, menjadikan energi surya salah satu sumber listrik paling kompetitif secara biaya dalam sejarah (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2025).

c. Potensi Surya Indonesia

Total potensi energi surya Indonesia diperkirakan mencapai 3.295 GW, jauh melampaui total kapasitas pembangkit listrik nasional yang saat ini sekitar 90 GW. Namun pemanfaatannya baru sekitar 270 MW atau kurang dari 0,01% dari potensi tersebut (Dewan Energi Nasional, 2023).

Energi Angin (*Wind Energy*)

Energi angin memanfaatkan gerakan massa udara untuk memutar turbin yang menghasilkan listrik. Turbin angin modern memiliki bilah sepanjang 60-90 meter dan bisa menghasilkan daya 3-15 MW per unit. Kumpulan turbin dalam satu lokasi disebut *wind farm* atau Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB).

a. Karakteristik Angin Indonesia

Potensi angin Indonesia tidak sebesar negara-negara di lintang tinggi seperti Denmark atau Jerman. Namun beberapa wilayah memiliki kecepatan angin yang cukup untuk pembangkitan listrik, terutama di Nusa Tenggara Timur (NTT), Sulawesi Selatan, dan pesisir selatan Jawa. Total potensi angin Indonesia diperkirakan mencapai 155 GW. (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), 2023).

b. PLTB Sidrap dan Jeneponto

Indonesia memiliki PLTB pertama skala besar di Sidrap, Sulawesi Selatan (75 MW, beroperasi 2018) dan PLTB Jeneponto (72 MW, beroperasi 2019). Keduanya memanfaatkan angin muson yang bertiup kencang di wilayah tersebut.

Energi Air (*Hydropower*)

Energi air atau tenaga air adalah sumber energi terbarukan yang paling banyak dimanfaatkan di Indonesia saat ini. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) mengubah energi potensial dan kinetik air menjadi listrik melalui turbin. Indonesia memiliki potensi tenaga air yang sangat besar berkat topografi pegunungan dan curah hujan tinggi.

a. Jenis Pembangkit Tenaga Air

Tabel 7. Jenis Pembangkit Tenaga Air dan Contohnya di Indonesia

Jenis	Kapasitas	Contoh di Indonesia
PLTA besar	Di atas 10 MW	PLTA Cirata (1.008 MW), PLTA Saguling (701 MW)
PLTA menengah	1–10 MW	Berbagai lokasi di Sumatera dan Kalimantan
PLTA mini/mikro	Di bawah 1 MW	Tersebar di daerah terpencil dan perbatasan
Pumped storage	Variabel	PLTA Cisokan (1.040 MW, dalam pengembangan)

b. Potensi dan Pemanfaatan

Potensi energi hidro Indonesia mengalami pemutakhiran pada tahun 2021, dari semula 75 GW menjadi 95 GW. Peningkatan ini merupakan hasil penyempurnaan metode perhitungan yang menggunakan data debit air berbasis curah hujan (*rainfall runoff*) dengan pendekatan *water flow*, yang dikembangkan bersama oleh Kementerian ESDM dan Kementerian PUPR melalui Puslitbang Sumber Daya Air, ditambah dengan pemutakhiran data potensi PLTA pada bendungan PUPR hingga tahun 2027. Secara geografis, potensi hidro terbesar terkonsentrasi di Provinsi Papua sebesar 34,6% dan Provinsi Kalimantan Utara sebesar 23,3% dari total potensi nasional (Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional, 2023).

on-grid maupun off-grid tercatat baru mencapai 225 MW (Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional, 2023)



Gambar 11. Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik berbasis EBT Tahun 2013-2022

Sumber: Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional, 2023

Lokasi Utama Panas Bumi Indonesia

Lapangan panas bumi terbesar di Indonesia antara lain:

- Kamojang, Jawa Barat: pembangkit panas bumi pertama di Indonesia, beroperasi sejak 1983, kapasitas 235 MW
- Sarulla, Sumatera Utara: kapasitas 330 MW, salah satu PLTP terbesar di dunia dalam satu kontrak
- Lahendong, Sulawesi Utara: kapasitas 120 MW, pemasok utama listrik Sulawesi Utara
- Ulubelu, Lampung: kapasitas 220 MW, dikembangkan bertahap dalam empat unit (Sumber: Berita Geothermal, 2025).

Energi Biomassa

Biomassa adalah energi yang bersumber dari bahan organic, sisa pertanian, limbah kayu, sampah organik, atau tanaman energi yang ditanam khusus. Indonesia, sebagai negara agraris dengan produksi pertanian yang besar, memiliki potensi biomassa yang sangat melimpah.

a. Jenis-Jenis Biomassa Energi

Tabel 8. Jenis-Jenis Biomassa dan Produk Energinya

Jenis Biomassa	Sumber	Produk Energi
Biomassa padat	Cangkang sawit, sekam padi, kayu	Listrik melalui pembakaran atau gasifikasi
Biogas	Kotoran ternak, limbah organik, sampah	Gas metana untuk memasak atau listrik
Bioetanol	Tebu, singkong, sorgum	Bahan bakar kendaraan (campuran bensin)
Biodiesel	Minyak sawit (CPO), jarak pagar	Bahan bakar kendaraan diesel (B30, B40)
Biohidrogen	Biomassa lignoselulosa	Bahan bakar masa depan

b. Biodiesel dan Program B40 Indonesia

Indonesia adalah negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia, dan ini menjadi landasan program biodiesel nasional. Program B40 yang resmi diberlakukan sejak 1 Januari 2025 mewajibkan pencampuran 40% biodiesel berbasis sawit (FAME) ke dalam bahan bakar solar. Program ini bertujuan mengurangi impor solar, menghemat devisa, dan

menyerap surplus produksi CPO nasional (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2024).

Energi Laut (*Ocean Energy*)

Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia, memiliki potensi energi laut yang sangat besar namun masih sangat sedikit dikembangkan. Ada beberapa bentuk energi laut yang berpotensi:

- a. Energi ombak (*wave energy*): memanfaatkan gerakan naik-turun gelombang laut
- b. Energi pasang surut (*tidal energy*): memanfaatkan perbedaan ketinggian air saat pasang dan surut
- c. Energi arus laut (*ocean current*): memanfaatkan arus bawah laut yang konstan
- d. OTEC (*Ocean Thermal Energy Conversion*): memanfaatkan perbedaan suhu antara air laut permukaan dan dalam.

❖ Konsep Dasar Ekonomi Energi Terbarukan

Biaya Energi Terbarukan: LCOE

Untuk membandingkan biaya berbagai jenis pembangkit listrik secara adil, digunakan metrik yang disebut LCOE (*Levelized Cost of Energy*) atau Biaya Energi Rata-Rata. LCOE menghitung biaya total pembangkitan listrik sepanjang umur operasional sebuah pembangkit (termasuk biaya investasi, operasi, pemeliharaan, dan dekomisioning), dibagi dengan total listrik yang dihasilkan. Rumus LCOE:

$$LCOE = \frac{\text{Total Biaya Seumur Hidup (NPV)}}{\text{Total Energi yang Dihasilkan (kWh)}}$$

LCOE memungkinkan perbandingan yang setara antara pembangkit dengan karakteristik berbeda:

Tabel 9. Perbandingan LCOE berbagai Jenis Pembangkit
Sumber: (IRENA, 2024)

Jenis Pembangkit	LCOE Global 2023 (USD/kWh)	Tren
Solar PV (<i>utility scale</i>)	0,024 – 0,096	Turun drastis, termurah secara global
Angin darat (<i>onshore</i>)	0,026 – 0,134	Terus turun
PLTA besar	0,025 – 0,090	Relatif stabil, sedikit turun
Panas bumi	0,060 – 0,140	Cenderung naik
PLTU batu bara	0,065 – 0,150	Cenderung naik
PLTU gas	0,045 – 0,110	Fluktuatif mengikuti harga gas

Eksternalitas Positif Energi Terbarukan

Jika energi fosil memiliki eksternalitas negatif (polusi, perubahan iklim, lihat Sub-Bab 4.3.6), maka energi terbarukan justru menghasilkan eksternalitas positif, manfaat yang dinikmati masyarakat luas di luar transaksi pasar langsung.

- a. Pengurangan emisi GRK: Setiap kWh listrik dari surya menggantikan rata-rata 0,5-0,8 kg emisi CO₂ dibanding listrik dari batu bara.

- b. Kualitas udara lebih baik: Tidak ada polutan SO_2 , NO_x , atau partikel halus, mengurangi beban biaya kesehatan masyarakat.
- c. Ketahanan energi: Mengurangi ketergantungan impor BBM yang menguras devisa negara.
- d. Penciptaan lapangan kerja lokal: Instalasi dan pemeliharaan panel surya bersifat padat karya dan lokal.

Kegagalan Pasar dan Peran Subsidi Energi Baru dan Terbarukan (EBT)

Meski biayanya terus turun, energi terbarukan masih menghadapi kegagalan pasar yang menghambat adopsinya tanpa intervensi pemerintah. Ada beberapa sumber kegagalan pasar:

Tabel 10. Kegagalan Pasar Energi Terbarukan dan Solusi Kebijakannya

Kegagalan Pasar	Penjelasan	Solusi Kebijakan
Eksternalitas negatif fosil tidak diinternalisasi	Harga BBM dan listrik fosil tidak mencerminkan biaya lingkungan	Carbon tax, cap-and-trade, pencabutan subsidi fosil
Biaya awal tinggi EBT	Investor dan konsumen terkendala modal awal meski LCOE kompetitif	Subsidi FiT, BOOT, skema pembiayaan hijau
Informasi asimetris	Konsumen tidak paham manfaat jangka panjang EBT	Kampanye edukasi, net metering, PLTS atap

Risiko teknologi baru	Investor enggan membiayai teknologi yang belum terbukti berskala besar	Jaminan pemerintah, pilot project, PPP
-----------------------	--	--

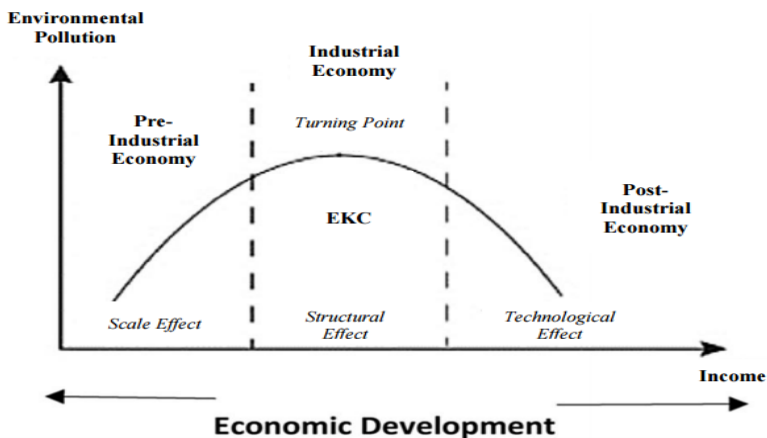
***Learning Curve* dan Penurunan Biaya EBT**

Salah satu fenomena ekonomi paling penting dalam sejarah energi terbarukan adalah *learning curve* atau kurva pembelajaran. Setiap kali kapasitas produksi suatu teknologi berlipat ganda, biayanya turun dengan persentase yang relatif konstan, yang dikenal sebagai *learning rate*.

❖ *Environmental Kuznets Curve*: Peran Penting Energi Terbarukan

Pada sub-bab ini, kita akan mempelajari bagaimana peran penting dari ekonomi suatu negara, dapat meminimalisir dampak lingkungan dalam jangka waktu panjang. Hal ini juga diindikasikan akibat adanya investasi-investasi pada energi yang lebih ramah lingkungan dari negara yang telah lebih maju tingkat ekonominya, selain dari sisi pemahaman lingkungan yang lebih baik dibandingkan dengan negara *low-middle income*. Salah satu teori menarik yang menjadi salah satu pembahasan penting dalam upaya mengurangi dampak lingkungan adalah teori *Environmental Kuznets Curve*. *Environmental Kuznets Curve* (EKC) adalah hubungan hipotetis antara berbagai indikator degradasi lingkungan dan pendapatan per kapita.

Pada tahap-tahap awal pertumbuhan ekonomi, emisi polusi meningkat dan kualitas lingkungan menurun, namun setelah melampaui suatu tingkat pendapatan per kapita tertentu (yang akan bervariasi untuk setiap indikator), tren tersebut berbalik arah, sehingga pada tingkat pendapatan yang tinggi, pertumbuhan ekonomi justru membawa perbaikan lingkungan. Hal ini mengimplikasikan bahwa dampak lingkungan atau emisi per kapita merupakan fungsi berbentuk U terbalik dari pendapatan per kapita. Gambar dibawah ini menunjukkan contoh EKC yang telah diestimasi. EKC dinamai berdasarkan Simon Kuznets yang mengusulkan bahwa ketimpangan pendapatan pertama-tama meningkat lalu kemudian menurun seiring berlangsungnya pembangunan ekonomi.



Gambar 12. *Environmental Kuznets Curve* dalam Penurunan dampak Lingkungan
Sumber: Oladunni et al. (2024)

Estimasi EKC awal dari Grossman dan Krueger (1991) menggunakan fungsi kubik sederhana dari tingkat pendapatan per kapita, sementara Shafik (1994) meregresikan tingkat indikator lingkungan pada fungsi kuadratik atau kubik dari logaritma pendapatan per kapita. Secara konsep, aktivitas ekonomi secara tidak terelakkan mengimplikasikan penggunaan sumber daya, dan berdasarkan hukum termodinamika, penggunaan sumber daya secara tidak terelakkan mengimplikasikan produksi limbah. Regresi yang memungkinkan tingkat indikator menjadi nol atau negatif adalah tidak tepat, kecuali dalam kasus tingkat perubahan bersih dari stok sumber daya terbarukan, di mana misalnya penghijauan (afforestasi) dapat terjadi. Pembatasan nilai tidak nol dapat diterapkan dengan menggunakan variabel dependen logaritmik. Model regresi EKC standar kemudian menjadi:

$$\ln E_{it} = \alpha + \gamma t + \beta_1 \ln Y_{it} + \beta_2 (\ln Y_{it})^2 + \varepsilon_{it}$$

Keterangan:

E adalah kualitas lingkungan ambien atau emisi per orang, Y adalah produk domestik bruto per kapita, e adalah suku kesalahan acak, dan $\ln$ menunjukkan logaritma natural. Dua suku pertama pada ruas kanan persamaan adalah parameter intersep yang bervariasi antar negara atau wilayah i dan tahun t , yang masing-masing disebut efek negara dan efek waktu.

Asumsinya adalah bahwa meskipun tingkat emisi per kapita dapat berbeda antar negara pada tingkat pendapatan tertentu, elastisitas emisi terhadap

pendapatan adalah sama di semua negara pada tingkat pendapatan yang diberikan. Intersep yang spesifik terhadap waktu dimaksudkan untuk memperhitungkan variabel yang dihilangkan yang berubah seiring waktu serta guncangan stokastik yang berlaku umum bagi semua negara.

Endogenous (dependent) variable: CO ₂ -eq emissions					
Long run estimations			Short run estimations		
Series	t-stat	p-values	Series	t-stat	p-values
GDP	5.033*	0.000	GDP	4.928*	0.0000
GDP ²	- 4.945*	0.000	GDP ²	- 5.219*	0.0000
GDP ³	- 0.947*	0.3448	GDP ³	- 2.237*	0.0265
EC	0.393*	0.6947	EC	0.383*	0.7019
EI	- 1.076*	0.2835	EI	- 1.100*	0.0000
PV	4.758*	0.0004	PV	- 4.283*	0.0000
Constant	- 5.87	0.0000	Coint.Eq. (6)		
Diagnostic tests					
R-squared					0.9837
R-squared (adjusted)					0.9827
DW Stat					1.5999

Gambar 13. *The Environmental Kuznets Curve (EKC) Hypothesis on GHG Emission using ARDL Analysis: The case of Transportation Industry of South Africa*
 Sumber: Oladunni et al. (2024)

Keterangan:

- Carbon emissions as per capita greenhouse gas (GHG) emissions, taken in tones of CO₂ equivalent.*
- Per capita gross domestic product (GDP), taken in South Africa Rand.*
- Per capita gross energy (oil) consumption (EC) taken in tons of oil equivalent.*
- Per capita energy intensity (EI), taken in Tce per 10,000 Rand.*

- e. *Number of on-road passenger vehicles (PV) contributing to carbon emissions.*

Hasil tabel:

- a. Hasil menunjukkan bahwa GDP berpengaruh positif dan signifikan terhadap emisi, artinya, semakin tinggi pertumbuhan ekonomi, semakin tinggi pula emisi CO₂.
- b. Namun ketika GDP dipangkatkan dua (GDP²), pengaruhnya menjadi negatif dan signifikan, yang mengindikasikan bahwa pada tingkat pertumbuhan ekonomi yang lebih tinggi, laju kenaikan emisi mulai melambat.
- c. Pola ini mengkonfirmasi adanya kurva EKC di sektor transportasi Afrika Selatan. Akan tetapi, seluruh provinsi Afrika Selatan saat ini masih berada di fase kiri kurva, fase di mana emisi masih terus naik, dan belum ada yang mencapai *turning point*.
- d. Di sisi lain, intensitas energi (EI) terbukti signifikan menekan emisi dalam jangka pendek, yang berarti peningkatan efisiensi penggunaan energi memberikan dampak nyata yang cukup cepat.

Implikasi Kebijakan:

- a. Hasil ini merekomendasikan bahwa pemerintah Afrika Selatan perlu segera mengambil langkah konkret untuk mempercepat *turning point* tersebut, tanpa harus menunggu ekonomi tumbuh sendiri.
- b. Langkah yang disarankan antara lain penerapan pajak BBM berbasis emisi, standar efisiensi kendaraan yang

lebih ketat, perluasan transportasi publik, serta insentif bagi kendaraan listrik dan hybrid.

- c. Rekomendasi-rekomendasi ini secara langsung mencerminkan prinsip koreksi eksternalitas negatif dalam ilmu ekonomi, di mana harga BBM yang dibayar konsumen harus mencerminkan biaya sosial sesungguhnya, bukan hanya biaya privat mereka.

❖ **Kebijakan Energi Terbarukan di Indonesia**

Pemerintah Indonesia telah mengeluarkan berbagai kebijakan untuk mendorong pengembangan energi terbarukan. Berikut adalah kebijakan-kebijakan utama yang perlu dipahami:

Target Bauran Energi Nasional

Melalui Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), pemerintah menetapkan target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050 (Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017). Sementara itu, komitmen net zero emissions pada 2060 atau lebih cepat ditetapkan melalui dokumen *Long-term Strategy for Low Carbon and Climate Resilience* (LTS-LCCR 2050) yang diserahkan ke UNFCCC (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021).

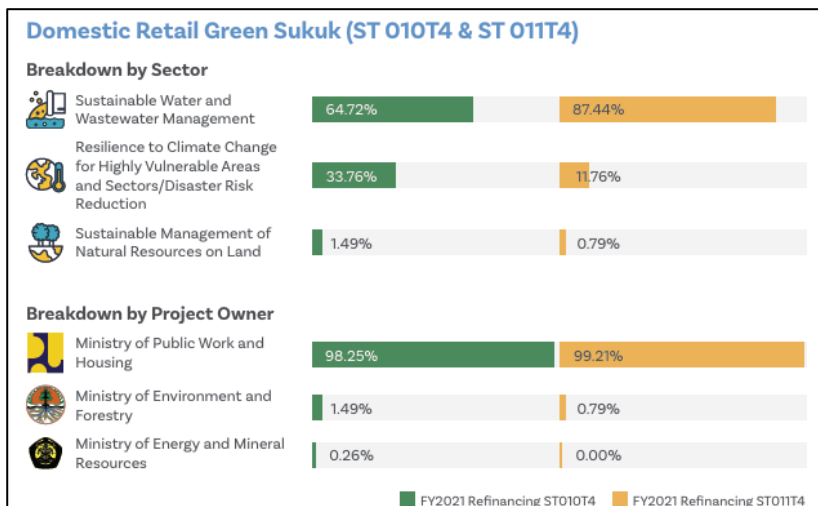
Kebijakan *Feed-in Tariff* (FiT) dan PLTS Atap

Feed-in Tariff (FiT) adalah kebijakan di mana pemerintah menetapkan harga pembelian listrik dari pembangkit EBT oleh PLN pada harga yang cukup tinggi untuk menarik

investasi. Di Indonesia, skema ini diatur melalui Peraturan Menteri ESDM dan telah beberapa kali direvisi. Sementara itu, program PLTS Atap memungkinkan rumah tangga dan industri memasang panel surya di atap dan menjual kelebihan listrik ke jaringan PLN. Regulasi terbaru melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 2 Tahun 2024 memperluas skema ini dengan menghapus batasan kapasitas pemasangan. Hingga akhir 2024, kapasitas PLTS Atap Indonesia mencapai sekitar 146 MW (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2024).

Green Sukuk dan Pembiayaan Hijau

Indonesia adalah negara pertama di dunia yang menerbitkan *Green Sukuk* berdaulat (sovereign green sukuk) pada tahun 2018. Instrumen keuangan Islam ini mengumpulkan dana dari investor global untuk membiayai proyek-proyek ramah lingkungan, termasuk transportasi berkelanjutan, ketahanan iklim, pengelolaan air dan limbah, serta energi terbarukan. Hingga 2023, Indonesia telah menerbitkan *Green Sukuk* dengan akumulasi nilai lebih dari USD 9,5 miliar (Kementerian Keuangan Republik Indonesia, 2024).



Gambar 14. Penggunaan Domestic Retail Green Sukuk (ST 010T4 dan ST 011T4)

Sumber: Kementerian Keuangan Republik Indonesia, 2024

Grafik pada gambar 14 tersebut menunjukkan alokasi pembiayaan *Green Sukuk Ritel Domestik* berdasarkan sektor dan pemilik proyek untuk dua instrumen: ST 010T4 (FY2021 Refinancing) dan ST 011T4. Mayoritas dana dialokasikan ke Pengelolaan Air Bersih dan Air Limbah Berkelanjutan, dengan porsi 64,72% (ST 010T4) dan bahkan meningkat menjadi 87,44% (ST 011T4). Sektor kedua adalah Ketahanan terhadap Perubahan Iklim untuk Daerah dan Sektor Rentan/Pengurangan Risiko Bencana (33,76% dan 11,76%), sementara Pengelolaan Sumber Daya Alam Darat hanya mendapat porsi sangat kecil (1,49% dan 0,79%). Hampir seluruh dana dikelola oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (98,25% dan 99,21%), diikuti Kementerian Lingkungan

Hidup dan Kehutanan dalam porsi kecil, serta Kementerian ESDM dengan porsi sangat minimal (0,26% dan 0,00%).

Program Desa Mandiri Energi

Salah satu kebijakan yang paling berdampak sosial adalah program Desa Mandiri Energi (DME), yang bertujuan menyediakan akses energi di daerah terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik PLN. Program ini memanfaatkan potensi setempat, PLTS, PLTMH (mikro hidro), atau biogas, untuk melistriki desa-desa terpencil. Misalnya, pada implementasi kebijakan energi di Jawa Tengah hingga 2023, telah tercatat lebih dari 2.400 Desa Mandiri Energi (Kusumadewi, 2023).

❖ Tantangan Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia

Meskipun potensi energi terbarukan Indonesia sangat besar, perjalanan menuju sistem energi yang bersih dan berkelanjutan tidaklah mudah. Ada sejumlah tantangan nyata yang harus dihadapi, mulai dari kendala teknis di lapangan, kebutuhan investasi yang sangat besar, hingga dampak sosial bagi jutaan masyarakat yang selama ini bergantung pada industri energi fosil. Memahami tantangan-tantangan ini penting agar kebijakan transisi energi yang dirancang tidak hanya ambisius di atas kertas, tetapi juga realistis dan berkeadilan dalam pelaksanaannya.

Tantangan Teknis: Intermitensi dan Jaringan Listrik

Tantangan terbesar secara teknis adalah sifat intermitensi (tidak konstan) energi surya dan angin, matahari tidak bersinar malam hari, dan angin tidak selalu bertiup. Ini menimbulkan tantangan bagi stabilitas jaringan listrik (*grid*) yang harus menjaga keseimbangan antara pasokan dan permintaan secara real-time.

- a. Solusi penyimpanan energi: baterai skala besar, *pumped hydro storage*, hidrogen hijau
- b. *Smart grid*: jaringan listrik cerdas yang bisa mengatur distribusi secara dinamis
- c. Diversifikasi bauran: mengombinasikan surya, angin, dan panas bumi untuk saling melengkapi

Tantangan Ekonomi: Biaya Transisi

Transisi energi memerlukan investasi besar dalam infrastruktur baru. Untuk mencapai target net zero 2060, Indonesia diperkirakan membutuhkan investasi sebesar USD 200–300 miliar dalam infrastruktur energi terbarukan dan jaringan listrik. Ini adalah angka yang sangat besar dan membutuhkan kombinasi pembiayaan publik, swasta, dan internasional.

Tantangan Sosial: *Just Transition*

Seperti yang telah dibahas di Bab 4, transisi energi harus dilakukan secara berkeadilan (*just transition*). Pengembangan EBT tidak boleh hanya fokus pada teknologi, tapi juga harus memperhatikan:

- a. Pekerja tambang batu bara: Program reskilling dan alih profesi bagi ratusan ribu pekerja yang terdampak

- b. Daerah penghasil fosil: Diversifikasi ekonomi untuk daerah yang sangat bergantung pada royalti batu bara
- c. Akses energi berkeadilan: Memastikan transisi tidak meningkatkan harga listrik bagi masyarakat miskin
- d. Komunitas lokal di sekitar proyek EBT: Keterlibatan dan manfaat ekonomi bagi masyarakat setempat

Peluang: Indonesia sebagai Eksportir EBT

Di balik tantangan, ada peluang besar yang bisa dimanfaatkan Indonesia. Potensi energi terbarukan yang jauh melebihi kebutuhan domestik membuka kemungkinan Indonesia menjadi eksportir energi hijau di masa depan, misalnya melalui listrik ke negara-negara tetangga melalui interkoneksi regional ASEAN Power Grid.

BAB V

SUMBERDAYA AIR DAN PENCEMARAN

❖ Apa Itu Sumber Daya Air?

Air adalah sumber daya alam yang paling vital bagi kehidupan manusia. Tidak ada satu pun aktivitas manusia, dari minum, memasak, bertani, memproduksi, hingga menjaga Kesehatan, yang bisa berlangsung tanpa air. Namun berbeda dengan minyak bumi atau batu bara yang memang terbatas secara absolut, air sebenarnya bersifat terbarukan melalui siklus hidrologi. Air yang menguap dari laut dan daratan akan kembali jatuh sebagai hujan, mengisi sungai, danau, dan air tanah. Lalu mengapa air menjadi masalah? Karena meski secara global air terus berputar dalam siklus alaminya, distribusinya sangat tidak merata, baik secara geografis maupun waktu. Dan yang lebih serius, kualitas air terus menurun akibat pencemaran dari berbagai aktivitas manusia. Indonesia, sebagai negara tropis dengan curah hujan tinggi, seharusnya tidak kekurangan air. Namun kenyataannya, krisis air bersih tetap menjadi masalah nyata di banyak wilayah.

Siklus Hidrologi dan Neraca Air

Siklus hidrologi adalah perjalanan air dari laut ke atmosfer, lalu kembali ke daratan, dan akhirnya mengalir kembali ke laut. Ada empat proses utama dalam siklus ini (Pidwirny, 2006):

- a. Evaporasi dan transpirasi: air menguap dari permukaan laut, danau, sungai, dan tanaman, naik ke atmosfer.
- b. Kondensasi dan presipitasi: uap air di atmosfer mendingin, membentuk awan, lalu jatuh sebagai hujan atau salju.
- c. Infiltrasi dan aliran permukaan: sebagian hujan meresap ke dalam tanah (menjadi air tanah), sebagian mengalir di permukaan menuju sungai dan danau.
- d. Aliran sungai dan kembali ke laut: air permukaan mengalir melalui sistem sungai dan bermuara ke laut, melengkapi satu siklus.

Neraca air (*water balance*) adalah perhitungan keseimbangan antara input air (hujan) dan output air (evapotranspirasi, aliran sungai, infiltrasi) di suatu wilayah dalam periode tertentu. Jika input lebih besar dari output, terjadi surplus air, biasanya di musim hujan. Jika sebaliknya, terjadi defisit air atau kekeringan.

Jenis-Jenis Sumber Daya Air

Sumber daya air dapat dibedakan menjadi dua kategori utama berdasarkan lokasinya. Berikut dijelaskan jenis sumber daya air dan contohnya di Indonesia.

Tabel 11. Jenis-Jenis Sumber Daya Air dan Contohnya di Indonesia

Jenis	Penjelasan	Contoh di Indonesia
Air permukaan	Air yang berada di atas permukaan tanah, sungai, danau, waduk, rawa	Sungai Ciliwung, Danau Toba, Waduk Jatiluhur
Air tanah dangkal	Air yang tersimpan di lapisan tanah dekat permukaan, dapat diakses dengan sumur biasa	Sumur rumah tangga di pedesaan
Air tanah dalam	Air yang tersimpan di lapisan akuifer jauh di bawah permukaan	Air artesis di Jawa, sumber air minum perkotaan
Air hujan	Air yang jatuh langsung dari atmosfer, belum tercemar oleh aktivitas manusia	Sumber utama air di daerah terpencil
Air laut (desalinasi)	Air laut yang diolah menjadi air tawar melalui proses desalinasi	SPAM desalinasi di Kepulauan Seribu, Batam

❖ Penggunaan dan Permintaan Air

Untuk memahami tantangan pengelolaan air, kita perlu melihat terlebih dahulu bagaimana air digunakan oleh berbagai sektor. Permintaan air berasal dari tiga sektor utama, pertanian, industri, dan rumah tangga, dengan karakteristik yang sangat berbeda.

Sektor Pertanian: Pengguna Terbesar

Sektor pertanian adalah pengguna air terbesar di dunia, menyerap rata-rata 70% dari total penggunaan air tawar global (FAO, 2023). Di Indonesia, angkanya bahkan lebih tinggi, sekitar 80-85%, karena pertanian irigasi sawah mendominasi penggunaan lahan. Namun, pemanfaatan secara berkelanjutan masih rendah, yaitu sekitar 20 persen dari potensi yang ada (Sutrisno, 2019). Ini berarti ketika terjadi kekeringan, sektor pertanian adalah yang paling pertama terdampak. Efisiensi irigasi menjadi isu kritis di sini. Irigasi permukaan tradisional (mengalirkan air ke sawah secara bebas) memiliki efisiensi hanya 40-60% (FAO, 2002), artinya hampir separuh air terbuang sebelum benar-benar diserap tanaman. Teknologi irigasi tetes (*drip irrigation*) bisa meningkatkan efisiensi hingga 90%, namun biaya investasinya masih menjadi hambatan bagi petani kecil.

Sektor Industri dan Rumah Tangga

Sektor rumah tangga, meski volumenya relatif kecil (sekitar 5-10%), memiliki dampak langsung pada kualitas kehidupan manusia. PBB merekomendasikan minimal 50-100 liter air bersih per orang per hari untuk memenuhi kebutuhan dasar secara penuh, sementara standar minimum darurat adalah 20 liter per kapita per hari (United Nations, 2024).

Tabel 12. Penggunaan Air per Sektor di Indonesia

Sektor	Pangsa Penggunaan	Karakteristik	Tantangan Utama
Pertanian (irigasi)	80–85%	Volume besar, musiman, efisiensi rendah	Kekeringan, persaingan dengan kota
Industri	10–15%	Kontinu, kualitas spesifik, potensi mencemari	Pengolahan air limbah industri
Rumah tangga	5–10%	Akses 24 jam, standar kesehatan tinggi	Cakupan air bersih di daerah terpencil

Konflik Penggunaan Air

Ketika berbagai pengguna bersaing memperebutkan sumber air yang terbatas, konflik tidak terhindarkan. Di Indonesia, beberapa bentuk konflik air yang umum terjadi antara lain:

- Pertanian vs. perkotaan: air sungai yang biasanya digunakan untuk irigasi sawah kini harus berbagi dengan kebutuhan air minum kota yang terus berkembang.
- Hulu vs. hilir: masyarakat di hulu DAS yang menggunakan atau mencemari air berdampak langsung pada ketersediaan dan kualitas air di hilir.
- Industri vs. lingkungan: debit air sungai yang diambil industri mengurangi aliran minimum yang dibutuhkan untuk menjaga ekosistem sungai.

- d. Antar daerah: konflik antar provinsi atau kabupaten atas hak penggunaan air sungai lintas batas administrasi.

❖ Pencemaran Air dan Dampaknya

Pencemaran air terjadi ketika zat-zat berbahaya masuk ke dalam sumber air, sungai, danau, air tanah, atau laut, dalam konsentrasi yang melampaui ambang batas aman bagi manusia dan ekosistem. Dari perspektif ekonomi, pencemaran air adalah eksternalitas negatif klasik: pihak yang mencemari tidak menanggung seluruh biaya kerusakan yang mereka timbulkan.

Jenis dan Sumber Pencemar Air

Tabel 13. Jenis dan Sumber Pencemaran Air

Jenis Pencemar	Sumber Utama	Dampak
Pencemar organik (BOD tinggi)	Limbah domestik, pertanian, industri makanan	Penurunan kadar oksigen, kematian ikan, bau
Nutrien (nitrogen, fosfor)	Pupuk pertanian, limbah ternak, detergen	Eutrofikasi, ledakan alga yang mencekik ekosistem air
Logam berat (merkuri, timbal, kadmium)	Industri pertambangan, elektroplating, cat	Bioakumulasi dalam rantai makanan, kerusakan saraf
Patogen (bakteri, virus)	Limbah manusia, peternakan, rumah sakit	Penyakit diare, tifus, kolera, hepatitis A
Bahan kimia industri	Pabrik tekstil, kertas, plastik	Gangguan hormon, karsinogenik

Sedimen berlebih	Erosi lahan akibat deforestasi, pertambangan	Pendangkalan sungai/waduk, kekeruhan air
------------------	--	--

Dampak Ekonomi Pencemaran Air

Pencemaran air bukan hanya masalah lingkungan, ini adalah masalah ekonomi yang sangat nyata. Biaya ekonomi pencemaran air dapat dibagi menjadi biaya langsung dan tidak langsung:

- a. Biaya kesehatan: Penyakit yang disebabkan air tercemar, diare, tifus, kolera, keracunan logam berat, mengakibatkan biaya pengobatan, kehilangan hari kerja produktif, dan dalam kasus berat, kematian dini.
- b. Biaya produksi: Industri dan PDAM yang mengambil air dari sumber tercemar harus mengeluarkan biaya pengolahan tambahan yang jauh lebih besar dibanding mengolah air bersih.
- c. Biaya pertanian: Air irigasi yang tercemar logam berat bisa merusak kesuburan tanah dan mengakumulasi racun dalam produk pertanian, menurunkan nilai jual dan daya saing ekspor.
- d. Kerusakan ekosistem: Kematian ikan dan biota air akibat pencemaran menghancurkan mata pencaharian nelayan dan pembudidaya ikan yang bergantung pada ekosistem perairan.

❖ Konsep Dasar Ekonomi Sumber Daya Air

Air sebagai Barang Ekonomi

Selama berabad-abad, air diperlakukan sebagai barang bebas (*free good*), tersedia melimpah, dapat diambil tanpa

biaya. Namun pandangan ini kini tidak lagi relevan. Kelangkaan air yang semakin nyata di banyak wilayah mendorong para ekonom dan pembuat kebijakan untuk memperlakukan air sebagai barang ekonomi yang memiliki nilai dan harga. Dalam Deklarasi Dublin 1992, dokumen internasional penting tentang air, ditegaskan secara eksplisit bahwa air memiliki nilai ekonomi dalam semua pemanfaatannya dan harus diakui sebagai barang ekonomi. Ini adalah pergeseran paradigma penting: dari air sebagai hak alami yang gratis menuju air sebagai sumber daya langka yang harus dikelola secara ekonomis.

Eksternalitas Negatif Pencemaran Air

Pencemaran air adalah salah satu contoh eksternalitas negatif paling nyata dalam ekonomi lingkungan. Pabrik tekstil yang membuang limbah pewarna ke sungai mendapatkan keuntungan dari penghematan biaya pengolahan limbah, sementara biayanya, kerusakan ekosistem, penyakit masyarakat, rusaknya mata pencaharian nelayan, ditanggung oleh pihak-pihak yang tidak terlibat dalam transaksi produksi tersebut. Dari sudut pandang grafik eksternalitas yang telah dipelajari di Bab 4, pencemaran air adalah kasus di mana *MSC (Marginal Social Cost)* jauh lebih tinggi dari *MPC (Marginal Private Cost)* produsen. Pasar bebas akan mendorong produksi berlebih karena produsen tidak menanggung seluruh biaya sosialnya, sehingga intervensi pemerintah menjadi mutlak diperlukan.

Harga Air dan Efisiensi Penggunaan

Salah satu instrumen ekonomi terpenting dalam pengelolaan air adalah penetapan harga air yang tepat. Harga air yang terlalu murah, atau bahkan gratis, mendorong penggunaan yang boros dan tidak efisien. Sebaliknya, harga yang terlalu tinggi bisa menghambat akses masyarakat miskin terhadap kebutuhan dasar.

Para ekonom membedakan tiga komponen nilai air yang seharusnya tercermin dalam harganya:

- a. Nilai penggunaan langsung (*direct use value*): Manfaat nyata dari menggunakan air, untuk minum, irigasi, industri.
- b. Biaya pengelolaan (*supply cost*): Biaya infrastruktur, pengolahan, distribusi, dan pemeliharaan.
- c. Biaya eksternalitas (*externality cost*): Biaya lingkungan dan sosial yang ditimbulkan, pencemaran, penurunan muka air tanah, kerusakan ekosistem.

❖ Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu

Pengelolaan sumber daya air yang baik tidak bisa dilakukan oleh satu sektor atau satu lembaga saja. Diperlukan pendekatan yang menyeluruh, yang dalam literatur dikenal sebagai *Integrated Water Resources Management* (IWRM) atau Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu.

Efisiensi dan Konservasi Air

Meningkatkan efisiensi penggunaan air adalah cara paling hemat biaya untuk mengatasi tekanan terhadap sumber daya air, jauh lebih murah daripada membangun

infrastruktur baru. Beberapa strategi efisiensi yang terbukti efektif:

- a. Modernisasi irigasi: beralih dari irigasi permukaan ke irigasi tetes atau sprinkler yang bisa meningkatkan efisiensi dari 50% menjadi 85-90%.
- b. Daur ulang air industri: industri besar mengolah dan menggunakan kembali air proses, mengurangi kebutuhan air segar secara signifikan.
- c. Pemanenan air hujan: mengumpulkan dan menyimpan air hujan untuk digunakan saat musim kemarau, terutama untuk pertanian tadah hujan.
- d. Pengurangan kehilangan air distribusi: jaringan pipa PDAM di Indonesia rata-rata kehilangan 30-40% air dalam distribusi, memperbaiki pipa bocor adalah investasi yang sangat menguntungkan.

❖ **Pengendalian Pencemaran Air melalui *Payment for Ecosystem Services* (PES)**

Mengatasi pencemaran air memerlukan kombinasi instrumen kebijakan, dari regulasi langsung, instrumen ekonomi, hingga mekanisme pasar yang inovatif. Salah satu pendekatan yang semakin mendapat perhatian global adalah *Payment for Ecosystem Services* (PES) atau Pembayaran Jasa Ekosistem.

Instrumen Regulasi: Baku Mutu dan Perizinan

Instrumen paling tradisional dalam pengendalian pencemaran air adalah regulasi langsung melalui penetapan baku mutu air limbah dan sistem perizinan pembuangan. Pemerintah menetapkan standar kualitas maksimum

limbah yang boleh dibuang ke badan air, dan pelanggar dikenai sanksi administratif atau pidana. Di Indonesia, regulasi ini diatur antara lain melalui Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 12/2025 tentang baku mutu air limbah untuk berbagai jenis industri. Namun efektivitasnya masih terbatas karena kapasitas pengawasan dan penegakan hukum yang belum memadai.

Instrumen Ekonomi: Pajak Pencemaran dan Retribusi

Instrumen ekonomi bekerja dengan prinsip menyesuaikan sinyal harga agar pelaku ekonomi terdorong untuk mengurangi pencemaran secara sukarela. Ada dua instrumen utama:

- a. Pajak pencemaran (*effluent charge / Pigouvian tax*): Perusahaan dikenai pajak per satuan polutan yang dibuang ke air. Semakin banyak mencemari, semakin besar pajak yang harus dibayar. Ini mendorong perusahaan untuk berinvestasi dalam teknologi pengolahan limbah jika biayanya lebih murah dari pajaknya (Tietenberg & Lewis, 2018).
- b. Sistem perdagangan izin buang (*tradeable discharge permits*): Pemerintah menetapkan batas total pencemaran yang diperbolehkan di suatu DAS, lalu mendistribusikan izin buang kepada perusahaan. Perusahaan yang berhasil mengurangi pencemaran bisa menjual izin buang sisanya kepada perusahaan lain. Mekanisme ini memastikan pengurangan

pencemaran terjadi di tempat yang paling efisien biayanya (Dales, 1968)

Payment for Ecosystem Services (PES): Konsep dan Mekanisme

Payment for Ecosystem Services (PES) adalah pendekatan yang relatif baru namun semakin banyak diterapkan untuk mengatasi kegagalan pasar dalam pengelolaan sumber daya alam, termasuk air. Ide dasarnya sederhana namun revolusioner: membayar mereka yang menjaga dan memulihkan ekosistem yang menghasilkan jasa bagi masyarakat luas.



Gambar 15. Konsep *Payment for Ecosystem Service (PES)* dari *Upstream* ke *Downstream*
Sumber: European Forest Institute (EFI) (2024)

Payments for environmental services (dikenal juga sebagai *payments for ecosystem services* atau PES) adalah pembayaran kepada petani atau pemilik lahan, *upstream stakeholder*, yang telah menyepakati tindakan-tindakan tertentu dalam mengelola lahan atau daerah aliran sungai mereka guna menghasilkan jasa ekologis. Karena pembayaran ini memberikan insentif kepada pemilik dan pengelola lahan, PES merupakan mekanisme berbasis pasar (*market-based mechanism*), serupa dengan subsidi dan pajak, untuk mendorong konservasi sumber daya alam. Pendekatan ini mengakui peran penting yang dimainkan lingkungan dalam berkontribusi pada kesejahteraan dan kemakmuran ekonomi kita, serta potensi pendekatan berbasis pasar untuk mendorong konservasi dan mengatasi kegagalan pasar yang berkaitan dengan lingkungan.

Dalam skema PES, orang-orang yang mengelola dan memanfaatkan sumber daya alam, umumnya pemilik hutan atau petani, dibayar untuk mengelola sumber daya mereka guna melindungi daerah aliran sungai, menjaga keanekaragaman hayati, atau menyerap karbon dioksida (sekuestrasi karbon) melalui, misalnya, penanaman kembali pohon, mempertahankan pohon yang masih hidup agar tetap berdiri, atau dengan menerapkan teknik pertanian yang berbeda. Dalam beberapa kasus, pembayaran dilakukan oleh pihak-pihak yang memperoleh manfaat dari jasa lingkungan tersebut, seperti misalnya pengguna air dan perusahaan pembangkit listrik tenaga air. Dalam kasus lain, pemerintah nasional atau daerah membayar atas nama warganya yang merupakan

penerima manfaat secara tidak langsung. Peran sektor swasta umumnya terus berkembang dalam skema PES, baik di tingkat internasional maupun lokal. Meskipun skema ini sudah banyak diterapkan di daratan, penerapannya di ekosistem pesisir dan laut baru saja mulai mendapatkan momentum.

Masalahnya, jasa-jasa ekosistem ini selama ini tidak memiliki harga pasar. Petani yang menjaga hutan di hulu DAS memberikan manfaat berupa air bersih bagi jutaan orang di hilir, namun tidak mendapat kompensasi apapun. Bahkan sebaliknya, mereka terkadang mengalami kerugian karena tidak bisa mengkonversi hutan menjadi lahan pertanian yang lebih menguntungkan. Di sinilah PES hadir: menciptakan mekanisme pembayaran dari pengguna jasa ekosistem (*downstream beneficiaries*) kepada penyedia jasa ekosistem (*upstream providers*).

Karakteristik Skema PES yang Efektif

Ekonom Wunder (2005) mengidentifikasi lima syarat utama agar skema PES dapat berfungsi efektif:

- a. Transaksi sukarela: PES adalah mekanisme pasar, bukan pajak. Penjual jasa ekosistem berpartisipasi secara sukarela karena manfaat yang mereka terima lebih besar dari biaya *opportunity*-nya.
- b. Jasa ekosistem terdefinisi dengan jelas: Harus ada kesepakatan yang jelas tentang jasa ekosistem apa yang dibeli, misalnya: menjaga 100 hektar hutan di kawasan tangkapan air, yang menghasilkan debit air minimum X liter per detik di musim kemarau.

- c. Minimal satu pembeli: Ada pihak yang secara nyata bersedia membayar untuk jasa tersebut, bisa berupa PDAM, perusahaan swasta, pemerintah, atau lembaga internasional.
- d. Minimal satu penjual: Ada pihak yang secara nyata mampu menyediakan jasa tersebut, biasanya pemilik atau pengelola lahan di kawasan hulu atau kawasan kritis.
- e. Kondisionalitas: Pembayaran hanya dilakukan jika jasa ekosistem benar-benar disediakan. Ini yang membedakan PES dari donasi atau subsidi biasa, ada mekanisme verifikasi dan akuntabilitas.

Jenis-Jenis Skema PES untuk Air

Tabel 14. Jenis-Jenis Skema PES untuk Perlindungan Sumber Daya Air

Jenis PES	Mekanisme	Contoh
PES berbasis air (<i>watershed PES</i>)	Pengguna air di hilir (PDAM, industri, kota) membayar pengelola lahan di hulu untuk menjaga hutan dan lahan	Skema Jasa Lingkungan PDAM Kota Malang, PDAM membayar petani di hulu DAS Brantas untuk menjaga hutan
PES karbon + air	Penjual jasa ekosistem mendapat pembayaran ganda: dari manfaat penyerapan karbon DAN perlindungan DAS	Program REDD+ di Kalimantan yang juga melindungi DAS Mahakam

PES berbasis sertifikasi	Produk pertanian dari kawasan DAS yang dikelola baik mendapat label/sertifikasi premium	Kopi bersertifikasi ' <i>watershed-friendly</i> ' yang dijual dengan harga lebih tinggi
Dana lingkungan (<i>water fund</i>)	Banyak pembeli jasa ekosistem menyetor ke dana bersama yang dikelola lembaga independen	<i>Tropical Andean Water Funds</i> di Amerika Latin, diadaptasi untuk beberapa DAS di Indonesia

Contoh Studi Kasus: PES di Indonesia

Indonesia memiliki beberapa pengalaman implementasi PES untuk perlindungan sumber daya air, dengan tingkat keberhasilan yang bervariasi. Berikut dua contoh yang paling sering dikutip dalam literatur:

Studi Kasus 1: Skema Jasa Lingkungan di Kota Malang

Kota Malang menghadapi ancaman serius terhadap pasokan air bersihnya akibat alih fungsi lahan hutan menjadi kebun sayur di kawasan hulu DAS Brantas, khususnya di lereng Gunung Arjuno dan Welirang. Deforestasi menyebabkan erosi, sedimentasi, dan ketidakstabilan debit air yang mengancam operasional PDAM Kota Malang.

Solusi yang ditempuh: PDAM Kota Malang, bekerja sama dengan LSM lingkungan dan pemerintah daerah, merancang skema di mana sebagian tarif air yang dibayar pelanggan kota dialokasikan sebagai dana jasa lingkungan. Dana ini kemudian dibayarkan kepada petani dan komunitas di hulu yang bersedia menerapkan praktik pertanian konservasi dan menjaga tutupan vegetasi.

Pelajaran yang dipetik: Skema ini berhasil meningkatkan kesadaran petani hulu tentang keterkaitan mereka dengan pengguna air di hilir, namun menghadapi tantangan dalam hal verifikasi dan pengukuran manfaat yang dihasilkan secara kuantitatif.

Studi Kasus 2: *Water Fund* Konsep di Sulawesi

Di beberapa kabupaten di Sulawesi, dikembangkan konsep "*water fund*" di mana perusahaan-perusahaan yang bergantung pada air, industri pertambangan, perkebunan, dan PDAM, menyetor kontribusi rutin ke dalam dana bersama yang dikelola oleh lembaga independen (biasanya LSM atau lembaga pemerintah khusus).

Dana ini kemudian digunakan untuk mendanai program rehabilitasi DAS, pembayaran insentif kepada petani yang menjaga hutan, dan pemantauan kualitas serta kuantitas air. Pendekatan *water fund* memiliki

keunggulan dalam hal keberlanjutan finansial karena tidak bergantung pada satu sumber pendanaan saja.

Tantangan utama: Membangun kepercayaan antar pemangku kepentingan yang memiliki kepentingan berbeda, serta memastikan transparansi dan akuntabilitas pengelolaan dana.

Tantangan Implementasi PES di Indonesia

Meski konsep PES sangat menarik secara teori, implementasinya di Indonesia menghadapi sejumlah tantangan nyata:

- a. Kepastian hak atas lahan: PES memerlukan kejelasan tentang siapa yang berhak menjual jasa ekosistem. Di Indonesia, banyak kawasan hutan dan DAS kritis yang status kepemilikan lahannya masih tumpang tindih antara negara, adat, dan masyarakat lokal.
- b. Pengukuran dan verifikasi: Sulit untuk mengukur secara tepat berapa liter air yang dihasilkan oleh satu hektar hutan yang dijaga, ini mempersulit penetapan harga yang adil.
- c. Kapasitas kelembagaan: PES memerlukan lembaga yang mampu mengelola transaksi, memverifikasi kepatuhan, dan menyelesaikan sengketa. Di banyak daerah, kapasitas ini belum tersedia.
- d. Keberlanjutan finansial: Banyak skema PES di Indonesia bergantung pada donor internasional. Ketika pendanaan donor berakhir, skema sering kali ikut berakhir pula.

❖ Kebijakan Pengelolaan Air di Indonesia

Pengelolaan sumber daya air di Indonesia diatur oleh kerangka regulasi yang cukup komprehensif, namun implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan.

Kerangka Regulasi

Dasar hukum pengelolaan air di Indonesia antara lain Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air yang menggantikan UU No. 7 Tahun 2004. UU ini menegaskan bahwa air dikuasai oleh negara dan dipergunakan sebesar-besarnya untuk kemakmuran rakyat, dengan mengutamakan pemenuhan kebutuhan air untuk kehidupan sehari-hari masyarakat.

Tantangan Tata Kelola

Meski regulasinya cukup memadai, pelaksanaan pengelolaan air di Indonesia menghadapi tantangan tata kelola yang serius:

- a. Fragmentasi kelembagaan: pengelolaan air melibatkan banyak kementerian dan lembaga yang terkadang memiliki agenda yang berbeda, Kementerian PUPR, KLHK, Pertanian, ESDM, dan pemerintah daerah.
- b. Lemahnya penegakan hukum: ribuan industri masih membuang limbah ke sungai tanpa pengolahan memadai karena risiko terkena sanksi sangat rendah.
- c. Underpricing air: harga air dari PDAM yang sangat murah tidak mendorong efisiensi penggunaan dan tidak menghasilkan pendapatan yang cukup untuk pemeliharaan infrastruktur.

- d. Keterbatasan data: pemantauan kualitas dan kuantitas air masih sangat terbatas, menyulitkan pengambilan keputusan berbasis bukti.

BAB VI

ANALISIS MANFAAT DAN BIAYA

Aplikasi pada Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan

Pembangunan ekonomi modern senantiasa dihadapkan pada keterbatasan sumber daya. Setiap keputusan untuk mengalokasikan sumber daya ke suatu proyek atau kebijakan tertentu, dengan sendirinya berarti melepaskan kesempatan untuk menggunakan sumber daya tersebut pada kegunaan alternatif lainnya. Persoalan inilah yang menempatkan analisis manfaat dan biaya (*benefit-cost analysis*, selanjutnya disingkat BCA) sebagai salah satu instrumen evaluasi yang paling penting dalam ilmu ekonomi terapan, khususnya ekonomi publik dan ekonomi sumber daya alam dan lingkungan. BCA menyediakan kerangka sistematis untuk menilai apakah suatu intervensi baik berupa proyek pembangunan, regulasi lingkungan, maupun program publik memberikan manfaat bersih bagi masyarakat secara keseluruhan (Boardman, Greenberg, Vining, & Weimer, 2018). Dalam perkembangannya, analisis manfaat biaya sosial (*Social Cost-Benefit Analysis / SCBA*) modern kini didorong untuk tidak sekadar berorientasi pada pertumbuhan ekonomi material, melainkan diintegrasikan secara eksplisit dengan konsep kesejahteraan masyarakat (*well-being*) yang lebih luas serta pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) (Bos et al., 2026).

Dalam konteks pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan, urgensi BCA menjadi semakin nyata. Sumber daya lingkungan seperti udara bersih, air, keanekaragaman hayati, dan jasa ekosistem umumnya bersifat barang publik atau menimbulkan eksternalitas yang tidak tercermin dalam harga pasar. Akibatnya, mekanisme pasar gagal mengalokasikan sumber daya tersebut secara efisien (Hanley, Shogren, & White, 2019). BCA, dengan landasan pada teori ekonomi kesejahteraan, berupaya menginternalisasi nilai-nilai non-pasar tersebut ke dalam suatu kerangka penilaian moneter yang dapat diperbandingkan, sehingga keputusan alokasi sumber daya dapat diambil secara lebih rasional dan transparan (Pearce, Atkinson, & Mourato, 2006).

Bab ini membahas analisis manfaat dan biaya secara komprehensif, mulai dari landasan teoretis, klasifikasi manfaat dan biaya, prinsip-prinsip penilaian yang mendasarinya termasuk konsep tingkat diskonto dan ukuran surplus ekonomi hingga implementasi praktis melalui berbagai kriteria investasi seperti *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), rasio manfaat-biaya (B/C ratio), dan *payback period*. Pembahasan diorientasikan pada aplikasi di bidang sumber daya alam dan lingkungan, dengan tetap mempertahankan ketajaman konseptual yang berlaku universal.

❖ Teori Analisis Manfaat Biaya

Analisis manfaat dan biaya adalah suatu prosedur untuk mengevaluasi keinginan relatif (*relative desirability*) dari suatu proyek atau kebijakan dengan cara membandingkan

seluruh manfaat dan seluruh biaya yang ditimbulkannya, dengan mempertimbangkan dimensi waktu (Boardman et al., 2018). Berbeda dengan analisis keuangan (*financial analysis*) yang hanya memandang dari sudut pandang entitas tertentu seperti perusahaan, BCA mengambil perspektif masyarakat secara keseluruhan (*society as a whole*). Dengan demikian, BCA sering disebut sebagai analisis ekonomi (*economic analysis*) atau analisis sosial (*social cost-benefit analysis*) karena memperhitungkan seluruh dampak sosial, termasuk yang tidak diperdagangkan di pasar (Gittinger, 1982).

Landasan Ekonomi Kesejahteraan

Fondasi teoretis BCA berakar kuat pada ekonomi kesejahteraan (*welfare economics*), khususnya pada konsep efisiensi alokatif yang dikembangkan oleh Vilfredo Pareto. Suatu alokasi sumber daya dikatakan efisien dalam pengertian Pareto (*Pareto efficient*) apabila tidak ada realokasi yang mampu membuat sekurang-kurangnya satu individu menjadi lebih baik (*better off*) tanpa membuat individu lain menjadi lebih buruk (*worse off*) (Just, Hueth, & Schmitz, 2004). Suatu perubahan kebijakan disebut sebagai perbaikan Pareto (*Pareto improvement*) jika perubahan tersebut membuat setidaknya satu orang lebih baik tanpa merugikan siapa pun. Akar tradisi ini dapat ditelusuri hingga karya Pigou yang menempatkan ekonomi kesejahteraan sebagai kerangka untuk mengoreksi kegagalan pasar, seperti eksternalitas dan barang publik, demi meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan; dalam kerangka inilah

analisis manfaat-biaya berkembang sebagai instrumen utama untuk menilai dampak proyek dan kebijakan publik terhadap kesejahteraan sosial (Raju, 2025).

Persoalannya, kriteria Pareto yang ketat ini hampir tidak pernah terpenuhi dalam dunia nyata. Hampir setiap proyek atau kebijakan publik pembangunan bendungan, penetapan baku mutu emisi, atau konservasi kawasan hutan pasti menimbulkan pihak yang diuntungkan sekaligus pihak yang dirugikan. Untuk mengatasi keterbatasan ini, dikembangkanlah kriteria kompensasi (*compensation criteria*) yang menjadi pembenaran teoretis utama bagi BCA (Hanley et al., 2019).

Kriteria *Kaldor-Hicks* dan Prinsip Kompensasi Potensial

Kriteria kompensasi yang paling berpengaruh dikemukakan secara terpisah oleh Nicholas Kaldor dan John Hicks pada tahun 1939, sehingga dikenal sebagai kriteria Kaldor-Hicks atau prinsip kompensasi potensial (*potential compensation principle*). Menurut kriteria ini, suatu kebijakan dapat diterima sebagai perbaikan kesejahteraan apabila pihak yang memperoleh manfaat (*gainers*) secara hipotetis mampu mengompensasi pihak yang dirugikan (*losers*) dan masih menyisakan keuntungan bersih bagi dirinya (Mishan & Quah, 2007). Yang ditekankan di sini adalah *kemampuan potensial* untuk memberikan kompensasi-kompensasi tersebut tidak harus benar-benar dibayarkan.

Inilah inti pembenaran BCA: jika nilai total manfaat yang dinyatakan dalam satuan moneter melebihi nilai total biaya, maka secara prinsip para penerima manfaat dapat

mengompensasi penuh para pihak yang dirugikan dan tetap memperoleh kelebihan, sehingga proyek tersebut menghasilkan manfaat bersih sosial yang positif (Boardman et al., 2018). Dengan kata lain, kriteria keputusan dasar BCA, proyek diterima jika manfaat melebihi biaya merupakan operasionalisasi langsung dari prinsip kompensasi potensial Kaldor-Hicks.

Meskipun demikian, kriteria Kaldor-Hicks tidak luput dari kritik. Tibor Scitovsky (1941) menunjukkan adanya kemungkinan paradoks atau pembalikan (*reversal*), yaitu suatu perpindahan dari keadaan A ke B dapat lulus uji Kaldor-Hicks, tetapi perpindahan kembali dari B ke A juga lulus uji yang sama. Untuk mengatasinya, Scitovsky mengusulkan kriteria ganda (*double criterion*) yang mensyaratkan bahwa perpindahan tidak hanya lulus uji Kaldor-Hicks, tetapi juga bahwa perpindahan baliknya tidak lulus (Just et al., 2004). Kritik lain menyangkut dimensi distribusi: karena kompensasi bersifat hipotetis dan tidak benar-benar dibayarkan, kriteria ini mengabaikan keadilan distribusi pendapatan, sebuah keterbatasan yang menjadi perhatian penting dalam BCA modern (Hanley et al., 2019).

Diskusi mengenai keterbatasan kriteria Kaldor-Hicks membawa pada perbedaan fundamental antara dua mazhab pemikiran dalam ekonomi kesejahteraan terapan. Mazhab pertama, yang dapat disebut pandangan efisiensi murni, berpendapat bahwa tugas BCA hanyalah mengukur efisiensi yakni apakah ukuran kue ekonomi membesar sementara persoalan bagaimana kue itu dibagi merupakan ranah keputusan politik yang terpisah. Mazhab kedua

berpendapat bahwa pemisahan demikian artifisial dan bahwa pertimbangan distribusi harus terintegrasi ke dalam analisis itu sendiri, mengingat bahwa dalam praktik kompensasi hipotetis jarang benar-benar diwujudkan. Ketegangan antara kedua pandangan ini terus mewarnai perkembangan teori dan praktik BCA hingga kini, dan secara khusus relevan dalam isu lingkungan di mana beban kerusakan dan manfaat konservasi sering kali terdistribusi secara tidak merata antar kelompok masyarakat dan antar generasi (Just et al., 2004; Hanley et al., 2019).

Sejarah dan Perkembangan BCA

Akar praktik BCA dapat ditelusuri hingga karya Jules Dupuit, seorang insinyur Prancis, yang pada tahun 1844 dalam tulisannya tentang manfaat pekerjaan umum memperkenalkan konsep surplus konsumen sebagai ukuran manfaat (Pearce et al., 2006). Namun, pelembagaan BCA secara formal baru terjadi di Amerika Serikat melalui *Flood Control Act* tahun 1936, yang mensyaratkan bahwa proyek-proyek pengendalian banjir hanya boleh dilaksanakan apabila "manfaat, kepada siapa pun manfaat itu jatuh, melebihi perkiraan biaya". Ketentuan ini menjadi tonggak penting yang mendorong pengembangan metodologi BCA secara sistematis (Hanley et al., 2019).

Pada dekade 1950-an dan 1960-an, para ekonom mengembangkan fondasi teoretis yang lebih kokoh, menghubungkan praktik BCA dengan ekonomi kesejahteraan. Karya-karya penting seperti Eckstein (1958), Krutilla dan Eckstein (1958), serta Maass dkk. (1962)

memperkaya kerangka analisis, terutama untuk proyek-proyek sumber daya air. Sejak 1970-an, seiring meningkatnya kepedulian terhadap lingkungan, BCA berkembang pesat ke ranah penilaian sumber daya alam dan lingkungan, ditandai dengan kemajuan dalam metode valuasi non-pasar dan diterbitkannya pedoman-pedoman resmi oleh lembaga seperti *Environmental Protection Agency* (EPA) di Amerika Serikat dan HM Treasury melalui *Green Book* di Inggris (Boardman et al., 2018).

Tahapan Pelaksanaan BCA

Secara metodologis, pelaksanaan BCA yang baik mengikuti serangkaian tahapan yang terstruktur. Boardman et al. (2018) merinci sembilan langkah pokok yang dapat diringkas sebagai berikut. Pertama, menentukan kerangka acuan: mengidentifikasi proyek atau kebijakan yang akan dievaluasi beserta alternatif-alternatifnya, termasuk skenario tanpa proyek (*status quo*). Kedua, menentukan standing, yaitu menetapkan siapa saja pihak yang manfaat dan biayanya diperhitungkan (misalnya tingkat lokal, nasional, atau global). Ketiga, mengidentifikasi kategori dampak dan indikator pengukurannya. Keempat, memproyeksikan dampak secara kuantitatif sepanjang umur proyek. Kelima, memonetisasi seluruh dampak, yakni mengonversi dampak fisik menjadi nilai moneter menggunakan harga pasar yang disesuaikan atau teknik valuasi non-pasar. Keenam, mendiskontokan manfaat dan biaya untuk memperoleh nilai sekarang (*present value*). Ketujuh, menghitung nilai sekarang bersih (*net present value*) dari

setiap alternatif. Kedelapan, melakukan analisis sensitivitas untuk menguji ketahanan hasil terhadap ketidakpastian asumsi. Pelaksanaan analisis sensitivitas yang komprehensif ini menjadi sangat krusial dalam kajian sumber daya alam mengingat hasil analisisnya sangat sensitif terhadap penentuan horizon waktu analisis serta asumsi tingkat diskonto yang digunakan (Darmawansyah dkk., 2026). Kesembilan, memberikan rekomendasi berdasarkan kriteria manfaat bersih, dengan tetap mengomunikasikan pertimbangan distribusi dan keterbatasan analisis (Hanley et al., 2019; Pearce et al., 2006).

Perlu ditegaskan bahwa BCA pada dasarnya merupakan penerapan kalkulus rasional dalam pengambilan keputusan kolektif. Ketika sumber daya bersifat langka dan kebutuhan masyarakat tidak terbatas, setiap pilihan alokasi mengandung *trade-off*. BCA menyediakan suatu bahasa bersama satuan moneter yang memungkinkan perbandingan antara dampak-dampak yang sangat beragam, mulai dari biaya konstruksi beton hingga manfaat udara yang lebih bersih. Dengan menyatukan beragam dampak ke dalam satu metrik, BCA memungkinkan pengambil keputusan menimbang seluruh konsekuensi suatu kebijakan secara holistik dan terukur, alih-alih mengandalkan intuisi atau tekanan politik semata (Boardman et al., 2018). Inilah yang menjadikan BCA sebagai instrumen yang demokratis sekaligus akuntabel: asumsi-asumsinya terbuka untuk diperdebatkan, dan kesimpulannya dapat ditelusuri kembali ke premis-premisnya.

Meskipun berakar pada evaluasi kebijakan publik dan ekonomi kesejahteraan, kerangka BCA juga telah diadopsi secara luas dalam pengambilan keputusan bisnis. Rahmat (2025) di dunia usaha BCA digunakan untuk menimbang trade-off antara biaya jangka pendek dan manfaat jangka panjang di berbagai bidang manajemen, mulai dari penetapan harga, adopsi teknologi, manajemen sumber daya manusia, inisiatif keberlanjutan, hingga merger dan akuisisi. Dalam konteks ini, BCA berperan sebagai pelengkap teknik penilaian finansial seperti *net present value* dan *internal rate of return*, namun memperluas cakupannya dengan turut memperhitungkan faktor non-finansial seperti reputasi perusahaan, dampak lingkungan, dan pengurangan risiko. Dengan demikian, baik di ranah publik maupun korporasi, BCA menjadi kerangka yang memadukan rasionalitas ekonomi dengan tanggung jawab strategis terhadap pemangku kepentingan yang lebih luas (Rahmat, 2025).

Penting pula membedakan BCA dari analisis efektivitas biaya (*cost-effectiveness analysis*, CEA). Dalam CEA, manfaat tidak dimonetisasi melainkan dinyatakan dalam satuan fisik atau alamiah misalnya jumlah nyawa yang diselamatkan atau ton emisi yang dikurangi dan analisis berfokus pada menemukan cara termurah untuk mencapai suatu target tertentu. CEA berguna ketika monetisasi manfaat sulit atau kontroversial, tetapi tidak dapat menjawab pertanyaan apakah suatu target itu sendiri layak dikejar. BCA, dengan memonetisasi baik manfaat maupun biaya, mampu menjawab pertanyaan yang lebih mendasar tentang kelayakan suatu kebijakan

secara keseluruhan (Hanley et al., 2019). Dalam praktik kebijakan lingkungan, kedua pendekatan sering digunakan secara komplementer.

Lebih jauh, kriteria Kaldor-Hicks mengandung asumsi tersembunyi yang penting untuk disadari, yaitu bahwa satu satuan moneter memiliki bobot kesejahteraan yang sama bagi setiap orang, terlepas dari tingkat pendapatannya. Asumsi ini yang dikenal sebagai netralitas distribusi jelas problematik secara etis, mengingat utilitas marjinal pendapatan diyakini menurun, sehingga seribu rupiah bernilai lebih besar bagi orang miskin daripada orang kaya. Untuk mengatasi keberatan ini, sebagian praktisi BCA mengusulkan penggunaan bobot distribusi (*distributional weights*), yaitu pembobotan manfaat dan biaya berdasarkan kelompok pendapatan penerimanya. Meskipun secara teoretis menarik, penerapan bobot distribusi dalam praktik tetap kontroversial karena kesulitan menentukan besaran bobot yang objektif (Boardman et al., 2018). Pendekatan yang lebih umum dianut adalah menyajikan hasil efisiensi BCA secara terpisah dari analisis distribusi, sehingga pengambil keputusan dapat mempertimbangkan keduanya secara eksplisit.

Salah satu kontribusi konseptual terpenting dari ekonomi kesejahteraan bagi BCA adalah teorema dasar ekonomi kesejahteraan (*fundamental theorems of welfare economics*). Teorema pertama menyatakan bahwa pasar persaingan sempurna, dalam kondisi tertentu, akan menghasilkan alokasi sumber daya yang efisien dalam pengertian Pareto. Teorema kedua menyatakan bahwa

setiap alokasi efisien-Pareto dapat dicapai melalui mekanisme pasar dengan redistribusi sumber daya awal yang sesuai. Relevansi teorema ini bagi BCA terletak pada implikasi sebaliknya: ketika kondisi persaingan sempurna tidak terpenuhi sebagaimana lazim terjadi pada barang lingkungan akibat eksternalitas, barang publik, dan informasi asimetris pasar gagal mencapai efisiensi, sehingga intervensi publik berpotensi meningkatkan kesejahteraan. BCA berperan sebagai alat untuk menilai apakah intervensi tertentu memang benar-benar memperbaiki efisiensi yang gagal dicapai pasar (Just et al., 2004).

Dalam ranah barang publik, yang banyak ditemui dalam pengelolaan lingkungan, mekanisme pasar menghadapi kendala mendasar berupa masalah penumpang gelap (*free rider problem*). Karena barang publik bersifat *non-rivalry* (konsumsi oleh satu orang tidak mengurangi ketersediaan bagi orang lain) dan *non-excludability* (sulit mengecualikan orang dari manfaatnya), individu cenderung tidak mengungkapkan preferensi sejati mereka dan berharap menikmati manfaat tanpa ikut menanggung biaya. Akibatnya, barang publik lingkungan seperti udara bersih atau perlindungan keanekaragaman hayati cenderung disediakan dalam jumlah yang kurang dari optimal jika diserahkan pada pasar. BCA, dengan teknik valuasi non-pasarnya, berupaya mengungkap preferensi tersembunyi ini agar penyediaan barang publik lingkungan dapat diputuskan berdasarkan nilai sosialnya yang sebenarnya (Hanley et al., 2019). Argumen ini sejalan dengan teori barang publik Samuelson yang menjadi

pembenaran utama bagi peran pemerintah dalam menyediakan barang yang bersifat non-eksklusif dan non-rival, seperti pertahanan nasional, taman publik, maupun infrastruktur pengendalian banjir, yang cenderung kurang disediakan oleh pasar akibat masalah penumpang gelap (Raju, 2025).

Untuk memperjelas penerapan tahapan BCA, dapat diberikan ilustrasi sebuah proyek pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) yang bertujuan mengurangi sedimentasi dan banjir. Pada tahap pertama, alternatif yang dievaluasi mencakup reboisasi lereng, pembangunan terasering, dan kombinasi keduanya, dibandingkan dengan skenario tanpa intervensi. Tahap penetapan standing menentukan bahwa manfaat dan biaya yang diperhitungkan adalah yang dirasakan seluruh penduduk di dalam wilayah DAS, termasuk petani di hulu dan masyarakat di hilir. Tahap identifikasi dampak mengungkap kategori manfaat seperti berkurangnya kerugian banjir, meningkatnya umur layan waduk akibat berkurangnya sedimentasi, dan bertambahnya penyerapan karbon, di samping kategori biaya seperti biaya penanaman, pemeliharaan, dan hilangnya pendapatan dari lahan yang dialihfungsikan. Ilustrasi ini menunjukkan bagaimana kerangka tahapan BCA membantu memastikan kelengkapan dan kedisiplinan analisis (Gittinger, 1982; Belli et al., 2001).

❖ **Klasifikasi Manfaat (*Benefit*) dan Biaya (*Cost*)**

Salah satu langkah paling krusial sekaligus paling menantang dalam BCA adalah mengidentifikasi dan mengklasifikasikan secara cermat seluruh manfaat dan biaya yang relevan. Kesalahan pada tahap ini baik berupa kelalaian memasukkan dampak penting maupun penghitungan ganda (*double counting*) dapat mengakibatkan kesimpulan yang menyesatkan. Oleh karena itu, pemahaman atas berbagai kategori manfaat dan biaya menjadi prasyarat mutlak (Gittinger, 1982; Belli et al., 2001).

Konsep Dasar Manfaat dan Biaya

Dalam kerangka BCA, manfaat (*benefit*) didefinisikan sebagai segala sesuatu yang meningkatkan kesejahteraan masyarakat, yang secara teoretis diukur melalui kesediaan membayar (*willingness to pay*, WTP) individu untuk memperoleh dampak positif tersebut. Sebaliknya, biaya (*cost*) adalah segala sesuatu yang mengurangi kesejahteraan, yang diukur melalui biaya peluang (*opportunity cost*) dari sumber daya yang digunakan, atau melalui kesediaan menerima kompensasi (*willingness to accept*, WTA) atas dampak negatif yang ditimbulkan (Just et al., 2004). Konsep biaya peluang inilah yang membedakan analisis ekonomi dari analisis akuntansi, yang relevan bukan pengeluaran kas semata, melainkan nilai dari kesempatan terbaik yang dikorbankan.

Landasan teoretis pengukuran ini bersumber dari ekonomi kesejahteraan, yang memandang manfaat dan biaya sebagai perubahan kesejahteraan masyarakat yang

diperoleh dari penjumlahan utilitas atau kesediaan membayar seluruh individu yang terkena dampak (Boardman et al., 2018; Johansson & Kriström, 2015). Dalam kerangka ini, kesediaan membayar mengukur nilai yang melekat pada suatu dampak menurut preferensi individu sendiri, bukan menurut harga pasar atau penilaian pihak ketiga. Pendekatan berbasis preferensi inilah yang menjadikan BCA sebagai instrumen yang, secara prinsip, mendasarkan penilaiannya pada kesejahteraan masyarakat yang sebenarnya dan bukan semata pada arus transaksi finansial.

Pemilihan antara kesediaan membayar (WTP) dan kesediaan menerima kompensasi (WTA) bergantung pada arah dampak dan pada penetapan hak (*property rights*) atas kondisi awal. Untuk suatu perbaikan kondisi, manfaat diukur melalui WTP maksimum yang bersedia dikeluarkan individu untuk memperolehnya; sedangkan untuk suatu penurunan kondisi, kerugian dapat diukur melalui WTA minimum yang dituntut individu untuk bersedia menanggungnya. Dengan kata lain, kesediaan membayar untuk dampak positif bersifat simetris dengan kesediaan menerima untuk dampak negatif: pada dampak yang merugikan, kesediaan membayar pada hakikatnya bernilai negatif sehingga lebih lazim dinyatakan sebagai kesediaan menerima kompensasi (Hanley et al., 2019; Boardman et al., 2018). Penetapan ukuran mana yang tepat secara konseptual bergantung pada siapa yang dianggap berhak atas kondisi semula, sehingga pilihan ini mengandung dimensi normatif yang perlu dinyatakan secara eksplisit.

Secara teoretis, untuk perubahan kecil dengan efek pendapatan yang dapat diabaikan, WTP dan WTA seharusnya bernilai hampir sama. WTA secara konsisten jauh lebih besar daripada WTP untuk barang yang sama, terutama untuk barang lingkungan yang tidak memiliki substitusi dekat (Hanley et al., 2019). Disparitas ini dijelaskan antara lain oleh efek pendapatan, ketiadaan barang substitusi, serta fenomena keengganan kehilangan (*loss aversion*) dalam ekonomi perilaku. Implikasi praktisnya, pemilihan ukuran yang digunakan dapat memengaruhi hasil BCA secara substansial, sehingga analisis perlu menetapkan dan melaporkan ukuran yang dipakai secara eksplisit dan beralasan, sebagaimana ditekankan pula dalam pedoman penilaian proyek (Johansson & Kriström, 2015).

Pada sisi biaya, penggunaan konsep biaya peluang membawa konsekuensi penting yang membedakan analisis ekonomi dari analisis finansial-akuntansi. Biaya yang relevan dalam BCA adalah nilai riil dari sumber daya pada penggunaan alternatif terbaiknya, bukan sekadar nilai yang tercatat dalam pembukuan. Karena itu, sumber daya yang sudah tersedia tanpa kegunaan alternatif memiliki biaya peluang mendekati nol, sementara sumber daya yang menggeser kegiatan produktif lain harus dinilai sebesar nilai produksi yang hilang (Just et al., 2004; Gittinger, 1982). Konsekuensi lain, harga pasar yang terdistorsi oleh pajak, subsidi, atau kuasa monopoli perlu disesuaikan menjadi harga bayangan (*shadow price*) agar mencerminkan nilai sosial yang sesungguhnya, dan pembayaran transfer yang tidak melibatkan penggunaan

sumber daya riil dikeluarkan dari perhitungan (Boardman et al., 2018; Mishan & Quah, 2007). Dengan demikian, konsep manfaat dan biaya dalam BCA berdiri di atas dua pilar yang saling melengkapi, yakni kesediaan membayar sebagai ukuran nilai manfaat dan biaya peluang sebagai ukuran nilai pengorbanan sumber daya.

Manfaat dan Biaya Langsung serta Tidak Langsung

Manfaat dan biaya langsung (*direct/primary*) adalah dampak yang berhubungan langsung dengan tujuan utama proyek. Pada proyek irigasi, misalnya, manfaat langsung berupa peningkatan hasil pertanian, sedangkan biaya langsung berupa biaya konstruksi dan pemeliharaan jaringan irigasi. Adapun manfaat dan biaya tidak langsung (*indirect/secondary*) adalah dampak yang timbul sebagai konsekuensi turunan dari proyek, seperti berkembangnya industri pengolahan hasil pertanian akibat surplus produksi (Gittinger, 1982). Dalam BCA, dampak tidak langsung harus diperlakukan secara hati-hati untuk menghindari penghitungan ganda, terutama ketika dampak tersebut hanya merupakan transfer nilai yang telah tercermin dalam manfaat langsung.

Pembedaan antara dampak langsung dan tidak langsung pada dasarnya ditentukan oleh keterkaitannya dengan tujuan utama (*primary objective*) proyek. Manfaat dan biaya langsung mengalir dari keluaran utama yang memang ingin dicapai proyek, sedangkan dampak tidak langsung muncul pada kegiatan atau pelaku ekonomi lain sebagai akibat lanjutan. Dalam tradisi analisis proyek pembangunan, dampak tidak langsung sering pula

disebut dampak sekunder (*secondary effects*) dan menjadi salah satu sumber kerumitan analisis karena batas cakupannya tidak selalu tegas (Squire & van der Tak, 1975; Belli et al., 2001). Gittinger (1982) menekankan bahwa identifikasi yang cermat atas kedua kategori ini merupakan prasyarat penting agar analisis tidak melebihi-lebihkan maupun mengabaikan manfaat dan biaya yang sesungguhnya relevan bagi masyarakat.

Persoalan terpenting dalam memperlakukan dampak tidak langsung adalah membedakan dampak yang bersifat riil (*technological/real externalities*) dari dampak yang hanya bersifat pekuniari (*pecuniary externalities*). Dampak riil mengubah kemampuan produksi atau tingkat kesejahteraan pihak lain secara nyata, misalnya peningkatan hasil tangkapan nelayan akibat membaiknya kualitas air, dan karena itu layak diperhitungkan sebagai manfaat sosial. Sebaliknya, dampak pekuniari hanyalah perpindahan nilai melalui perubahan harga, seperti naiknya pendapatan pedagang atau penyedia jasa di sekitar lokasi proyek yang diimbangi oleh berkurangnya pengeluaran pihak lain; dari sudut pandang masyarakat secara keseluruhan, dampak semacam ini tidak menambah kesejahteraan bersih dan tidak boleh dimasukkan ke dalam perhitungan (Boardman et al., 2018; Just et al., 2004). Kegagalan membedakan keduanya merupakan salah satu sumber penghitungan ganda (*double counting*) yang paling lazim dijumpai dalam praktik.

Risiko penghitungan ganda ini dapat diilustrasikan kembali dengan proyek irigasi. Apabila manfaat proyek telah diukur melalui kurva permintaan atau melalui

kenaikan nilai produksi pertanian, maka menambahkan pula kenaikan pendapatan petani sebagai pos manfaat tersendiri berarti menghitung manfaat yang sama dua kali, karena tambahan pendapatan tersebut sejatinya merupakan cerminan dari kenaikan produktivitas yang sudah tercakup. Demikian pula, peningkatan nilai lahan di kawasan irigasi pada umumnya merupakan kapitalisasi dari arus manfaat produksi di masa depan, sehingga menjumlahkan kenaikan nilai lahan sekaligus arus manfaat tahunannya akan menggelembungkan hasil analisis secara keliru, yakni menghitung dampak yang sama sebagai stok dan sekaligus sebagai aliran (Inter-American Development Bank, 2021; Boardman et al., 2018). Prinsip umumnya, sebagaimana ditegaskan dalam pedoman analisis proyek, adalah bahwa suatu manfaat atau biaya tidak boleh dihitung lebih dari satu kali, dan apabila keluaran antara (*intermediate good*) telah dinilai, nilai produk turunannya tidak boleh ditambahkan lagi (Gittinger, 1982; Belli et al., 2001).

Meskipun demikian, sikap kehati-hatian terhadap dampak tidak langsung tidak berarti mengabaikannya sama sekali. Dalam banyak proyek sumber daya alam dan lingkungan, dampak tidak langsung yang bersifat riil justru dapat signifikan dan menentukan kelayakan, misalnya manfaat pengendalian sedimentasi pada proyek pengelolaan daerah aliran sungai atau berkembangnya jasa ekosistem akibat rehabilitasi lahan. Pertimbangan praktisnya adalah memasukkan dampak tidak langsung yang riil dan dapat ditelusuri secara kausal ke proyek, sembari menyajikan dengan transparan dasar

penilaiannya, serta secara konsisten mengeluarkan dampak pekuniari maupun pembayaran transfer agar tidak terjadi pembengkakan manfaat (Pearce et al., 2006; Boardman et al., 2018). Dengan disiplin demikian, klasifikasi langsung dan tidak langsung berfungsi bukan sekadar penggolongan administratif, melainkan sebagai pengaman integritas analisis terhadap dua kesalahan yang berlawanan, yakni mengabaikan manfaat riil yang relevan dan menghitung ganda manfaat yang sebenarnya tunggal.

Manfaat dan Biaya Berwujud serta Tidak Berwujud

Manfaat dan biaya berwujud (*tangible*) adalah dampak yang relatif mudah diukur dan dinilai dalam satuan moneter karena memiliki harga pasar, seperti hasil panen atau biaya material. Sebaliknya, manfaat dan biaya tidak berwujud (*intangible*) adalah dampak yang sulit dikuantifikasi dan tidak memiliki harga pasar langsung, seperti keindahan pemandangan alam, nilai keberadaan spesies langka, atau kenyamanan rekreasi (Pearce et al., 2006; Suparmoko, 1997). Dalam dimensi manajerial, aspek tidak berwujud ini juga mencakup reputasi perusahaan dan nilai keberlanjutan, di mana kegagalan dalam menguantifikasi dampak non-finansial tersebut dapat mendistorsi proyeksi manfaat jangka panjang secara keseluruhan (Rahmat, 2025). Dalam konteks sumber daya alam dan lingkungan, justru komponen tidak berwujud inilah yang sering kali paling signifikan, sehingga pengembangan metode valuasi non-pasar menjadi sangat penting agar dampak-dampak tersebut tidak terabaikan begitu saja hanya karena sulit diukur. Suparmoko (1997),

meskipun manfaat dan biaya yang tidak dapat dipasarkan sulit dihitung, tetap harus dipertimbangkan dalam perhitungan manfaat dan biaya suatu proyek.

Eksternalitas dan Biaya Sosial

Eksternalitas (*externalities*) merupakan konsep sentral dalam BCA lingkungan. Eksternalitas terjadi ketika aktivitas suatu pihak menimbulkan dampak positif maupun negatif terhadap pihak lain tanpa adanya kompensasi melalui mekanisme pasar (Hanley et al., 2019). Pencemaran sungai oleh limbah pabrik adalah contoh klasik eksternalitas negatif: biaya yang ditanggung masyarakat di sekitar sungai (biaya eksternal) tidak diperhitungkan oleh pabrik dalam keputusan produksinya. Dalam BCA, biaya sosial (*social cost*) sama dengan biaya privat ditambah biaya eksternal. Mengabaikan biaya eksternal akan menghasilkan penilaian yang bias dan keputusan yang tidak efisien secara sosial. Čavlin et al., (2024), dalam praktik penilaian investasi, eksternalitas semacam ini dapat dipilah menurut bidang dampaknya, baik positif maupun negatif, yang mencakup ranah lingkungan (misalnya perbaikan kualitas udara versus pencemaran), kesehatan, sosial-kemasyarakatan, maupun ekonomi; pemilahan ini membantu memastikan bahwa dampak terhadap pihak ketiga tidak luput dari perhitungan manfaat-biaya.

Nilai Ekonomi Total dalam Konteks Lingkungan

Untuk menangkap keseluruhan nilai sumber daya alam dan lingkungan, literatur ekonomi lingkungan mengembangkan konsep Nilai Ekonomi Total (*Total*

Economic Value, TEV). Kerangka TEV membagi nilai menjadi dua kelompok besar: nilai guna (*use value*) dan nilai non-guna (*non-use value*) (Pearce et al., 2006). Kerangka ini sangat membantu dalam memastikan bahwa seluruh dimensi manfaat sumber daya lingkungan teridentifikasi secara lengkap dalam BCA. Melalui kerangka Nilai Ekonomi Total ini, berbagai studi global telah berhasil memetakan kelayakan kuantitatif program pengelolaan lingkungan, khususnya pada aspek pengelolaan hutan, konservasi keanekaragaman hayati, rehabilitasi lahan, hingga mitigasi perubahan iklim melalui fungsi penyimpanan karbon (Darmawansyah dkk., 2026). Nilai guna terdiri atas tiga komponen. Pertama, nilai guna langsung (*direct use value*), yaitu manfaat yang diperoleh dari pemanfaatan langsung sumber daya, baik konsumtif (kayu, ikan, hasil panen) maupun non-konsumtif (rekreasi, penelitian). Kedua, nilai guna tidak langsung (*indirect use value*), yaitu manfaat dari fungsi ekologis sumber daya, seperti peran hutan dalam pengaturan tata air dan penyerapan karbon. Ketiga, nilai pilihan (*option value*), yaitu kesediaan membayar untuk menjaga ketersediaan sumber daya bagi kemungkinan pemanfaatan di masa depan (Hanley et al., 2019).

Adapun nilai non-guna mencakup nilai keberadaan (*existence value*), yaitu nilai yang dilekatkan seseorang pada keberadaan suatu sumber daya terlepas dari niat untuk memanfaatkannya, dan nilai warisan (*bequest value*), yaitu nilai yang berkaitan dengan keinginan mewariskan sumber daya kepada generasi mendatang (Pearce et al., 2006). Komponen non-guna ini hampir

seluruhnya bersifat tidak berwujud dan hanya dapat diestimasi melalui teknik valuasi berbasis preferensi tersurat (*stated preference*), seperti valuasi kontingen (*contingent valuation*).

Penyesuaian Harga Pasar: Harga Bayangan

Dalam praktik, harga pasar sering kali tidak mencerminkan nilai sosial yang sebenarnya karena adanya distorsi seperti pajak, subsidi, monopoli, atau kebijakan pengendalian harga. Oleh karena itu, BCA menggunakan harga bayangan (*shadow price*) atau harga akunting (*accounting price*), yaitu harga yang telah disesuaikan untuk mencerminkan nilai sosial atau biaya peluang yang sesungguhnya (Just et al., 2004). Sebagai contoh, dalam menilai biaya tenaga kerja pada daerah dengan pengangguran tinggi, upah pasar mungkin melebihi biaya peluang sosial tenaga kerja tersebut, sehingga digunakan upah bayangan yang lebih rendah. Penggunaan harga bayangan memastikan bahwa penilaian dilakukan dari perspektif efisiensi sumber daya masyarakat, bukan sekadar transaksi finansial.

Pembedaan antara berbagai kategori manfaat dan biaya bukan sekadar latihan klasifikasi akademik, melainkan memiliki konsekuensi praktis yang nyata bagi kualitas analisis. Kelalaian memasukkan suatu kategori biaya misalnya biaya eksternal pencemaran akan menghasilkan penilaian yang terlalu optimistis (*overestimate*) terhadap kelayakan proyek. Sebaliknya, penghitungan ganda atas suatu manfaat misalnya menghitung peningkatan nilai tanah sekaligus peningkatan

produktivitas yang menjadi penyebab kenaikan nilai tanah tersebut akan menggelembungkan manfaat secara keliru. Oleh karena itu, disiplin dalam mengkategorikan dan menelusuri sumber setiap dampak merupakan inti dari integritas suatu studi BCA (Gittinger, 1982; Belli et al., 2001).

Dalam konteks biaya peluang, perlu ditekankan bahwa biaya yang relevan dalam BCA adalah biaya peluang sosial, bukan pengeluaran finansial yang tercatat dalam pembukuan. Sebagai contoh, jika suatu proyek konservasi memanfaatkan lahan milik negara yang sebelumnya terlantar dan tidak memiliki kegunaan alternatif, maka meskipun secara hukum lahan tersebut memiliki nilai aset, biaya peluang sosial dari penggunaannya mendekati nol. Sebaliknya, jika lahan tersebut sebelumnya merupakan lahan pertanian produktif, maka nilai produksi yang hilang merupakan biaya peluang riil yang harus diperhitungkan. Prinsip ini menegaskan bahwa BCA berfokus pada sumber daya riil yang dikorbankan masyarakat, bukan pada aliran kas administratif (Just et al., 2004).

Konsep transfer payment atau pembayaran transfer juga penting dipahami dalam klasifikasi biaya. Pembayaran transfer adalah perpindahan daya beli dari satu pihak ke pihak lain tanpa adanya penggunaan sumber daya riil, seperti pajak, subsidi, atau pembayaran bunga. Dari perspektif masyarakat secara keseluruhan, pembayaran transfer bukanlah biaya maupun manfaat bersih, karena kerugian satu pihak persis diimbangi oleh keuntungan pihak lain. Oleh karena itu, dalam analisis ekonomi BCA,

pembayaran transfer umumnya dikeluarkan dari perhitungan, berbeda dengan analisis finansial yang memperlakukannya sebagai arus kas nyata. Kegagalan membedakan biaya sumber daya riil dari pembayaran transfer merupakan salah satu kesalahan yang paling lazim dijumpai dalam praktik BCA (Boardman et al., 2018).

Eksternalitas dalam ranah lingkungan dapat berbentuk eksternalitas negatif maupun positif. Eksternalitas negatif, seperti pencemaran air, polusi udara, dan emisi gas rumah kaca, menimbulkan biaya sosial yang lebih tinggi daripada biaya privat, sehingga pasar cenderung memproduksi terlalu banyak aktivitas yang mencemari. Eksternalitas positif, seperti jasa penyerbukan oleh lebah dari kebun yang dipelihara petani, atau jasa ekosistem dari hutan yang dijaga, menghasilkan manfaat sosial yang lebih tinggi daripada manfaat privat, sehingga pasar cenderung menyediakannya terlalu sedikit. BCA berperan penting dalam menginternalisasi kedua jenis eksternalitas ini ke dalam perhitungan, sehingga keputusan publik dapat mengoreksi kegagalan pasar yang ditimbulkannya (Hanley et al., 2019).

Estimasi nilai moneter dari dampak lingkungan yang tidak berwujud dilakukan melalui sejumlah teknik valuasi non-pasar yang telah berkembang pesat. Teknik-teknik ini secara umum digolongkan menjadi dua kelompok. Pertama, metode preferensi tersirat (*revealed preference*), yang menyimpulkan nilai dari perilaku aktual yang teramati di pasar terkait. Termasuk di dalamnya metode biaya perjalanan (*travel cost method*) yang lazim digunakan untuk menilai manfaat rekreasi alam

berdasarkan biaya yang dikeluarkan pengunjung, serta metode harga hedonis (*hedonic pricing*) yang menyimpulkan nilai amenitas lingkungan dari perbedaan harga properti. Kedua, metode preferensi tersurat (*stated preference*), yang menanyakan langsung kepada responden mengenai kesediaan membayar mereka melalui survei. Termasuk di dalamnya metode valuasi kontingen (*contingent valuation method*) dan eksperimen pilihan (*choice experiment*), yang merupakan satu-satunya cara untuk menangkap nilai non-guna seperti nilai keberadaan (Pearce et al., 2006).

Dimensi waktu dalam klasifikasi manfaat dan biaya juga memerlukan perhatian khusus dalam konteks lingkungan. Banyak biaya lingkungan bersifat tertunda dan kumulatif dampak pencemaran atau degradasi lahan mungkin baru terasa penuh setelah bertahun-tahun atau bahkan lintas generasi. Demikian pula, banyak manfaat konservasi baru terwujud dalam jangka panjang. Karakteristik temporal ini berinteraksi erat dengan persoalan pendiskontoan yang dibahas pada subbab berikutnya, dan menuntut analisis untuk dengan cermat memproyeksikan profil waktu setiap kategori dampak, bukan sekadar besaran totalnya. Kesalahan dalam menempatkan suatu dampak pada periode waktu yang keliru dapat secara signifikan memengaruhi hasil akhir analisis (Pearce et al., 2006).

Pertimbangan penting lainnya adalah masalah ketidakterpulihan (*irreversibility*) yang menonjol dalam banyak keputusan lingkungan. Punahnya suatu spesies, hilangnya ekosistem unik, atau kerusakan sumber daya

yang tidak dapat dipulihkan menimbulkan biaya yang berbeda secara kualitatif dari biaya yang dapat dipulihkan. Krutilla (1967) dalam karyanya yang berpengaruh memperkenalkan gagasan bahwa keunikan dan ketidakterpulihan aset alam menciptakan nilai tersendiri yang harus diperhitungkan. Konsep ini melahirkan apa yang kemudian dikenal sebagai nilai kuasi-opsi (*quasi-option value*), yaitu nilai dari menunda keputusan yang tidak dapat ditarik kembali sambil menunggu informasi yang lebih baik. Dalam klasifikasi manfaat dan biaya, keberadaan ketidakterpulihan menuntut kehati-hatian ekstra dan sering kali membenarkan sikap konservatif dalam menyetujui proyek yang berpotensi menimbulkan kerusakan permanen (Hanley et al., 2019).

Masing-masing teknik valuasi memiliki keunggulan dan keterbatasan. Metode preferensi tersirat memiliki keunggulan karena berbasis perilaku nyata sehingga lebih kredibel, tetapi hanya mampu menangkap nilai guna dan terbatas pada kasus di mana terdapat keterkaitan dengan pasar yang teramati. Metode preferensi tersurat lebih fleksibel dan mampu menangkap seluruh komponen nilai ekonomi total termasuk nilai non-guna, tetapi rentan terhadap berbagai bias, seperti bias hipotetis (kesenjangan antara jawaban survei dan perilaku nyata), bias strategis, dan sensitivitas terhadap perancangan pertanyaan. Oleh karena itu, penerapan teknik-teknik ini menuntut kehati-hatian metodologis yang tinggi dan idealnya divalidasi silang antarteknik (Hanley et al., 2019). Pemilihan teknik valuasi yang tepat bergantung pada jenis nilai yang

hendak diukur, ketersediaan data, dan konteks pengambilan keputusan.

Sebagai ilustrasi penerapan kerangka Nilai Ekonomi Total pada suatu kawasan hutan mangrove, nilai guna langsung dapat berupa hasil tangkapan ikan dan udang serta pemanfaatan kayu secara lestari. Nilai guna tidak langsung mencakup fungsi perlindungan pantai dari abrasi dan badai, fungsi sebagai tempat pemijahan biota laut, serta penyerapan karbon biru (*blue carbon*). Nilai pilihan berkaitan dengan potensi pemanfaatan farmasi atau bioteknologi dari keanekaragaman hayati mangrove yang belum tergali. Adapun nilai keberadaan tercermin dari kesediaan masyarakat luas membayar untuk menjamin kelestarian ekosistem mangrove beserta spesies yang bergantung padanya, sekalipun mereka tidak pernah mengunjunginya secara langsung. Ilustrasi ini menunjukkan betapa nilai ekonomi sebenarnya dari suatu ekosistem dapat jauh melampaui nilai pasar produk yang dihasilkannya, dan betapa pentingnya kerangka TEV untuk mencegah penilaian yang terlalu rendah (*undervaluation*) terhadap sumber daya lingkungan (Pearce et al., 2006).

❖ **Penilaian untuk Analisis Manfaat Biaya**

Setelah seluruh manfaat dan biaya teridentifikasi dan diklasifikasikan, tahap berikutnya adalah melakukan penilaian (*valuation*). Penilaian dalam BCA mengandung dua dimensi penting yang saling berkaitan. Dimensi pertama berkaitan dengan waktu: karena manfaat dan biaya tersebar sepanjang umur proyek, diperlukan suatu mekanisme untuk membandingkan nilai pada titik waktu

yang berbeda, yaitu melalui pendiskontoan dengan suatu tingkat diskonto. Dimensi kedua berkaitan dengan pengukuran perubahan kesejahteraan itu sendiri, yang secara teoretis dilandasi oleh konsep surplus ekonomi baik dalam formulasi Marshall maupun Hicks. Subbab ini membahas ketiga aspek tersebut secara berurutan.

Tingkat Diskonto

Tingkat diskonto (*discount rate*) merupakan salah satu parameter paling menentukan sekaligus paling kontroversial dalam BCA. Pemilihan tingkat diskonto dapat secara dramatis mengubah kesimpulan analisis, terutama untuk proyek-proyek lingkungan yang manfaat dan biayanya membentang dalam rentang waktu yang sangat panjang, seperti mitigasi perubahan iklim atau pengelolaan limbah nuklir (Hanley et al., 2019; Boardman et al., 2018). Sensitivitas hasil terhadap tingkat diskonto menjadi semakin tajam seiring memanjangnya horizon waktu proyek; perubahan kecil pada tingkat diskonto dapat mengubah nilai sekarang dari manfaat yang baru terwujud puluhan tahun mendatang secara signifikan, sehingga turut menentukan apakah suatu kebijakan dinyatakan layak atau tidak (Pearce et al., 2006).

Konsep dan Rasionalitas Pendiskontoan

Pendiskontoan (*discounting*) adalah prosedur untuk mengonversi nilai uang di masa depan menjadi nilai ekuivalennya pada masa kini, yang disebut nilai sekarang (*present value*). Prosedur ini didasarkan pada premis bahwa satu rupiah yang diterima hari ini bernilai lebih

tinggi daripada satu rupiah yang diterima di masa mendatang. Nilai sekarang dari suatu jumlah uang F_t yang diterima pada tahun ke- t dengan tingkat diskonto r dirumuskan sebagai $PV = F_t / (1 + r)^t$, di mana faktor $1/(1+r)^t$ disebut faktor diskonto (*discount factor*) (Boardman et al., 2018).

Terdapat tiga alasan utama mengapa pendiskontoan dibenarkan secara ekonomi. Pertama, preferensi waktu (*time preference*): secara umum manusia lebih menyukai konsumsi pada masa kini daripada masa depan, sebuah fenomena yang disebut ketidaksabaran (*impatience*). Kedua, produktivitas modal (*productivity of capital*): sumber daya yang diinvestasikan saat ini dapat menghasilkan tambahan output di masa depan, sehingga modal memiliki tingkat hasil positif. Ketiga, utilitas marjinal yang menurun (*diminishing marginal utility*): dengan asumsi pertumbuhan ekonomi, generasi mendatang diperkirakan lebih kaya, sehingga tambahan konsumsi bernilai lebih rendah bagi mereka (Pearce et al., 2006).

Tingkat Diskonto Sosial dan Komponennya

Dalam BCA, yang digunakan adalah tingkat diskonto sosial (*social discount rate, SDR*), yaitu tingkat diskonto yang mencerminkan preferensi masyarakat secara keseluruhan dalam menimbang kesejahteraan antarwaktu, bukan sekadar tingkat bunga komersial. Terdapat dua pendekatan teoretis utama dalam menentukan SDR (Boardman et al., 2018). Pendekatan pertama adalah biaya peluang sosial dari modal (*social opportunity cost of capital, SOC*), yang mendasarkan SDR pada tingkat hasil

yang dapat diperoleh jika sumber daya tersebut diinvestasikan pada sektor swasta. Pendekatan kedua adalah tingkat preferensi waktu sosial (*social rate of time preference*, SRTTP), yang mendasarkan SDR pada tingkat di mana masyarakat bersedia menukar konsumsi masa kini dengan konsumsi masa depan.

Pendekatan SRTTP umumnya diformulasikan melalui persamaan Ramsey, yang menyatakan $r = \rho + \eta \cdot g$, di mana ρ adalah tingkat preferensi waktu murni (*pure rate of time preference*), η adalah elastisitas utilitas marjinal konsumsi, dan g adalah laju pertumbuhan konsumsi per kapita (Pearce et al., 2006). Persamaan ini memisahkan komponen "ketidaksabaran murni" (ρ) dari komponen yang berkaitan dengan pertumbuhan kekayaan ($\eta \cdot g$), sehingga memberikan landasan yang transparan untuk berdebat tentang nilai parameter yang etis dan tepat.

Kontroversi Pendiskontoan dalam Konteks Lingkungan

Penerapan pendiskontoan pada isu lingkungan jangka panjang memunculkan perdebatan etis dan teknis yang mendalam. Persoalan utamanya adalah bahwa tingkat diskonto positif, betapapun kecilnya, akan mereduksi nilai sekarang dari manfaat dan biaya masa depan secara eksponensial hingga mendekati nol untuk horizon waktu yang sangat panjang. Sebagai ilustrasi, kerusakan lingkungan senilai satu miliar rupiah yang terjadi 200 tahun mendatang, jika didiskontokan pada tingkat 7% per tahun, hanya bernilai sekitar seribu rupiah pada masa kini. Hal ini menimbulkan kekhawatiran bahwa pendiskontoan

secara sistematis meminggirkan kepentingan generasi mendatang dan bias terhadap proyek-proyek yang merusak lingkungan dalam jangka panjang (Hanley et al., 2019).

Debat ini mengemuka secara tajam dalam konteks ekonomi perubahan iklim. Stern Review (Stern, 2007) menggunakan tingkat diskonto yang sangat rendah (sekitar 1,4%) dengan argumen etis bahwa tingkat preferensi waktu murni antargenerasi seharusnya mendekati nol, sehingga menghasilkan rekomendasi aksi iklim yang agresif dan segera. Sebaliknya, Nordhaus (2007) menggunakan tingkat diskonto yang lebih tinggi berbasis tingkat hasil pasar, yang menghasilkan rekomendasi aksi yang lebih bertahap. Perbedaan rekomendasi kebijakan yang dramatis ini sebagian besar bersumber dari perbedaan pemilihan tingkat diskonto, yang menggambarkan betapa sentralnya parameter ini.

Sebagai respons atas persoalan tersebut, sebagian ekonom mengusulkan penggunaan tingkat diskonto yang menurun seiring waktu (*declining discount rate*). Argumennya, ketidakpastian mengenai tingkat diskonto masa depan secara matematis menyiratkan bahwa tingkat diskonto efektif (*certainty-equivalent rate*) untuk jangka sangat panjang akan menurun (Weitzman, 1998). Pendekatan ini telah diadopsi dalam pedoman resmi beberapa negara, termasuk Inggris melalui Green Book, yang menggunakan jadwal tingkat diskonto menurun untuk dampak yang terjadi lebih dari 30 tahun ke depan (Boardman et al., 2018).

Selain penyesuaian tingkat diskonto, perhatian terhadap generasi mendatang dapat diperkuat melalui cara penyajian dan kerangka analisis. Bos et al. (2026) menganjurkan agar BCA tidak hanya menampilkan nilai sekarang bersih, tetapi juga memperlihatkan bagaimana manfaat dan biaya berevolusi sepanjang waktu, misalnya melalui grafik, sehingga distribusi dampak antarwaktu menjadi lebih transparan. Mereka juga menekankan pentingnya membahas secara eksplisit risiko dan ketidakpastian jangka panjang, termasuk yang berkaitan dengan perubahan iklim dan dampak yang mungkin baru muncul tepat di luar horizon waktu formal analisis, seperti risiko limbah nuklir bagi generasi mendatang. Sebagai pelengkap, BCA disarankan mengadopsi strategi investasi bertahap dan minim-penyesalan (*low-regret*) serta menguji implikasi skenario yang lebih ekstrem dan tingkat diskonto yang lebih rendah (Bos et al., 2026). Rekomendasi ini sejalan dengan pertimbangan keadilan antargenerasi yang telah diuraikan dan memperkaya cara BCA lingkungan menimbang kepentingan generasi yang akan datang.

Implikasi Praktis Pemilihan Tingkat Diskonto

Mengingat tidak adanya konsensus tunggal mengenai tingkat diskonto yang "benar", praktik terbaik dalam BCA menyarankan dua hal. Pertama, gunakan tingkat diskonto yang direkomendasikan oleh otoritas atau pedoman resmi yang berlaku sebagai kasus dasar (*base case*). Kedua, dan yang lebih penting, lakukan analisis sensitivitas dengan menguji beberapa nilai tingkat diskonto yang masuk akal

untuk menunjukkan seberapa robust kesimpulan analisis terhadap pilihan parameter ini (Hanley et al., 2019). Transparansi dalam pelaporan asumsi tingkat diskonto merupakan elemen penting bagi kredibilitas dan akuntabilitas suatu studi BCA.

Untuk mengilustrasikan kekuatan pendiskontoan secara konkret, perhatikan data sederhana berikut. Suatu manfaat lingkungan senilai 100 juta rupiah yang akan diterima pada berbagai titik waktu di masa depan, jika didiskontokan pada tingkat 5% per tahun, memiliki nilai sekarang yang menurun tajam: 100 juta jika diterima sekarang, sekitar 61,4 juta jika diterima 10 tahun lagi, sekitar 37,7 juta jika 20 tahun lagi, sekitar 14,2 juta jika 40 tahun lagi, dan hanya sekitar 7,6 juta rupiah jika diterima 70 tahun mendatang. Pola penurunan eksponensial ini menjelaskan mengapa pemilihan tingkat diskonto menjadi begitu menentukan bagi proyek-proyek lingkungan berhorizon panjang: manfaat besar yang baru terwujud di masa depan dapat menjadi nyaris tak bernilai dalam perhitungan nilai sekarang (Boardman et al., 2018).

Perbedaan antara pendekatan biaya peluang modal (SOC) dan tingkat preferensi waktu sosial (SRTP) bukan sekadar perbedaan teknis, melainkan mencerminkan perbedaan filosofis tentang dari sumber mana pendanaan proyek publik berasal. Apabila proyek publik diasumsikan menggeser investasi sektor swasta (*crowding out*), maka SOC menjadi acuan yang relevan karena mencerminkan hasil yang dikorbankan. Sebaliknya, apabila proyek diasumsikan menggeser konsumsi masa kini, maka SRTP menjadi acuan yang tepat. Dalam praktik, pendanaan

proyek umumnya berasal dari campuran keduanya, sehingga sebagian ekonom mengusulkan penggunaan tingkat diskonto rata-rata tertimbang atau, secara lebih canggih, metode harga bayangan modal (*shadow price of capital*) yang mengonversi seluruh dampak ke dalam satuan konsumsi setara sebelum didiskontokan dengan SRTTP (Boardman et al., 2018).

Pertimbangan keadilan antargenerasi (*intergenerational equity*) menjadi dimensi etis yang tidak dapat dipisahkan dari perdebatan tingkat diskonto dalam BCA lingkungan. Para pendukung tingkat diskonto rendah berargumen bahwa secara etis tidak dapat dibenarkan untuk memberi bobot lebih rendah pada kesejahteraan generasi mendatang hanya karena mereka lahir lebih lambat; preferensi waktu murni yang positif terhadap antargenerasi dipandang sebagai bentuk diskriminasi temporal. Sebaliknya, para pendukung tingkat diskonto berbasis pasar berargumen bahwa menggunakan tingkat yang terlalu rendah justru tidak konsisten dengan perilaku aktual masyarakat dan dapat mengarah pada keputusan investasi yang tidak efisien, yang pada akhirnya juga merugikan generasi mendatang. Perdebatan ini belum terselesaikan dan kemungkinan besar tidak akan pernah sepenuhnya terselesaikan karena melibatkan pertimbangan nilai (*value judgment*) yang berada di luar ranah analisis positif (Hanley et al., 2019).

Dalam konteks penerapan di sektor sumber daya alam, pemilihan tingkat diskonto sering kali harus diselaraskan dengan pedoman resmi pemerintah maupun lembaga pendanaan pembangunan. Bank Dunia dan bank

pembangunan multilateral lazimnya merekomendasikan kisaran tingkat diskonto tertentu untuk evaluasi proyek, yang dapat berbeda dari tingkat yang secara teoretis ideal untuk dampak antargenerasi. Analisis yang baik akan menyajikan hasil pada tingkat diskonto yang disyaratkan sebagai kasus dasar, sekaligus menunjukkan bagaimana kesimpulan berubah pada tingkat yang lebih rendah yang lebih mencerminkan kepedulian terhadap generasi mendatang. Pendekatan transparan semacam ini memungkinkan pengambil keputusan menilai sendiri sejauh mana rekomendasi bergantung pada asumsi tingkat diskonto, dan merupakan praktik yang jauh lebih bertanggung jawab daripada menyajikan satu angka tunggal seolah-olah bersifat objektif dan final (Hanley et al., 2019; Pearce et al., 2006).

Surplus Ekonomi Marshall

Untuk mengukur perubahan kesejahteraan yang ditimbulkan suatu proyek atau kebijakan, BCA mengandalkan konsep surplus ekonomi, yang terdiri atas surplus konsumen dan surplus produsen. Formulasi paling klasik dari surplus konsumen dikemukakan oleh Alfred Marshall dalam karya monumentalnya, *Principles of Economics* (1890), sehingga sering disebut surplus konsumen Marshallian (*Marshallian consumer surplus*) (Just et al., 2004).

Definisi Surplus Konsumen Marshallian

Surplus konsumen Marshallian didefinisikan sebagai selisih antara jumlah maksimum yang bersedia dibayar

konsumen untuk sejumlah barang (kesediaan membayar total) dan jumlah yang benar-benar dibayarkannya (harga pasar dikalikan kuantitas). Secara grafis, surplus konsumen ditunjukkan oleh luas area di bawah kurva permintaan dan di atas garis harga pasar (Boardman et al., 2018). Kurva permintaan dapat diinterpretasikan sebagai kurva kesediaan membayar marjinal: setiap titik pada kurva menunjukkan harga maksimum yang bersedia dibayar konsumen untuk satu unit tambahan. Karena konsumen membayar harga pasar yang sama untuk seluruh unit, sementara untuk unit-unit awal mereka sebenarnya bersedia membayar lebih tinggi, terbentuklah surplus yang menggambarkan keuntungan bersih konsumen dari berpartisipasi di pasar.

Surplus Produsen

Secara simetris, surplus produsen (*producer surplus*) adalah selisih antara penerimaan yang diperoleh produsen dari penjualan dan jumlah minimum yang bersedia mereka terima untuk memasok barang tersebut, yang ditunjukkan oleh luas area di atas kurva penawaran dan di bawah garis harga pasar. Kurva penawaran mencerminkan biaya marjinal produksi, sehingga surplus produsen pada hakikatnya menggambarkan keuntungan ekonomi di atas biaya peluang produksi (Just et al., 2004). Penjumlahan surplus konsumen dan surplus produsen menghasilkan surplus ekonomi total (*total economic surplus*) atau kesejahteraan sosial bersih, yang menjadi ukuran utama efisiensi dalam analisis ekuilibrium parsial.

Pengukuran Perubahan Kesejahteraan

Dalam aplikasi BCA, yang menjadi perhatian bukanlah besaran surplus secara absolut, melainkan perubahan surplus yang ditimbulkan oleh suatu intervensi. Misalkan suatu program konservasi tanah meningkatkan produktivitas lahan, sehingga kurva penawaran hasil pertanian bergeser ke kanan. Pergeseran ini menurunkan harga keseimbangan dan meningkatkan kuantitas, yang berdampak pada bertambahnya surplus konsumen sekaligus berubahnya surplus produsen. Perubahan bersih surplus total inilah yang menjadi ukuran manfaat ekonomi dari program tersebut (Boardman et al., 2018). Dengan demikian, pendekatan surplus memberikan jembatan langsung antara teori permintaan-penawaran dan pengukuran manfaat-biaya secara empiris.

Keunggulan dan Kelemahan Ukuran Marshallian

Keunggulan utama surplus konsumen Marshallian terletak pada kesederhanaan dan kemudahan estimasinya: ia dapat dihitung langsung dari kurva permintaan pasar yang teramati (*observable*), tanpa memerlukan informasi tentang fungsi utilitas yang tidak teramati. Inilah sebabnya ukuran Marshallian tetap menjadi alat kerja yang dominan dalam praktik BCA empiris (Just et al., 2004).

Namun, ukuran ini mengandung kelemahan teoretis yang serius. Kurva permintaan Marshallian (permintaan biasa) tidak memisahkan efek substitusi dari efek pendapatan ketika harga berubah. Akibatnya, perubahan surplus konsumen Marshallian bukanlah ukuran yang tepat secara teoretis untuk perubahan kesejahteraan riil,

kecuali jika efek pendapatan dapat diabaikan. Selain itu, muncul masalah ambiguitas ketika terjadi perubahan beberapa harga sekaligus, karena nilai surplus dapat bergantung pada urutan perhitungan (problem of path dependence) (Just et al., 2004). Keterbatasan-keterbatasan inilah yang mendorong pengembangan ukuran kesejahteraan yang lebih ketat secara teoretis oleh John Hicks.

Konsep surplus ekonomi memiliki akar sejarah yang menarik. Meskipun Marshall yang memopulerkannya, gagasan dasar tentang surplus konsumen telah dirintis oleh Jules Dupuit beberapa dekade sebelumnya dalam konteks penilaian infrastruktur publik. Kontribusi Marshall adalah memformalkan konsep tersebut ke dalam kerangka analisis permintaan-penawaran yang sistematis, sehingga dapat diterapkan secara luas dalam analisis ekonomi terapan. Sejak saat itu, surplus ekonomi menjadi tulang punggung analisis kesejahteraan dalam ekonomi mikro terapan, termasuk dalam evaluasi dampak kebijakan perdagangan, perpajakan, dan regulasi (Just et al., 2004).

Dalam analisis dampak kebijakan lingkungan, perubahan surplus ekonomi dapat ditelusuri melalui pergeseran kurva permintaan atau penawaran yang ditimbulkannya. Sebagai contoh, penerapan pajak emisi karbon akan menaikkan biaya produksi industri yang intensif energi, sehingga menggeser kurva penawaran ke kiri-atas. Pergeseran ini menaikkan harga, menurunkan kuantitas, dan mengurangi surplus konsumen serta surplus produsen. Namun, pajak tersebut menghasilkan dua hal lain yang harus diperhitungkan: penerimaan pajak bagi

pemerintah (yang merupakan transfer, dapat dikembalikan ke masyarakat) dan, yang terpenting, pengurangan kerusakan lingkungan akibat berkurangnya emisi. Apabila nilai pengurangan kerusakan lingkungan melebihi kerugian bersih surplus ekonomi pasar, maka pajak tersebut meningkatkan kesejahteraan sosial total. Analisis surplus dengan demikian menyediakan kerangka untuk menimbang *trade-off* antara biaya ekonomi dan manfaat lingkungan dari suatu kebijakan (Hanley et al., 2019).

Konsep yang berkaitan erat dengan surplus adalah kerugian bobot mati (deadweight loss), yaitu kehilangan surplus total yang tidak ditransfer kepada pihak mana pun, yang timbul akibat distorsi pasar seperti pajak, subsidi, atau kekuatan monopoli. Dalam konteks lingkungan, keberadaan eksternalitas yang tidak terkoreksi justru menimbulkan kerugian bobot mati pada kondisi tanpa intervensi, karena pasar memproduksi pada tingkat yang tidak efisien secara sosial. Intervensi kebijakan yang tepat seperti pajak Pigou yang besarnya setara dengan biaya eksternal marjinal dapat menghilangkan kerugian bobot mati tersebut dan memulihkan efisiensi sosial. Pemahaman atas konsep ini memperkaya analisis surplus dalam mengevaluasi kebijakan lingkungan (Just et al., 2004).

Surplus Ekonomi Hicks

John R. Hicks, dalam karyanya *Value and Capital* (1939) dan tulisan-tulisan berikutnya, mengembangkan ukuran perubahan kesejahteraan yang secara teoretis lebih ketat dengan memisahkan efek substitusi dari efek pendapatan.

Pendekatan Hicks didasarkan pada kurva permintaan terkompensasi (*compensated demand curve*) atau kurva permintaan Hicksian, yang menjaga tingkat utilitas konsumen tetap konstan ketika harga berubah (Just et al., 2004).

Empat Ukuran Hicksian

Hicks memperkenalkan empat ukuran perubahan kesejahteraan, yang dua di antaranya paling banyak digunakan dalam BCA, yaitu variasi kompensasi (*compensating variation*, CV) dan variasi ekuivalen (*equivalent variation*, EV). Variasi kompensasi adalah sejumlah uang yang harus diambil dari (atau diberikan kepada) konsumen setelah terjadi perubahan harga atau kondisi, agar tingkat utilitasnya kembali ke tingkat semula (sebelum perubahan). Dengan kata lain, CV menggunakan tingkat utilitas awal sebagai acuan (Boardman et al., 2018). Variasi ekuivalen adalah sejumlah uang yang harus diberikan kepada (atau diambil dari) konsumen sebagai pengganti perubahan harga atau kondisi yang sebenarnya tidak jadi terjadi, agar konsumen mencapai tingkat utilitas yang sama seperti jika perubahan itu terjadi. Dengan kata lain, EV menggunakan tingkat utilitas akhir sebagai acuan (Boardman et al., 2018). Dua ukuran lainnya, surplus kompensasi (*compensating surplus*) dan surplus ekuivalen (*equivalent surplus*), digunakan ketika kuantitas barang yang dikonsumsi bersifat tetap (*rationed*), suatu kondisi yang relevan untuk banyak barang lingkungan yang kuantitasnya ditentukan secara eksogen.

Hubungan WTP, WTA, CV, dan EV

Konsep CV dan EV berkaitan erat dengan ukuran kesediaan membayar (WTP) dan kesediaan menerima (WTA). Untuk suatu perbaikan kondisi (misalnya peningkatan kualitas lingkungan), CV setara dengan WTP maksimum konsumen untuk memperoleh perbaikan tersebut, sedangkan EV setara dengan WTA minimum yang dituntut konsumen untuk merelakan perbaikan tersebut. Sebaliknya, untuk suatu penurunan kondisi (kerusakan lingkungan), CV setara dengan WTA untuk menoleransi kerusakan, sedangkan EV setara dengan WTP untuk mencegahnya (Hanley et al., 2019). Pemilihan antara WTP dan WTA, atau antara CV dan EV, pada hakikatnya merupakan persoalan penetapan hak properti (*property rights*): siapa yang berhak atas kondisi awal menentukan ukuran mana yang secara konseptual tepat digunakan (Mishan & Quah, 2007; Hanley et al., 2019).

Perbedaan WTP dan WTA serta Implikasinya

Secara teoretis, untuk perubahan kecil dan dengan efek pendapatan yang dapat diabaikan, WTP dan WTA seharusnya bernilai hampir sama. WTA secara konsisten jauh lebih besar daripada WTP untuk barang yang sama, terutama untuk barang lingkungan (Hanley et al., 2019). Disparitas ini dijelaskan oleh beberapa faktor, antara lain efek pendapatan, ketiadaan barang substitusi yang dekat untuk banyak amenitas lingkungan, serta fenomena keengganan kehilangan (*loss aversion*) yang dikemukakan dalam ekonomi perilaku. Perbedaan ini memiliki implikasi praktis yang penting, karena pemilihan ukuran dapat

memengaruhi hasil BCA secara substansial, sehingga peneliti perlu memilih dan melaporkan ukuran yang digunakan secara eksplisit dan beralasan.

Besarnya disparitas ini telah didokumentasikan secara sistematis melalui sejumlah meta-analisis. Tinjauan rintisan Horowitz dan McConnell (2002), rasio WTA terhadap WTP rata-rata jauh melampaui satu, dan bahwa rasio tersebut secara signifikan lebih tinggi untuk barang publik dan barang non-pasar dibandingkan barang privat biasa. Meta-analisis berikutnya oleh Tunçel dan Hammitt (2014), rasio rata-rata geometrik sekitar tiga, sekaligus menunjukkan bahwa disparitas mengecil ketika responden memiliki pengalaman pasar nyata, ketika barang memiliki substitusi yang dekat, dan ketika digunakan mekanisme elisitasi yang insentif-kompatibel. Kesenjangan WTP–WTA bukan semata artefak metode survei yang lemah, melainkan fenomena yang sistematis dan bergantung pada karakteristik barang serta rancangan studi.

Terdapat dua kelompok penjelasan utama atas disparitas tersebut. Penjelasan pertama, yang masih bertumpu pada teori ekonomi neoklasik, dikemukakan oleh Hanemann (1991) dengan membangun argumen Randall dan Stoll (1980). Hanemann menunjukkan bahwa selisih antara WTP dan WTA tidak hanya ditentukan oleh efek pendapatan, melainkan juga oleh derajat substitusi antara barang yang dinilai dan barang lain; semakin sedikit substitusi yang tersedia, semakin besar selisih antara variasi kompensasi (CV) dan variasi ekuivalen (EV), dan dengan demikian antara WTP dan WTA. Argumen ini secara khusus relevan bagi barang lingkungan seperti

kualitas udara, ekosistem unik, atau keberadaan spesies, yang pada umumnya tidak memiliki substitusi dekat sehingga disparitasnya dapat menjadi sangat besar. Penjelasan ini penting karena menunjukkan bahwa kesenjangan WTP–WTA dapat konsisten dengan teori utilitas standar, tanpa harus mengandalkan anomali perilaku (Hanemann, 1991; Hanley et al., 2019).

Penjelasan kedua bersumber dari ekonomi perilaku dan teori prospek (*prospect theory*). Preferensi bersifat bergantung pada titik acuan (*reference-dependent*), sehingga seseorang menilai pengurangan dari kepemilikan yang sudah dimiliki lebih berat daripada penambahan yang setara, suatu gejala yang dikenal sebagai keengganan kehilangan (*loss aversion*) dan efek kepemilikan (*endowment effect*) (Kahneman, Knetsch, & Thaler, 1991; Tversky & Kahneman, 1991). Karena WTA mengukur kompensasi atas suatu kehilangan sementara WTP mengukur pembayaran atas suatu perolehan, asimetri psikologis tersebut menghasilkan WTA yang sistematis lebih besar daripada WTP. Eksperimen klasik mengenai efek kepemilikan menunjukkan bahwa nilai yang dilekatkan pada suatu barang meningkat begitu barang itu menjadi milik seseorang, suatu pola yang sulit dijelaskan oleh teori utilitas standar dan karenanya menjadi salah satu fundamental dalam ekonomi perilaku (Kahneman et al., 1991).

Bagi praktik BCA, khususnya di bidang sumber daya alam dan lingkungan, disparitas ini memiliki konsekuensi yang nyata. Pemilihan antara WTP dan WTA pada dasarnya mencerminkan asumsi tentang hak (*property rights*) atas

kondisi awal: jika masyarakat dianggap berhak atas suatu kualitas lingkungan, maka kerugian atas penurunannya tepat diukur dengan WTA; sebaliknya, jika perbaikan dipandang sebagai sesuatu yang belum menjadi hak, manfaatnya diukur dengan WTP (Hanley et al., 2019; Boardman et al., 2018). Karena kedua ukuran dapat berbeda secara substansial, pilihan tersebut dapat menentukan layak-tidaknya suatu proyek. Praktik yang dianjurkan adalah menetapkan ukuran yang sesuai dengan konteks hak dan arah dampak, menyatakan dasar pemilihannya secara transparan, serta menyajikan analisis sensitivitas terhadap rentang nilai yang masuk akal agar kesimpulan tidak bergantung secara rapuh pada satu pilihan ukuran (Johansson & Kriström, 2015; Hanley et al., 2019).

Hubungan antara Ukuran Marshallian dan Hicksian

Robert Willig (1976) dalam karyanya yang berpengaruh menunjukkan bahwa untuk banyak kasus praktis, perbedaan antara surplus konsumen Marshallian dan ukuran Hicksian (CV dan EV) relatif kecil, sehingga surplus Marshallian merupakan aproksimasi yang dapat diterima sepanjang efek pendapatan tidak terlalu besar. Secara teoretis berlaku hubungan urutan: untuk barang normal, CV lebih kecil daripada surplus konsumen Marshallian, yang pada gilirannya lebih kecil daripada EV (Just et al., 2004). Hasil Willig memberikan justifikasi pragmatis bagi penggunaan ukuran Marshallian yang lebih mudah dihitung dalam banyak aplikasi BCA.

Namun demikian, kesimpulan Willig terbatas pada barang-barang pasar dengan substitusi yang memadai. Untuk barang lingkungan yang sering tidak memiliki substitusi dekat dan kuantitasnya bersifat tetap, perbedaan antara WTP dan WTA dapat menjadi sangat besar, sehingga aproksimasi Marshallian menjadi kurang memadai. Dalam konteks ini, ukuran Hicksian yang ketat yang diperoleh melalui teknik valuasi non-pasar seperti valuasi kontingen atau eksperimen pilihan (*choice experiment*) menjadi lebih relevan dan tepat secara teoretis (Hanley et al., 2019). Dengan demikian, pemilihan antara ukuran Marshallian dan Hicksian harus disesuaikan dengan karakteristik barang yang dinilai dan tingkat presisi teoretis yang dituntut oleh konteks pengambilan keputusan.

Relevansi ukuran Hicksian menjadi sangat nyata dalam valuasi barang lingkungan. Banyak barang lingkungan, seperti kualitas udara di suatu kota atau keberadaan suatu spesies, bersifat kuantitasnya tetap dari perspektif individu seseorang tidak dapat "membeli lebih banyak" udara bersih di lingkungannya secara individual. Untuk kasus barang dengan kuantitas tetap semacam ini, ukuran yang tepat secara teoretis adalah surplus kompensasi dan surplus ekuivalen, bukan variasi kompensasi dan variasi ekuivalen yang mengasumsikan penyesuaian kuantitas secara bebas. Perbedaan halus ini menunjukkan bahwa pemilihan ukuran kesejahteraan yang tepat harus disesuaikan dengan sifat barang yang dinilai (Just et al., 2004).

Selain efek pendapatan dan ketiadaan substitusi, ekonomi perilaku melalui teori prospek (*prospect theory*) menawarkan penjelasan tambahan: individu menilai kehilangan lebih berat daripada perolehan dengan besaran yang sama, suatu fenomena yang disebut keengganan kehilangan. Karena WTA berkaitan dengan merelakan sesuatu (kehilangan) sementara WTP berkaitan dengan memperoleh sesuatu (perolehan), maka WTA secara sistematis akan lebih besar. Implikasinya bagi BCA cukup mendalam: penilaian terhadap kerusakan lingkungan yang menghilangkan sesuatu yang sudah dinikmati masyarakat (diukur dengan WTA) bisa jauh lebih besar daripada penilaian terhadap kegagalan menyediakan perbaikan baru (diukur dengan WTP). Hal ini memperkuat argumen untuk berhati-hati dalam menyetujui proyek yang merusak amenitas lingkungan yang sudah ada (Hanley et al., 2019).

Konsekuensi penting dari analisis Hicksian adalah bahwa pemilihan titik acuan (*reference point*), yang pada gilirannya ditentukan oleh penetapan hak properti, memengaruhi besaran nilai yang terukur. Jika masyarakat dianggap berhak atas lingkungan yang bersih, maka pencemar harus membayar untuk mencemari, dan kerusakan dinilai dengan WTA masyarakat yang cenderung tinggi. Sebaliknya, jika pencemar dianggap berhak mencemari, maka masyarakat harus membayar untuk memperoleh lingkungan bersih, dan perbaikan dinilai dengan WTP masyarakat yang cenderung lebih rendah dan dibatasi oleh kemampuan membayar. Dengan demikian, BCA tidak sepenuhnya bebas nilai; asumsi

mengenai hak properti yang melandasinya membawa muatan normatif yang perlu disadari dan dinyatakan secara transparan (Hanley et al., 2019).

❖ Implementasi *Benefit Cost Analysis* (BCA)

Setelah seluruh manfaat dan biaya berhasil diidentifikasi, dinilai dalam satuan moneter, dan diproyeksikan sepanjang umur proyek, langkah terakhir adalah mengagregasikannya ke dalam suatu kriteria keputusan yang dapat dioperasikan. Terdapat beberapa kriteria investasi yang lazim digunakan dalam BCA, yaitu *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), rasio manfaat-biaya (*Benefit-Cost Ratio* atau B/C), dan *payback period*. Masing-masing kriteria memiliki dasar perhitungan, keunggulan, serta keterbatasan tersendiri. Pemahaman menyeluruh atas keempatnya penting agar analis dapat memilih kriteria yang paling tepat sesuai konteks pengambilan keputusan (Gittinger, 1982; Boardman et al., 2018).

Sebagai dasar bersama, seluruh kriteria ini bertumpu pada konsep aliran kas bersih (net cash flow) tahunan, yaitu selisih antara manfaat (B_t) dan biaya (C_t) pada setiap tahun t , serta pada prinsip pendiskontoan yang telah dibahas sebelumnya. Aliran manfaat dan biaya tahunan inilah yang menjadi bahan baku bagi seluruh perhitungan kriteria investasi.

***Net Present Value* (NPV)**

Net Present Value (NPV) atau nilai sekarang bersih adalah selisih antara nilai sekarang dari total manfaat dan nilai

sekarang dari total biaya selama umur proyek. NPV dirumuskan sebagai penjumlahan dari seluruh aliran kas bersih tahunan yang telah didiskontokan, yaitu:

$$NPV = \sum \frac{B_t - C_t}{(1 + i)^t}$$

di mana B_t adalah manfaat pada tahun t , C_t adalah biaya pada tahun t , r adalah tingkat diskonto, dan t berjalan dari tahun 0 hingga akhir umur proyek n (Boardman et al., 2018).

Kriteria keputusan untuk NPV bersifat lugas. Untuk keputusan menerima atau menolak satu proyek tunggal, proyek layak dilaksanakan apabila NPV bernilai positif ($NPV > 0$), karena hal ini menunjukkan bahwa manfaat yang dihasilkan melebihi biaya dalam nilai sekarang, sehingga proyek memberikan kontribusi positif terhadap kesejahteraan sosial. Apabila harus memilih di antara beberapa alternatif yang saling meniadakan (*mutually exclusive*), pilihlah alternatif dengan NPV tertinggi (Gittinger, 1982).

NPV secara luas diakui sebagai kriteria yang paling andal dan benar secara teoretis. Keunggulan utamanya adalah bahwa NPV merupakan perwujudan langsung dari prinsip kompensasi Kaldor-Hicks: NPV positif berarti manfaat sosial bersih positif. NPV juga memperhitungkan nilai waktu uang, mencakup seluruh aliran kas sepanjang umur proyek, serta bersifat aditif sehingga NPV dari kombinasi proyek sama dengan jumlah NPV masing-masing (Boardman et al., 2018). Kelemahannya terletak pada sensitivitasnya terhadap pemilihan tingkat diskonto

dan pada kenyataan bahwa NPV menyajikan nilai absolut, sehingga kurang informatif untuk membandingkan efisiensi relatif proyek-proyek dengan skala investasi yang sangat berbeda. Meskipun demikian, mayoritas literatur ekonomi menempatkan NPV sebagai kriteria rujukan utama (Just et al., 2004).

Sifat aditif NPV merupakan keunggulan yang sering kurang diapresiasi namun sangat penting secara praktis. Karena nilai sekarang bersih dari sekumpulan proyek sama dengan penjumlahan NPV masing-masing proyek, analisis dapat mengevaluasi portofolio proyek secara modular dan konsisten. Sebaliknya, kriteria berbasis rasio seperti IRR dan B/C tidak memiliki sifat ini. IRR dari gabungan dua proyek bukanlah rata-rata IRR keduanya, sehingga penjumlahan dan pemeringkatan menjadi rumit dan rawan kesalahan. Sifat aditif NPV juga memungkinkan dekomposisi yang jelas: kontribusi setiap komponen manfaat atau biaya terhadap NPV total dapat ditelusuri secara terpisah, yang sangat membantu dalam komunikasi hasil dan dalam mengidentifikasi pendorong utama kelayakan suatu proyek lingkungan (Boardman et al., 2018).

Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) atau tingkat pengembalian internal adalah tingkat diskonto yang membuat NPV suatu proyek sama dengan nol. Dengan kata lain, IRR adalah nilai r yang memenuhi persamaan:

$$\sum \frac{B_t - C_t}{(1-IRR)^t} = 0$$

atau

$$IRR = r_1 + \left[\left(\frac{\sum NPV +}{(\sum NPV +) - (\sum NPV -)} \right) \times (r_2 - r_1) \right]$$

Keterangan:

IRR : *Internal Rate of Return*

r_1 : tingkat bunga (*Discount Rate*) yang menghasilkan $\sum NPV +$

r_2 : tingkat bunga (*Discount Rate*) yang menghasilkan $\sum NPV -$

$\sum NPV$: Jumlah NPV bernilai positif pada DF i_1

+

$\sum NPV$: $\sum NPV -$ = Jumlah NPV bernilai Negatif pada
- DF i_2

Secara intuitif, IRR menggambarkan tingkat hasil (*rate of return*) yang secara intrinsik dihasilkan oleh proyek itu sendiri (Gittinger, 1982; Campbell & Brown, 2016).

Kriteria keputusan untuk IRR adalah membandingkannya dengan tingkat diskonto sosial atau biaya peluang modal (*cut-off rate*). Suatu proyek dianggap layak apabila IRR lebih besar daripada tingkat diskonto yang relevan ($IRR > r$), karena hal ini menunjukkan bahwa proyek menghasilkan tingkat pengembalian yang melampaui biaya peluang sumber daya yang digunakan (Boardman et al., 2018). Keunggulan IRR adalah penyajiannya dalam bentuk persentase yang mudah dipahami dan dikomunikasikan kepada pengambil keputusan, serta tidak memerlukan penetapan tingkat diskonto terlebih dahulu dalam proses perhitungannya.

Namun, IRR mengandung sejumlah kelemahan teknis yang serius. Pertama, masalah IRR ganda (*multiple IRR*): apabila aliran kas bersih berganti tanda lebih dari sekali (misalnya proyek dengan biaya penutupan atau restorasi lingkungan yang besar di akhir umur proyek), persamaan IRR dapat memiliki lebih dari satu solusi atau bahkan tidak memiliki solusi riil sama sekali. Hal ini sangat relevan dalam proyek lingkungan yang sering melibatkan biaya reklamasi besar di tahun-tahun akhir (Boardman et al., 2018). Kedua, masalah peringkat yang keliru: ketika membandingkan proyek-proyek yang saling meniadakan dengan skala atau pola waktu aliran kas yang berbeda, peringkat berdasarkan IRR dapat berlawanan dengan peringkat berdasarkan NPV, dan dalam hal ini NPV-lah yang benar. Ketiga, IRR secara implisit mengasumsikan bahwa aliran kas antara dapat diinvestasikan kembali pada tingkat IRR itu sendiri, suatu asumsi yang sering tidak realistis (Just et al., 2004). Karena keterbatasan-keterbatasan ini, IRR sebaiknya digunakan sebagai pelengkap, bukan pengganti, kriteria NPV.

Rasio Manfaat-Biaya (*Benefit-Cost Ratio, B/C*)

Rasio manfaat-biaya (B/C ratio) adalah perbandingan antara nilai sekarang dari total manfaat dan nilai sekarang dari total biaya, yang dirumuskan sebagai:

$$BCR = \frac{\sum NPV +}{\sum NPV -}$$

Rasio ini mengukur besarnya manfaat yang diperoleh untuk setiap satu satuan biaya yang dikeluarkan, dalam nilai sekarang (Gittinger, 1982; Campbell & Brown, 2016). Kriteria keputusan untuk B/C adalah bahwa suatu proyek layak apabila rasio B/C lebih besar daripada satu ($B/C > 1$), yang berarti nilai sekarang manfaat melebihi nilai sekarang biaya. Perlu dicatat bahwa kriteria $B/C > 1$ secara matematis ekuivalen dengan kriteria $NPV > 0$ untuk keputusan menerima atau menolak proyek tunggal (Boardman et al., 2018). Keunggulan utama B/C adalah sifatnya yang menggambarkan efisiensi relatif (manfaat per unit biaya), sehingga berguna ketika anggaran terbatas dan analis perlu memeringkat proyek-proyek independen berdasarkan "nilai uang" (*value for money*) yang dihasilkan.

Kelemahan B/C yang paling sering disorot adalah sensitivitasnya terhadap konvensi penggolongan: apakah suatu dampak negatif diperlakukan sebagai biaya (pada penyebut) atau sebagai pengurang manfaat (pada pembilang) akan mengubah nilai rasio, meskipun tidak mengubah NPV. Misalnya, biaya operasi dan pemeliharaan dapat dikurangkan dari manfaat kotor sehingga menghasilkan rasio yang berbeda dibandingkan jika dimasukkan ke dalam total biaya. Ambiguitas ini membuat B/C kurang andal untuk memeringkat proyek-proyek yang saling meniadakan, karena rasio dapat dimanipulasi melalui pilihan konvensi (Boardman et al., 2018). Oleh karena itu, untuk pemilihan antar alternatif, NPV tetap lebih diandalkan, sementara B/C berguna terutama untuk penyaringan awal dan komunikasi efisiensi.

Kriteria penerimaan berbasis rasio ini dapat diringkaskan menjadi tiga keadaan: jika B/C lebih besar dari satu, nilai sekarang manfaat melebihi biaya sehingga proyek dinilai layak secara ekonomi; jika B/C sama dengan satu, manfaat dan biaya berimbang sehingga proyek berada pada ambang kelayakan dan keputusannya bergantung pada pertimbangan lain; dan jika B/C kurang dari satu, proyek tidak layak secara ekonomi (Čavlin et al., 2024). Dalam konteks investasi berkelanjutan, Čavlin et al. (2024) mengembangkan rasio manfaat-biaya keberlanjutan (*sustainability cost-benefit ratio*) yang memperluas cakupan manfaat dan biaya hingga mencakup dimensi ekonomi, ekologis, dan sosial, dengan komponen non-pasar dimonetisasi melalui harga bayangan maupun pendekatan biaya yang dihindari (*avoided cost*). Kerangka *Total Cost Assessment* yang mereka rujuk turut memasukkan kategori biaya yang kerap terlewat dalam analisis konvensional, seperti biaya kontinjensi (misalnya denda atau biaya remediasi di masa depan) serta biaya tak berwujud internal dan eksternal (misalnya kehilangan reputasi atau kerusakan ekologis yang ditanggung masyarakat). Sebagai pelengkap, indikator *Return on Sustainability Investment* (ROSI), yang dihitung sebagai selisih manfaat dan biaya dibagi biaya, digunakan untuk menilai proposisi nilai dari kriteria lingkungan, sosial, dan tata kelola *Environmental, Social, and Governance* (ESG); nilai ROSI yang positif menandakan bahwa manfaat keberlanjutan melampaui biaya yang dikeluarkan (Čavlin et al., 2024).

Payback Period

Payback period atau periode pengembalian adalah jangka waktu yang dibutuhkan agar akumulasi manfaat bersih suatu proyek menyamai investasi awal yang dikeluarkan. Dengan kata lain, *payback period* menunjukkan berapa lama waktu yang diperlukan untuk "mengembalikan" modal yang telah ditanamkan (Gittinger, 1982). Kriteria keputusannya adalah memilih proyek dengan *payback period* yang lebih pendek, atau menerima proyek yang *payback period*-nya berada di bawah ambang batas waktu tertentu yang ditetapkan pengambil keputusan.

$$PP = \frac{\text{Nilai Investasi}}{\text{Kas masuk bersih}} \times 1 \text{ tahun}$$

Daya tarik *payback period* terletak pada kesederhanaan dan kemudahan pemahamannya, serta kemampuannya memberikan indikasi kasar tentang risiko dan likuiditas proyek dengan pengembalian cepat dianggap kurang berisiko karena modal lebih cepat pulih. Namun, kriteria ini memiliki kelemahan mendasar. Pertama, dalam bentuk sederhananya, *payback period* sering mengabaikan nilai waktu uang, meskipun terdapat versi yang didiskontokan (*discounted payback period*). Kedua, dan yang paling serius, *payback period* sama sekali mengabaikan seluruh aliran kas yang terjadi setelah periode pengembalian tercapai (Boardman et al., 2018).

Kelemahan kedua ini sangat problematik dalam konteks proyek sumber daya alam dan lingkungan, yang manfaat utamanya justru sering kali baru terwujud dalam jangka panjang misalnya manfaat reboisasi, konservasi

tanah, atau perlindungan keanekaragaman hayati. Proyek-proyek semacam ini cenderung memiliki *payback period* yang panjang sehingga akan ditolak oleh kriteria ini, padahal NPV-nya bisa jadi sangat positif. Oleh karena itu, *payback period* tidak layak digunakan sebagai kriteria utama dalam BCA lingkungan, dan paling tepat diposisikan sebagai indikator pelengkap untuk menilai dimensi likuiditas dan risiko (Gittinger, 1982; Campbell & Brown, 2016; Boardman et al., 2018).

Untuk memperjelas perhitungan kriteria-kriteria investasi, berikut disajikan contoh numerik sederhana dari proyek reboisasi. Proyek ini memerlukan investasi awal sebesar Rp1.000 juta pada tahun ke-0, kemudian menghasilkan manfaat bersih (manfaat dikurangi biaya pemeliharaan) sebesar Rp300 juta per tahun pada tahun ke-1 hingga ke-5. Dengan tingkat diskonto 10% per tahun, nilai sekarang dari aliran manfaat bersih selama lima tahun adalah sekitar Rp1.137 juta, sehingga NPV proyek adalah sekitar Rp137 juta (= Rp1.137 juta – Rp1.000 juta). Karena NPV bernilai positif, proyek dinyatakan layak secara finansial. Rasio B/C dalam contoh ini adalah sekitar 1,14 lebih besar dari satu yang konsisten dengan kesimpulan NPV. Adapun IRR, yakni tingkat diskonto yang membuat NPV sama dengan nol, berada di sekitar 15,2%, melampaui tingkat diskonto yang disyaratkan sebesar 10%, sehingga semakin menegaskan kelayakan proyek (Gittinger, 1982; Campbell & Brown, 2016). Berdasarkan contoh kasus tersebut, untuk memperjelas perhitungannya dapat dibuat dalam bentuk Tabel 15.

Tabel 15. Perhitungan nilai NPV, IRR dan B/C

Tahun (t)	Manfaat Bersih (Rp juta)	Arus Kas (Rp juta)	Faktor Diskonto $1/(1+r)^t$	PV Arus Kas (Rp juta)	NPV Kumulatif
0 (awal)	—	-1000.00	1,0000	-1000.00	-1000.00
1	300.00	300.00	0.9091	272.73	-727.27
2	300.00	300.00	0.8264	247.93	-479.34
3	300.00	300.00	0.7513	225.39	-253.94
4	300.00	300.00	0.6830	204.90	-49.04
5	300.00	300.00	0.6209	186.28	137.24
NPV				137.24	+137.24

Rasio B/C = 1,14

IRR = 15,2%

Kelayakan = Layak

Catatan: Arus kas tahun ke-0 mencerminkan investasi awal (negatif). Tahun ke-1 s.d. ke-5 mencerminkan manfaat bersih tahunan. PV = *Present Value*.

Contoh tersebut memperlihatkan bahwa untuk proyek tunggal dengan pola aliran kas konvensional (satu kali investasi di awal diikuti aliran manfaat positif), ketiga kriteria NPV, B/C, dan IRR memberikan kesimpulan yang konsisten mengenai kelayakan. Konsistensi ini tidak selalu terjadi ketika analisis harus memeringkat beberapa proyek yang saling meniadakan. Misalkan terdapat dua proyek alternatif: Proyek A berskala kecil dengan NPV 137 juta dan IRR 15%, serta Proyek B berskala besar dengan NPV 250 juta tetapi IRR hanya 13%. Kriteria IRR akan memilih Proyek A, sedangkan kriteria NPV akan memilih Proyek B. Dalam situasi ini, NPV-lah yang memberikan jawaban benar, karena tujuan akhir adalah memaksimalkan manfaat bersih sosial absolut, bukan memaksimalkan tingkat persentase pengembalian. Inilah salah satu alasan fundamental mengapa NPV diunggulkan sebagai kriteria utama (Boardman et al., 2018).

Dalam situasi penjatahan modal (*capital rationing*), yaitu ketika anggaran terbatas sehingga tidak semua proyek dengan NPV positif dapat dibiayai, peran rasio B/C menjadi lebih menonjol. Dalam kondisi ini, pengambil keputusan perlu memaksimalkan total NPV yang dapat diperoleh dari anggaran yang tersedia, yang dicapai dengan memeringkat proyek-proyek berdasarkan rasio NPV terhadap biaya investasi (yang berkaitan erat dengan rasio B/C), bukan berdasarkan NPV absolut semata. Dengan demikian, B/C dan ukuran efisiensi sejenisnya memiliki peran praktis yang sah dalam konteks alokasi anggaran yang terkendala, melengkapi bukan meng-

gantikan peran NPV sebagai indikator kelayakan dasar (Boardman et al., 2018).

Terdapat pula kriteria turunan dan varian yang kadang digunakan dalam praktik untuk mengatasi kelemahan kriteria dasar. Modified Internal Rate of Return (MIRR) dikembangkan untuk mengatasi masalah asumsi reinvestasi dan IRR ganda, dengan secara eksplisit mengasumsikan tingkat reinvestasi yang lebih realistis. Equivalent Annual Net Benefit mengonversi NPV menjadi aliran manfaat bersih tahunan yang setara, sehingga berguna untuk membandingkan proyek-proyek dengan umur yang berbeda. Net Benefit Investment Ratio menyajikan rasio nilai sekarang manfaat bersih operasional terhadap nilai sekarang investasi, yang berguna dalam pemeringkatan di bawah kendala anggaran. Meskipun varian-varian ini memiliki kegunaan dalam situasi spesifik, semuanya pada dasarnya merupakan turunan dari prinsip nilai sekarang yang sama yang melandasi NPV (Gittinger, 1982; Campbell & Brown, 2016).

Dalam penerapan praktis pada proyek sumber daya alam dan lingkungan di Indonesia maupun negara berkembang lainnya, sejumlah tantangan khusus kerap dihadapi. Pertama, keterbatasan data, baik data biofisik mengenai dampak lingkungan maupun data ekonomi untuk valuasi, sering memaksa analis mengandalkan transfer manfaat (*benefit transfer*), yaitu mengadaptasi estimasi nilai dari studi di lokasi lain, dengan segala keterbatasan validitasnya. Kedua, distorsi pasar yang signifikan seperti subsidi energi, harga yang dikendalikan,

dan pasar tenaga kerja yang tidak sempurna menuntut penyesuaian harga bayangan yang cermat. Ketiga, lemahnya penegakan hak properti atas sumber daya alam menimbulkan ketidakjelasan dalam penetapan titik acuan untuk pengukuran kesejahteraan. Kesadaran atas tantangan-tantangan kontekstual ini penting agar penerapan BCA tidak bersifat mekanistik, melainkan disesuaikan dengan realitas kelembagaan dan ketersediaan data setempat (Gittinger, 1982; Belli et al., 2001; Pearce et al., 2006).

Kerangka pengambilan keputusan yang utuh juga menuntut kejelasan mengenai bagaimana hasil BCA dikomunikasikan dan digunakan. Sebuah laporan BCA yang baik tidak hanya menyajikan angka NPV tunggal, tetapi juga: menjelaskan secara transparan seluruh asumsi kunci beserta dasar pemilihannya; menyajikan rentang hasil melalui analisis sensitivitas; memisahkan dan menjelaskan dampak distribusi terhadap kelompok-kelompok yang berbeda; mengidentifikasi secara eksplisit dampak-dampak yang tidak berhasil dimonetisasi beserta arah dan perkiraan magnitudonya; dan merumuskan rekomendasi yang mempertimbangkan keterbatasan analisis. Dengan format pelaporan yang komprehensif demikian, BCA memenuhi fungsinya sebagai instrumen yang meningkatkan kualitas, transparansi, dan akuntabilitas pengambilan keputusan publik, alih-alih sekadar memberikan justifikasi teknokratis bagi keputusan yang telah ditetapkan sebelumnya (Boardman et al., 2018; Hanley et al., 2019).

Khusus untuk proyek lingkungan, kompleksitas tambahan muncul dari pola aliran kas yang tidak konvensional. Banyak proyek ekstraktif atau industri menimbulkan biaya restorasi atau penutupan (*decommissioning*) yang sangat besar di akhir umur proyek, seperti reklamasi lahan bekas tambang atau pengelolaan limbah jangka panjang. Pola ini menghasilkan aliran kas yang berganti tanda lebih dari sekali negatif di awal, positif selama operasi, lalu negatif lagi di akhir yang persis merupakan kondisi pemicu masalah IRR ganda. Dalam kasus semacam ini, IRR menjadi tidak dapat diandalkan sama sekali, dan NPV menjadi satu-satunya kriteria yang tetap memberikan jawaban yang jelas dan benar. Hal ini memperkuat posisi NPV sebagai kriteria pilihan dalam BCA lingkungan (Boardman et al., 2018).

Analisis sensitivitas dan analisis risiko merupakan pelengkap yang tidak terpisahkan dari penerapan kriteria investasi apa pun. Mengingat bahwa BCA lingkungan sarat dengan ketidakpastian baik dalam proyeksi dampak fisik, estimasi nilai non-pasar, maupun pemilihan tingkat diskonto penyajian hasil dalam bentuk angka tunggal dapat menyesatkan. Praktik yang baik menuntut analisis untuk menguji bagaimana kesimpulan berubah ketika parameter-parameter kunci divariasikan dalam rentang yang masuk akal (analisis sensitivitas), mengidentifikasi parameter mana yang paling menentukan (analisis sensitivitas terhadap variabel switching), dan idealnya menyajikan distribusi kemungkinan hasil melalui simulasi seperti Monte Carlo (analisis risiko). Dengan cara ini, pengambil keputusan memperoleh gambaran yang jujur

tentang tingkat keyakinan terhadap rekomendasi yang diberikan (Hanley et al., 2019).

Akhirnya, perlu ditegaskan bahwa BCA, betapapun canggihnya, tetaplah sebuah alat bantu pengambilan keputusan, bukan pengganti pertimbangan politik dan etis yang lebih luas. Hasil BCA memberikan informasi penting tentang efisiensi ekonomi suatu pilihan, tetapi keputusan akhir sering kali harus mempertimbangkan pula aspek-aspek yang sulit atau tidak pantas dimonetisasi, seperti keadilan distribusi, hak asasi, keberlanjutan ekologis, dan nilai-nilai budaya. Dalam konteks lingkungan, prinsip keberlanjutan dan kehati-hatian menuntut agar BCA dilengkapi dengan pertimbangan atas batas-batas ekologis kritis (*critical natural capital*) yang tidak boleh dilampaui berapa pun manfaat ekonominya. Dengan menyadari batas-batas ini, BCA dapat berperan sebagai instrumen yang memperkaya, bukan menggantikan, proses deliberasi publik yang demokratis dalam pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan (Pearce et al., 2006; Hanley et al., 2019).

Kriteria yang Dipilih

Dari uraian keempat kriteria di atas, muncul pertanyaan praktis: kriteria mana yang sebaiknya dijadikan acuan utama dalam pengambilan keputusan? Konsensus dalam literatur ekonomi terapan menempatkan *Net Present Value* (NPV) sebagai kriteria yang paling tepat dan andal untuk pengambilan keputusan investasi publik, termasuk dalam konteks sumber daya alam dan lingkungan (Boardman et al., 2018; Just et al., 2004).

Terdapat beberapa alasan kuat di balik pemilihan NPV sebagai kriteria utama. Pertama, NPV merupakan satu-satunya kriteria yang secara langsung mengukur kontribusi proyek terhadap kesejahteraan sosial dalam satuan moneter absolut, sejalan dengan landasan teoretis BCA pada prinsip kompensasi Kaldor-Hicks. Kedua, NPV memberikan peringkat yang benar ketika memilih di antara alternatif yang saling meniadakan, di mana IRR dan B/C dapat menyesatkan. Ketiga, NPV bersifat aditif dan tidak terpengaruh oleh ambiguitas penggolongan biaya yang menjangkiti B/C, maupun oleh masalah solusi ganda yang menjangkiti IRR (Boardman et al., 2018).

Meskipun demikian, hal ini tidak berarti kriteria lain harus diabaikan sepenuhnya. Praktik terbaik menyarankan penggunaan NPV sebagai kriteria keputusan utama, sembari melaporkan IRR dan B/C sebagai informasi pelengkap yang memperkaya pemahaman pengambil keputusan. IRR berguna untuk mengomunikasikan tingkat hasil proyek dalam bentuk persentase yang intuitif, B/C berguna untuk menggambarkan efisiensi penggunaan anggaran terutama dalam kondisi keterbatasan dana, dan *payback period* memberikan indikasi tentang likuiditas serta risiko (Gittinger, 1982; Campbell & Brown, 2016). Yang terpenting, apa pun kriteria yang digunakan, hasil BCA harus selalu disertai analisis sensitivitas terhadap parameter kunci terutama tingkat diskonto dan estimasi nilai dampak lingkungan yang tidak berwujud serta pembahasan eksplisit mengenai aspek distribusi dan ketidakpastian yang tidak tertangkap dalam angka tunggal (Hanley et al., 2019).

Pemahaman atas keterkaitan logis antar kriteria juga penting untuk menghindari kesalahan interpretasi yang umum terjadi. Sebagaimana telah disinggung, kriteria B/C lebih besar dari satu, NPV lebih besar dari nol, dan IRR lebih besar dari tingkat diskonto, ketiganya akan selalu memberikan kesimpulan kelayakan yang sama untuk satu proyek tunggal dengan aliran kas konvensional. Hubungan ekuivalensi ini bersumber dari fakta bahwa ketiganya merupakan transformasi matematis yang berbeda atas informasi dasar yang sama, yaitu profil aliran manfaat dan biaya yang didiskontokan. Oleh karena itu, perbedaan rekomendasi antarkriteria hanya muncul dalam dua situasi spesifik, yakni ketika memeringkat proyek yang saling meniadakan dan ketika menghadapi aliran kas yang tidak konvensional. Mengenali kapan kriteria-kriteria ini sepakat dan kapan berselisih merupakan keterampilan analitis yang esensial bagi praktisi BCA (Boardman et al., 2018; Campbell & Brown, 2016; Gittinger, 1982).

Dalam konteks sumber daya alam dan lingkungan secara khusus, pemilihan dan penerapan kriteria harus memperhatikan beberapa pertimbangan tambahan. Horizon waktu yang panjang menuntut kehati-hatian ekstra dalam pemilihan tingkat diskonto, dengan mempertimbangkan opsi tingkat diskonto yang menurun untuk dampak antar generasi. Besarnya komponen manfaat dan biaya tidak berwujud menuntut penerapan teknik valuasi non-pasar yang kredibel. Kemungkinan adanya dampak yang tidak dapat dipulihkan (*irreversibility*) dan ketidakpastian yang besar menuntut pertimbangan atas nilai pilihan (*option value*) dan

penerapan prinsip kehati-hatian (*precautionary principle*). Dengan demikian, BCA dalam ranah lingkungan bukan sekadar latihan aritmetika kriteria investasi, melainkan suatu proses penilaian yang menuntut kecermatan teoretis, kejujuran asumsi, dan transparansi dalam mengomunikasikan keterbatasan (Pearce et al., 2006; Hanley et al., 2019).

Sebagai penutup pembahasan implementasi, perlu ditekankan kembali bahwa pemilihan kriteria yang dipilih tidak boleh dilepaskan dari tujuan analisis. Apabila tujuannya adalah menentukan kelayakan absolut suatu proyek tunggal, NPV positif merupakan kriteria yang memadai dan tepat. Apabila tujuannya memilih satu dari beberapa alternatif yang saling meniadakan, NPV tertinggi menjadi acuan. Apabila tujuannya mengalokasikan anggaran terbatas di antara banyak proyek independen, pemeringkatan berbasis rasio efisiensi menjadi relevan. Dan apabila pertimbangan likuiditas atau risiko jangka pendek menjadi penting, *payback period* dapat memberikan informasi pelengkap. Dengan demikian, alih-alih mencari satu kriteria tunggal yang superior dalam segala situasi, analisis yang bijaksana memahami kekuatan dan keterbatasan setiap kriteria serta memilih kombinasi yang paling sesuai dengan pertanyaan keputusan yang dihadapi, dengan NPV sebagai jangkar utama analisis (Boardman et al., 2018; Hanley et al., 2019).

BAB VII

EKONOMI PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

Dalam perspektif ekonomi pembangunan, sumber daya alam memiliki dua fungsi utama. Pertama, sebagai faktor produksi yang digunakan untuk menghasilkan barang dan jasa. Kedua, sebagai penyedia jasa lingkungan seperti penyedia udara bersih, pengatur iklim, penyedia air, dan pelindung ekosistem. Oleh karena itu, kerusakan lingkungan akan memberikan dampak langsung terhadap kehidupan ekonomi masyarakat. Pembangunan ekonomi yang tidak memperhatikan kelestarian lingkungan dapat menimbulkan berbagai masalah seperti pencemaran, kerusakan lahan, perubahan iklim, hingga penurunan kualitas hidup masyarakat. Oleh sebab itu, konsep pembangunan berkelanjutan muncul sebagai solusi agar pembangunan ekonomi tetap berjalan tanpa merusak lingkungan. Konsep ini menekankan keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Dalam sektor pertanian, SDAL menjadi komponen yang sangat penting karena kegiatan pertanian sangat bergantung pada tanah, air, iklim, dan biodiversitas. Ketika sumber daya tersebut mengalami kerusakan, maka produktivitas pertanian juga akan menurun. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan yang baik menjadi syarat utama dalam

mewujudkan pertanian berkelanjutan. Selain itu, perkembangan ilmu ekonomi lingkungan juga memperlihatkan bahwa lingkungan memiliki nilai ekonomi yang sering kali tidak diperhitungkan dalam aktivitas pembangunan. Sebagai contoh, kerusakan hutan akibat pembukaan lahan pertanian dapat mengurangi kemampuan tanah menyimpan air dan meningkatkan risiko banjir. Dampak tersebut menimbulkan biaya sosial dan ekonomi yang besar bagi Masyarakat. Dengan demikian, SDAL tidak hanya dipandang sebagai aset ekonomi semata, tetapi juga sebagai penyangga kehidupan yang harus dijaga keberlangsungannya. Pengelolaan SDAL yang baik akan menciptakan keseimbangan antara kebutuhan manusia dan kelestarian lingkungan sehingga pembangunan dapat berlangsung secara berkelanjutan.

❖ **Jenis Sumber Daya Alam**

Sumber daya alam dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa kategori, di antaranya berdasarkan sifat, ketersediaan, dan potensi pemanfaatannya. Pengelompokan ini penting untuk menentukan strategi pengelolaan yang tepat agar pemanfaatannya tidak menimbulkan kerusakan lingkungan.

Sumber Daya Alam Berdasarkan Sifatnya

Berdasarkan sifatnya, sumber daya alam dibagi menjadi sumber daya alam hayati dan nonhayati.

a. Sumber Daya Alam Hayati

Sumber daya alam hayati merupakan sumber daya yang berasal dari makhluk hidup seperti tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Contohnya meliputi tanaman pangan, hutan, ternak, ikan, dan hasil pertanian lainnya. Sumber daya ini memiliki kemampuan untuk berkembang biak sehingga termasuk sumber daya yang dapat diperbarui apabila dikelola dengan baik.

Dalam sektor pertanian, sumber daya hayati menjadi komponen utama produksi. Tanaman padi, jagung, kedelai, dan berbagai komoditas hortikultura merupakan contoh sumber daya hayati yang memiliki nilai ekonomi tinggi bagi masyarakat.

b. Sumber Daya Alam Nonhayati

Sumber daya alam nonhayati merupakan sumber daya yang berasal dari benda mati seperti tanah, air, udara, mineral, minyak bumi, dan batu bara. Sebagian besar sumber daya nonhayati memiliki jumlah terbatas dan membutuhkan waktu sangat lama untuk terbentuk kembali. Tanah dan air merupakan sumber daya nonhayati yang sangat penting dalam pertanian. Kesuburan tanah menentukan tingkat produktivitas tanaman, sedangkan ketersediaan air sangat memengaruhi keberhasilan usaha tani.

Sumber Daya Alam Berdasarkan Ketersediaannya

Berdasarkan ketersediaannya, sumber daya alam dibedakan menjadi sumber daya alam yang dapat diperbarui dan tidak dapat diperbarui.

a. Sumber Daya Alam Dapat Diperbarui

Sumber daya alam dapat diperbarui merupakan sumber daya yang dapat pulih kembali melalui proses alami dalam waktu relatif singkat. Contohnya meliputi air, tumbuhan, hewan, sinar matahari, dan angin.

Walaupun dapat diperbarui, sumber daya ini tetap dapat mengalami kerusakan apabila dieksploitasi secara berlebihan. Sebagai contoh, penggunaan pestisida berlebihan dapat merusak kualitas tanah dan menurunkan keanekaragaman hayati.

b. Sumber Daya Alam Tidak Dapat Diperbarui

Sumber daya alam tidak dapat diperbarui merupakan sumber daya yang jumlahnya terbatas dan membutuhkan waktu sangat lama untuk terbentuk kembali. Contohnya minyak bumi, batu bara, gas alam, dan berbagai jenis mineral.

Eksploitasi sumber daya tidak terbarukan secara berlebihan dapat menyebabkan kelangkaan sumber daya dan kerusakan lingkungan. Oleh sebab itu, diperlukan kebijakan pengelolaan yang bijaksana agar pemanfaatannya tetap efisien dan berkelanjutan.

❖ Hubungan Manusia, Ekonomi, dan Lingkungan

Hubungan antara manusia, ekonomi, dan lingkungan bersifat saling memengaruhi dan tidak dapat dipisahkan. Aktivitas ekonomi manusia sangat bergantung pada lingkungan sebagai penyedia sumber daya dan tempat pembuangan limbah. Sebaliknya, kondisi lingkungan juga dipengaruhi oleh aktivitas ekonomi yang dilakukan

manusia. Dalam ilmu ekonomi klasik, pembangunan sering kali hanya difokuskan pada peningkatan produksi dan pertumbuhan ekonomi tanpa mempertimbangkan dampak lingkungan. Akibatnya, terjadi berbagai permasalahan seperti pencemaran air, kerusakan hutan, penurunan kualitas tanah, dan perubahan iklim. Konsep ekonomi lingkungan kemudian berkembang untuk menjelaskan bahwa lingkungan memiliki nilai ekonomi yang harus diperhitungkan dalam proses pembangunan. Kerusakan lingkungan dapat menimbulkan biaya sosial yang besar seperti menurunnya kesehatan masyarakat, berkurangnya produktivitas pertanian, dan meningkatnya risiko bencana alam.

Hubungan manusia dengan lingkungan juga terlihat dari meningkatnya kebutuhan manusia terhadap sumber daya alam seiring pertumbuhan penduduk. Semakin tinggi jumlah penduduk, maka kebutuhan pangan, energi, dan lahan juga meningkat. Kondisi ini menyebabkan tekanan terhadap lingkungan menjadi semakin besar. Dalam sektor pertanian, hubungan tersebut tampak jelas pada penggunaan lahan dan air untuk kegiatan produksi. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang berlebihan memang dapat meningkatkan hasil produksi dalam jangka pendek, tetapi dalam jangka panjang dapat menyebabkan degradasi tanah dan pencemaran lingkungan.

Konsep pembangunan berkelanjutan hadir sebagai pendekatan yang menekankan pentingnya keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan kelestarian lingkungan. Pembangunan berkelanjutan bertujuan memenuhi kebutuhan generasi sekarang tanpa mengurangi

kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya sendiri. Pembangunan yang berkelanjutan harus memperhatikan tiga aspek utama, yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan. Ketiga aspek tersebut dikenal dengan istilah triple bottom line. Pendekatan ini menekankan bahwa keberhasilan pembangunan tidak hanya diukur dari pertumbuhan ekonomi, tetapi juga dari kesejahteraan sosial dan kualitas lingkungan.

❖ **Peran SDAL dalam Pembangunan Pertanian**

Sektor pertanian merupakan sektor yang sangat bergantung pada keberadaan sumber daya alam dan lingkungan. Tanah, air, iklim, udara, serta biodiversitas menjadi faktor utama yang menentukan keberhasilan produksi pertanian. Oleh karena itu, pengelolaan SDAL yang baik sangat penting dalam mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan. Tanah merupakan faktor produksi utama dalam pertanian. Kesuburan tanah menentukan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara sehingga memengaruhi tingkat produktivitas. Kerusakan tanah akibat erosi, penggunaan bahan kimia berlebihan, dan alih fungsi lahan dapat menyebabkan penurunan hasil pertanian. Air juga memiliki peran penting dalam mendukung kegiatan pertanian. Ketersediaan air irigasi yang cukup akan meningkatkan produktivitas tanaman dan menjaga stabilitas produksi pangan. Namun, perubahan iklim dan pencemaran air menjadi tantangan besar dalam pengelolaan sumber daya air pertanian.

Selain tanah dan air, keanekaragaman hayati juga memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pertanian. Keberadaan organisme alami seperti serangga penyerbuk dan mikroorganisme tanah membantu menjaga produktivitas pertanian secara alami. Dalam konteks pembangunan ekonomi, sektor pertanian memiliki kontribusi besar terhadap penyediaan pangan, penyerapan tenaga kerja, dan peningkatan pendapatan masyarakat pedesaan. Oleh sebab itu, pembangunan pertanian harus dilakukan dengan memperhatikan keberlanjutan sumber daya alam agar manfaatnya dapat dirasakan dalam jangka panjang. Konsep pertanian berkelanjutan menjadi salah satu solusi dalam menjaga keseimbangan antara peningkatan produksi dan kelestarian lingkungan. Pertanian berkelanjutan menekankan penggunaan teknologi ramah lingkungan, konservasi tanah dan air, serta efisiensi penggunaan input produksi.

Pengelolaan SDAL yang berkelanjutan juga dapat mendukung ketahanan pangan nasional. Ketahanan pangan tidak hanya berkaitan dengan ketersediaan pangan, tetapi juga stabilitas produksi dan akses masyarakat terhadap pangan yang berkualitas. Di Indonesia, tantangan pembangunan pertanian semakin kompleks akibat perubahan iklim, alih fungsi lahan, dan meningkatnya kebutuhan pangan. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan yang mampu mengintegrasikan aspek ekonomi dan lingkungan dalam pembangunan pertanian. Dengan pengelolaan SDAL yang baik, sektor pertanian tidak hanya mampu meningkatkan produksi dan

pendapatan masyarakat, tetapi juga menjaga kelestarian lingkungan untuk generasi mendatang. Hal ini menunjukkan bahwa pembangunan pertanian yang berkelanjutan menjadi kunci utama dalam mencapai kesejahteraan masyarakat sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem.

❖ Konsep Ekonomi Pembangunan Berkelanjutan

Pengertian Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan merupakan suatu proses perubahan yang dilakukan secara terencana untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Dalam praktiknya, pembangunan tidak hanya berfokus pada pertumbuhan ekonomi, tetapi juga mencakup aspek sosial, budaya, dan lingkungan. Seiring meningkatnya aktivitas pembangunan di berbagai negara, muncul berbagai permasalahan lingkungan seperti pencemaran, kerusakan hutan, perubahan iklim, dan eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan. Kondisi tersebut kemudian melahirkan konsep pembangunan berkelanjutan sebagai upaya menjaga keseimbangan antara pembangunan ekonomi dan kelestarian lingkungan.

Konsep pembangunan berkelanjutan atau *sustainable development* mulai dikenal secara luas setelah diterbitkannya laporan *Our Common Future* oleh United Nations melalui World Commission on Environment and Development (WCED) pada tahun 1987. Dalam laporan tersebut dijelaskan bahwa: *"Sustainable development is development that meets the needs of the present without*

compromising the ability of future generations to meet their own needs."

Definisi tersebut menjelaskan bahwa pembangunan berkelanjutan merupakan pembangunan yang mampu memenuhi kebutuhan generasi masa kini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya sendiri. Konsep ini menekankan pentingnya keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan sosial, dan kelestarian lingkungan. Dalam perspektif ekonomi sumber daya alam dan lingkungan, pembangunan berkelanjutan muncul sebagai respons terhadap pola pembangunan konvensional yang cenderung mengeksploitasi sumber daya alam secara berlebihan.

Pembangunan berkelanjutan memiliki hubungan erat dengan pengelolaan sumber daya alam. Sumber daya alam merupakan modal utama dalam kegiatan ekonomi, terutama pada sektor pertanian, kehutanan, perikanan, dan pertambangan. Namun, sumber daya alam memiliki keterbatasan sehingga pemanfaatannya harus dilakukan secara bijaksana agar tetap tersedia bagi generasi mendatang. Dalam konteks pertanian, pembangunan berkelanjutan bertujuan menciptakan sistem pertanian yang produktif, efisien, dan ramah lingkungan. Pertanian tidak hanya dituntut mampu menghasilkan pangan dalam jumlah cukup, tetapi juga harus menjaga kesuburan tanah, ketersediaan air, serta keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, konsep pertanian berkelanjutan menjadi bagian penting dalam pembangunan ekonomi modern.

Pembangunan berkelanjutan juga menekankan pentingnya pemerataan sosial. Pertumbuhan ekonomi yang tinggi tidak akan bermakna apabila masih terjadi ketimpangan pendapatan, kemiskinan, dan kerusakan lingkungan. Dengan demikian, pembangunan berkelanjutan tidak hanya berorientasi pada keuntungan ekonomi, tetapi juga pada peningkatan kualitas hidup masyarakat secara menyeluruh. Selain itu, pembangunan berkelanjutan menempatkan lingkungan sebagai bagian integral dari proses pembangunan. Lingkungan tidak lagi dipandang sebagai objek eksploitasi semata, melainkan sebagai sistem penyangga kehidupan yang harus dijaga keberlangsungannya. Pendekatan ini menjadi dasar lahirnya berbagai kebijakan lingkungan, konservasi sumber daya alam, dan pengembangan teknologi ramah lingkungan di berbagai negara.

Sejarah *Sustainable Development*

Konsep pembangunan berkelanjutan berkembang melalui proses panjang yang dipengaruhi oleh berbagai peristiwa global terkait lingkungan dan pembangunan ekonomi. Pada awal abad ke-20, pembangunan ekonomi di berbagai negara lebih berorientasi pada industrialisasi dan peningkatan produksi. Fokus utama pembangunan saat itu adalah pertumbuhan ekonomi tanpa memperhatikan dampak lingkungan yang ditimbulkan. Akibatnya, berbagai masalah lingkungan mulai muncul seperti pencemaran udara, pencemaran air, kerusakan hutan, dan menurunnya kualitas lingkungan hidup. Revolusi industri yang terjadi di berbagai negara menyebabkan eksploitasi

sumber daya alam secara besar-besaran. Pertumbuhan industri memang meningkatkan kesejahteraan ekonomi, tetapi di sisi lain juga memperparah kerusakan lingkungan. Kesadaran global terhadap pentingnya perlindungan lingkungan mulai meningkat pada tahun 1960-an. Salah satu karya yang berpengaruh besar adalah buku *Silent Spring* karya Rachel Carson yang diterbitkan pada tahun 1962. Buku tersebut mengungkap dampak negatif penggunaan pestisida terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Karya ini menjadi titik awal meningkatnya perhatian dunia terhadap isu lingkungan.

Pada tahun 1972, United Nations menyelenggarakan Konferensi Stockholm tentang Lingkungan Hidup Manusia. Konferensi ini menjadi momentum penting dalam perkembangan konsep pembangunan berkelanjutan karena untuk pertama kalinya isu lingkungan dibahas secara global. Konferensi tersebut menghasilkan deklarasi mengenai pentingnya perlindungan lingkungan dalam proses pembangunan. Selanjutnya, pada tahun 1983 dibentuk *World Commission on Environment and Development* (WCED) yang dipimpin oleh Gro Harlem Brundtland. Komisi ini bertugas merumuskan strategi pembangunan global yang memperhatikan keseimbangan antara ekonomi dan lingkungan. Hasil kerja komisi tersebut diterbitkan dalam laporan *Our Common Future* pada tahun 1987 yang memperkenalkan istilah *sustainable development* secara resmi. Konsep pembangunan berkelanjutan semakin berkembang setelah diselenggarakannya Earth Summit di Rio de Janeiro pada tahun 1992. Pertemuan ini menghasilkan Agenda 21 yang

berisi rencana aksi global untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan di berbagai sektor, termasuk pertanian, kehutanan, dan pengelolaan sumber daya alam.

Perkembangan selanjutnya terjadi pada tahun 2000 ketika United Nations menetapkan *Millennium Development Goals* (MDGs). Program ini bertujuan mengurangi kemiskinan, meningkatkan pendidikan, dan menjaga kelestarian lingkungan. Kemudian pada tahun 2015, MDGs disempurnakan menjadi Sustainable Development Goals (SDGs) yang terdiri atas 17 tujuan pembangunan global. SDGs menjadi pedoman utama pembangunan berkelanjutan di berbagai negara hingga tahun 2030. Tujuan tersebut mencakup berbagai aspek seperti pengentasan kemiskinan, ketahanan pangan, pendidikan, kesehatan, energi bersih, dan perlindungan lingkungan. Dalam sektor pertanian, SDGs menekankan pentingnya pembangunan pertanian berkelanjutan untuk mendukung ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat. Perkembangan konsep pembangunan berkelanjutan menunjukkan bahwa pembangunan ekonomi dan lingkungan tidak dapat dipisahkan. Keberhasilan pembangunan tidak hanya diukur dari pertumbuhan ekonomi, tetapi juga dari kemampuan menjaga keseimbangan lingkungan dan meningkatkan kualitas hidup Masyarakat.

Triple Bottom Line

Salah satu konsep penting dalam pembangunan berkelanjutan adalah *triple bottom line*. Konsep ini diperkenalkan oleh John Elkington pada tahun 1997. *Triple*

bottom line menjelaskan bahwa keberhasilan pembangunan atau bisnis tidak hanya diukur dari keuntungan ekonomi, tetapi juga dari dampaknya terhadap sosial dan lingkungan.

Konsep *triple bottom line* terdiri atas tiga aspek utama, yaitu:

a. *Profit* (Ekonomi)

Aspek ekonomi berkaitan dengan kemampuan pembangunan dalam menciptakan pertumbuhan ekonomi, meningkatkan pendapatan masyarakat, dan menciptakan lapangan kerja. Dalam sektor pertanian, aspek ekonomi terlihat dari peningkatan produktivitas, pendapatan petani, dan stabilitas produksi pangan.

Namun, pembangunan ekonomi yang berkelanjutan tidak hanya mengejar keuntungan jangka pendek. Pemanfaatan sumber daya alam harus dilakukan secara efisien agar tidak menyebabkan kerusakan lingkungan yang dapat merugikan ekonomi di masa depan.

b. *People* (Sosial)

Aspek sosial berkaitan dengan kesejahteraan masyarakat, pemerataan pendapatan, pendidikan, kesehatan, dan partisipasi masyarakat dalam pembangunan. Pembangunan berkelanjutan harus mampu meningkatkan kualitas hidup masyarakat secara adil dan merata.

Dalam konteks pertanian, aspek sosial mencakup peningkatan kesejahteraan petani, pemberdayaan masyarakat desa, dan penciptaan kesempatan kerja di sektor pertanian. Ketimpangan sosial dan kemiskinan

dapat menjadi hambatan dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan.

c. *Planet* (Lingkungan)

Aspek lingkungan berkaitan dengan upaya menjaga kelestarian sumber daya alam dan mengurangi dampak negatif pembangunan terhadap lingkungan. Pengelolaan lingkungan yang baik akan menjaga keberlangsungan ekosistem dan kualitas hidup manusia.

Pada sektor pertanian, aspek lingkungan meliputi konservasi tanah, pengelolaan air, pengurangan penggunaan pestisida kimia, serta perlindungan keanekaragaman hayati. Pertanian yang tidak ramah lingkungan dapat menyebabkan degradasi lahan dan pencemaran lingkungan.

Konsep *triple bottom line* menegaskan bahwa ketiga aspek tersebut harus berjalan secara seimbang. Pertumbuhan ekonomi yang tinggi tetapi merusak lingkungan tidak dapat dikatakan berkelanjutan. Begitu pula pembangunan yang mengabaikan kesejahteraan masyarakat akan menimbulkan ketimpangan sosial.

Prinsip Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan memiliki beberapa prinsip utama yang menjadi dasar dalam perumusan kebijakan pembangunan. Prinsip-prinsip tersebut bertujuan menciptakan keseimbangan antara kebutuhan ekonomi, sosial, dan lingkungan.

- a. Prinsip Keadilan Antar Generasi
Prinsip ini menekankan bahwa generasi sekarang memiliki tanggung jawab menjaga sumber daya alam agar tetap dapat dimanfaatkan oleh generasi mendatang. Eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan akan mengurangi hak generasi masa depan.
- b. Prinsip Keadilan Sosial
Pembangunan harus memberikan manfaat secara adil kepada seluruh masyarakat tanpa diskriminasi. Kesejahteraan ekonomi harus dirasakan oleh semua kelompok masyarakat, termasuk masyarakat pedesaan dan petani kecil.
- c. Prinsip Pelestarian Lingkungan
Pemanfaatan sumber daya alam harus memperhatikan daya dukung lingkungan. Setiap aktivitas pembangunan harus meminimalkan kerusakan lingkungan dan menjaga keseimbangan ekosistem.
- d. Prinsip Partisipasi Masyarakat
Masyarakat harus dilibatkan dalam proses pembangunan dan pengambilan keputusan. Partisipasi masyarakat penting untuk menciptakan pembangunan yang sesuai dengan kebutuhan lokal.
- e. Prinsip Efisiensi Pemanfaatan Sumber Daya
Sumber daya alam harus dimanfaatkan secara efisien dan bertanggung jawab agar tidak terjadi pemborosan. Penggunaan teknologi ramah lingkungan menjadi salah satu upaya dalam meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya.

Prinsip-prinsip tersebut menjadi dasar dalam pembangunan pertanian berkelanjutan. Dengan menerapkan prinsip pembangunan berkelanjutan, sektor pertanian diharapkan mampu meningkatkan produksi pangan tanpa merusak lingkungan.

Tujuan SDGs dalam Pertanian

Pada tahun 2015, United Nations menetapkan Sustainable Development Goals (SDGs) sebagai agenda pembangunan global hingga tahun 2030. SDGs terdiri atas 17 tujuan yang bertujuan menciptakan pembangunan yang inklusif dan berkelanjutan.

Dalam sektor pertanian, beberapa tujuan SDGs memiliki keterkaitan langsung, antara lain:

a. Tanpa Kemiskinan (Goal 1)

Sektor pertanian memiliki peran penting dalam mengurangi kemiskinan, terutama di wilayah pedesaan. Peningkatan produktivitas dan pendapatan petani dapat membantu meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

b. Tanpa Kelaparan (Goal 2)

Tujuan ini menekankan pentingnya ketahanan pangan dan pertanian berkelanjutan. Produksi pangan harus ditingkatkan tanpa merusak lingkungan agar kebutuhan pangan masyarakat dapat terpenuhi secara berkelanjutan.

c. Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab (Goal 12)

Sektor pertanian harus menerapkan pola produksi yang efisien dan ramah lingkungan. Penggunaan

pupuk, pestisida, dan air harus dilakukan secara bijaksana untuk mengurangi dampak lingkungan.

d. Penanganan Perubahan Iklim (Goal 13)

Pertanian merupakan sektor yang sangat terdampak perubahan iklim. Oleh karena itu, diperlukan strategi adaptasi dan mitigasi seperti penggunaan teknologi pertanian ramah lingkungan dan konservasi sumber daya alam.

e. Menjaga Ekosistem Daratan (Goal 15)

Pembangunan pertanian harus menjaga kelestarian hutan, tanah, dan keanekaragaman hayati. Perlindungan ekosistem penting untuk menjaga keseimbangan lingkungan dan keberlanjutan produksi pertanian.

Implementasi SDGs dalam pertanian bertujuan menciptakan sistem pangan yang berkelanjutan, meningkatkan kesejahteraan petani, dan menjaga kelestarian lingkungan. Oleh sebab itu, pembangunan pertanian modern harus mengintegrasikan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan secara seimbang

Pemanfaatan Sumber Daya Alam dalam Pertanian

Sektor pertanian sangat bergantung pada kualitas tanah sebagai media tumbuh tanaman. Tanah menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dan berkembang. Kesuburan tanah menjadi faktor penting dalam menentukan tingkat produktivitas pertanian. Namun, penggunaan lahan secara berlebihan tanpa diimbangi konservasi dapat menyebabkan penurunan

kualitas tanah dan menurunkan hasil produksi pertanian. Selain tanah, air juga memiliki peranan penting dalam kegiatan pertanian. Air digunakan untuk irigasi, pemeliharaan tanaman, peternakan, serta pengolahan hasil pertanian. Ketersediaan air yang cukup akan meningkatkan produktivitas tanaman dan menjaga stabilitas produksi pangan. Sebaliknya, kekurangan air dapat menyebabkan gagal panen dan menurunkan pendapatan petani.

Indonesia sebagai negara agraris memiliki potensi sumber daya alam yang besar untuk mendukung pembangunan pertanian. Iklim tropis, curah hujan yang tinggi, dan kesuburan tanah menjadikan Indonesia memiliki keunggulan dalam produksi berbagai komoditas pertanian seperti padi, jagung, kopi, kelapa sawit, dan hortikultura. Namun, pemanfaatan sumber daya alam yang tidak terkendali dapat menimbulkan berbagai masalah lingkungan seperti erosi, pencemaran air, dan degradasi lahan. Dalam praktik modern, pertanian sering kali menggunakan pupuk kimia dan pestisida secara intensif untuk meningkatkan hasil produksi. Penggunaan teknologi tersebut memang mampu meningkatkan produktivitas dalam jangka pendek, tetapi dalam jangka panjang dapat merusak keseimbangan ekosistem. Penggunaan pestisida yang berlebihan dapat mencemari tanah dan air serta membahayakan kesehatan manusia.

Pemanfaatan sumber daya alam dalam pertanian juga berkaitan dengan pengelolaan keanekaragaman hayati. Keanekaragaman hayati memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pertanian,

seperti membantu penyerbukan tanaman dan mengendalikan hama secara alami. Hilangnya biodiversitas akibat eksploitasi lahan dapat mengurangi stabilitas ekosistem dan meningkatkan risiko kerusakan lingkungan. Konsep pertanian berkelanjutan muncul sebagai solusi dalam pemanfaatan sumber daya alam secara efisien dan ramah lingkungan. Pertanian berkelanjutan menekankan penggunaan teknologi yang mampu meningkatkan produktivitas tanpa merusak lingkungan. Sistem pertanian organik, konservasi tanah dan air, serta penggunaan pupuk alami menjadi contoh penerapan prinsip keberlanjutan dalam sektor pertanian. *Food and Agriculture Organization*, pembangunan pertanian yang berkelanjutan harus mampu memenuhi kebutuhan pangan masyarakat sekaligus menjaga kualitas sumber daya alam untuk generasi mendatang. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan sumber daya alam yang baik menjadi syarat utama dalam mewujudkan ketahanan pangan dan pembangunan ekonomi yang berkelanjutan.

Degradasi Lingkungan

Degradasi lingkungan merupakan penurunan kualitas lingkungan akibat aktivitas manusia maupun faktor alam. Degradasi lingkungan dapat berupa kerusakan tanah, pencemaran air, pencemaran udara, deforestasi, dan hilangnya keanekaragaman hayati. Dalam sektor pertanian, degradasi lingkungan sering terjadi akibat penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan prinsip konservasi. Pengolahan tanah secara terus-menerus tanpa perbaikan unsur hara dapat menyebabkan erosi dan

menurunkan kesuburan tanah. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida secara berlebihan juga menjadi penyebab utama pencemaran lingkungan. Bahan kimia tersebut dapat meresap ke dalam tanah dan mencemari sumber air sehingga membahayakan kesehatan manusia dan ekosistem. Deforestasi atau penebangan hutan untuk pembukaan lahan pertanian menjadi salah satu bentuk degradasi lingkungan yang serius. Hilangnya hutan menyebabkan menurunnya kemampuan tanah menyerap air, meningkatkan risiko banjir, dan mempercepat perubahan iklim.

Perubahan iklim juga menjadi ancaman besar bagi sektor pertanian. Peningkatan suhu global, perubahan pola hujan, dan meningkatnya frekuensi bencana alam dapat menurunkan produktivitas pertanian dan mengancam ketahanan pangan. *United Nations Environment Programme*, degradasi lingkungan dapat menghambat pembangunan ekonomi dan meningkatkan kemiskinan apabila tidak segera ditangani. Oleh sebab itu, diperlukan upaya konservasi dan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan. Penerapan pertanian ramah lingkungan menjadi salah satu solusi dalam mengurangi degradasi lingkungan. Sistem pertanian organik, agroforestri, dan konservasi tanah merupakan pendekatan yang dapat membantu menjaga kualitas lingkungan sekaligus meningkatkan produktivitas pertanian.

Valuasi Ekonomi Lingkungan

Valuasi ekonomi lingkungan merupakan proses penilaian terhadap manfaat ekonomi dari sumber daya alam dan lingkungan. Konsep ini berkembang karena banyak jasa lingkungan yang tidak memiliki harga pasar sehingga sering diabaikan dalam proses pembangunan. Lingkungan memiliki nilai ekonomi baik secara langsung maupun tidak langsung. Nilai langsung meliputi manfaat yang dapat dimanfaatkan secara langsung seperti hasil pertanian, kayu, dan air. Sementara itu, nilai tidak langsung meliputi jasa lingkungan seperti pengendalian banjir, penyerapan karbon, dan keindahan alam. Valuasi ekonomi lingkungan bertujuan membantu pengambilan keputusan pembangunan agar mempertimbangkan manfaat dan kerugian lingkungan secara lebih komprehensif. Dengan adanya valuasi, kerusakan lingkungan dapat dihitung sebagai biaya ekonomi sehingga mendorong pengelolaan sumber daya yang lebih bertanggung jawab. Beberapa metode valuasi lingkungan yang umum digunakan antara lain:

- a. Metode Harga Pasar
Metode ini digunakan untuk menilai sumber daya yang memiliki harga pasar seperti hasil pertanian, kayu, dan hasil tambang.
- b. Metode Biaya Perjalanan (*Travel Cost Method*)
Metode ini digunakan untuk menilai manfaat ekonomi kawasan wisata alam berdasarkan biaya yang dikeluarkan pengunjung.
- c. Metode Penilaian Kontingensi (*Contingent Valuation Method*)

Metode ini dilakukan dengan survei untuk mengetahui kesediaan masyarakat membayar demi menjaga kualitas lingkungan.

d. Metode Biaya Kerusakan

Metode ini menghitung biaya ekonomi akibat kerusakan lingkungan seperti banjir, pencemaran, atau degradasi lahan. Dalam sektor pertanian, valuasi ekonomi lingkungan penting untuk mengetahui dampak kerusakan lingkungan terhadap produktivitas dan kesejahteraan masyarakat. Sebagai contoh, kerusakan tanah akibat erosi dapat menurunkan hasil panen dan meningkatkan biaya produksi petani. Dengan adanya valuasi ekonomi lingkungan, pembangunan tidak lagi hanya mempertimbangkan keuntungan ekonomi jangka pendek, tetapi juga memperhatikan keberlanjutan sumber daya alam dan kesejahteraan masyarakat dalam jangka panjang.

❖ Pertanian Berkelanjutan

Konsep *Sustainable Agriculture*

Pertanian merupakan sektor penting dalam pembangunan ekonomi, khususnya di negara berkembang seperti Indonesia. Selain berperan sebagai penyedia pangan, sektor pertanian juga menjadi sumber pendapatan masyarakat, penyerap tenaga kerja, dan penopang ketahanan pangan nasional. Namun, perkembangan sistem pertanian modern yang berorientasi pada peningkatan produksi secara cepat sering kali menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti degradasi tanah, pencemaran air, hilangnya biodiversitas, dan

ketergantungan terhadap bahan kimia pertanian. Kondisi tersebut mendorong munculnya konsep *sustainable agriculture* atau pertanian berkelanjutan.

Pertanian berkelanjutan merupakan sistem pertanian yang mampu memenuhi kebutuhan pangan masyarakat saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya. Konsep ini menekankan keseimbangan antara produktivitas ekonomi, kelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial masyarakat pertanian. Food and Agriculture Organization, pertanian berkelanjutan adalah pengelolaan dan konservasi sumber daya alam dengan orientasi perubahan teknologi dan kelembagaan guna menjamin pemenuhan kebutuhan manusia secara berkelanjutan untuk generasi sekarang dan masa depan. Konsep tersebut menegaskan bahwa pembangunan pertanian tidak hanya mengejar peningkatan hasil produksi, tetapi juga harus memperhatikan kelestarian lingkungan dan kesejahteraan petani.

Dalam perspektif ekonomi sumber daya alam dan lingkungan, pertanian berkelanjutan muncul sebagai respons terhadap sistem pertanian intensif yang cenderung mengeksploitasi sumber daya secara berlebihan. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang tidak terkendali memang mampu meningkatkan produktivitas dalam jangka pendek, tetapi dalam jangka panjang dapat menyebabkan kerusakan ekosistem dan penurunan kualitas lahan.

Konsep pertanian berkelanjutan juga berkaitan erat dengan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*). Pertanian tidak berkelanjutan memiliki sejumlah karakteristik utama yang menekankan keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Penerapannya diarahkan untuk mengurangi kerusakan lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan pertanian serta meningkatkan efisiensi dalam pemanfaatan sumber daya alam, seperti tanah, air, energi, dan keanekaragaman hayati. Selain itu, pertanian berkelanjutan berupaya mempertahankan kesuburan tanah dan kualitas air agar produktivitas pertanian dapat terus dipertahankan dalam jangka panjang. Dari aspek sosial, sistem ini tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi, tetapi juga memperhatikan kesejahteraan petani dan masyarakat yang terlibat dalam kegiatan pertanian. Pada akhirnya, pertanian berkelanjutan diarahkan untuk menciptakan keberlanjutan ekonomi dalam jangka panjang, sehingga kegiatan pertanian mampu memberikan pendapatan yang layak sekaligus menjaga kapasitas sumber daya dan lingkungan bagi generasi mendatang. Hal ini dipandang sebagai kegiatan ekonomi semata, tetapi juga sebagai bagian dari sistem ekologi dan sosial masyarakat. Oleh sebab itu, keberhasilan pembangunan pertanian harus diukur dari kemampuan menjaga keseimbangan antara produksi pangan, pelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial. Dalam praktiknya, penerapan pertanian berkelanjutan dapat dilakukan melalui berbagai pendekatan seperti pertanian organik, agroforestri, pengendalian hama

terpadu, rotasi tanaman, serta konservasi tanah dan air. Teknologi pertanian modern juga diarahkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya sehingga mampu mengurangi pencemaran lingkungan. Ahmad Fauzi, keberlanjutan pertanian tidak hanya ditentukan oleh kemampuan menghasilkan keuntungan ekonomi, tetapi juga oleh kemampuan menjaga kualitas lingkungan dan mempertahankan fungsi ekologis sumber daya alam. Oleh karena itu, pembangunan pertanian harus dilakukan secara terpadu dengan memperhatikan daya dukung lingkungan.

Pertanian berkelanjutan juga memiliki hubungan erat dengan perubahan iklim. Sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang rentan terhadap perubahan iklim akibat ketergantungannya pada kondisi alam seperti suhu, curah hujan, dan ketersediaan air. Di sisi lain, aktivitas pertanian juga dapat menjadi penyumbang emisi gas rumah kaca melalui penggunaan pupuk kimia, pembakaran lahan, dan aktivitas peternakan. Oleh sebab itu, pengembangan sistem pertanian berkelanjutan menjadi penting untuk mendukung adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Dalam konteks Indonesia, penerapan pertanian berkelanjutan menjadi sangat penting mengingat tingginya ketergantungan masyarakat terhadap sektor pertanian. Tantangan seperti alih fungsi lahan, degradasi lingkungan, dan perubahan iklim harus diatasi melalui kebijakan pembangunan pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berorientasi jangka panjang.

Pertanian Organik

Pertanian organik merupakan salah satu bentuk penerapan pertanian berkelanjutan yang menekankan penggunaan bahan alami dan mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia sintetis. Sistem pertanian ini bertujuan menjaga keseimbangan ekosistem serta meningkatkan kesehatan tanah, tanaman, hewan, dan manusia. *International Federation of Organic Agriculture Movements*, pertanian organik adalah sistem produksi yang menjaga kesehatan tanah, ekosistem, dan manusia dengan mengandalkan proses ekologis, biodiversitas, dan siklus alami yang sesuai dengan kondisi lokal.

Dalam praktik pertanian konvensional, penggunaan pupuk kimia dan pestisida sintetis dilakukan untuk meningkatkan hasil produksi. Namun, penggunaan bahan kimia secara terus-menerus dapat menyebabkan penurunan kesuburan tanah, pencemaran air, dan gangguan kesehatan manusia. Pertanian organik hadir sebagai alternatif untuk menciptakan sistem produksi pangan yang lebih sehat dan ramah lingkungan. Pertanian organik menggunakan pupuk alami seperti kompos, pupuk kandang, dan pupuk hijau untuk meningkatkan kesuburan tanah. Selain itu, pengendalian hama dilakukan secara biologis dengan memanfaatkan musuh alami atau pestisida nabati sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Salah satu prinsip utama pertanian organik adalah menjaga keseimbangan ekosistem. Tanah dipandang sebagai organisme hidup yang harus dijaga kesehatannya agar mampu mendukung pertumbuhan

tanaman secara alami. Oleh sebab itu, pertanian organik sangat memperhatikan pengelolaan bahan organik dan keanekaragaman hayati.

Pertanian organik juga memberikan manfaat ekonomi bagi petani. Produk organik memiliki nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan produk konvensional karena dianggap lebih sehat dan aman dikonsumsi. Selain itu, penggunaan bahan alami dapat mengurangi ketergantungan petani terhadap input produksi kimia yang harganya relatif mahal. Namun, penerapan pertanian organik juga menghadapi berbagai tantangan seperti rendahnya produktivitas pada tahap awal, keterbatasan pengetahuan petani, serta akses pasar yang belum optimal. Oleh sebab itu, dukungan pemerintah, penyuluhan, dan pengembangan teknologi menjadi faktor penting dalam pengembangan pertanian organik di Indonesia. Pertanian organik tidak hanya menjadi solusi lingkungan, tetapi juga menjadi peluang ekonomi baru dalam pembangunan pertanian modern. Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap kesehatan dan keamanan pangan dapat mendorong permintaan produk organik sehingga membuka peluang pasar yang lebih luas bagi petani.

Konservasi Tanah dan Air

Tanah dan air merupakan sumber daya utama dalam kegiatan pertanian. Kualitas tanah dan ketersediaan air sangat menentukan produktivitas pertanian dan keberlanjutan sistem produksi pangan. Oleh sebab itu, konservasi tanah dan air menjadi bagian penting dalam

pembangunan pertanian berkelanjutan. Konservasi tanah adalah upaya melindungi tanah dari kerusakan seperti erosi, kehilangan unsur hara, dan penurunan kesuburan. Sementara itu, konservasi air bertujuan menjaga ketersediaan dan kualitas air agar dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Kerusakan tanah menjadi salah satu masalah serius dalam sektor pertanian. Pengolahan lahan secara berlebihan, penggunaan bahan kimia, dan pembukaan lahan tanpa konservasi dapat menyebabkan erosi dan degradasi lahan. Tanah yang rusak akan kehilangan kemampuan menyimpan air dan unsur hara sehingga produktivitas pertanian menurun.

Erosi tanah juga dapat menyebabkan sedimentasi sungai dan menurunkan kualitas sumber daya air. Selain itu, penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan dapat mencemari air permukaan maupun air tanah sehingga membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan.

Beberapa teknik konservasi tanah yang umum diterapkan antara lain:

- a. Terasering pada lahan miring.
- b. Penanaman tanaman penutup tanah.
- c. Rotasi tanaman.
- d. Agroforestri.
- e. Penggunaan pupuk organik.

Sementara itu, konservasi air dapat dilakukan melalui pembangunan irigasi hemat air, penampungan air hujan, penggunaan mulsa, dan pengelolaan daerah aliran sungai. Food and Agriculture Organization, pengelolaan tanah

dan air secara berkelanjutan menjadi kunci dalam menjaga ketahanan pangan dunia. Tanpa konservasi yang baik, kerusakan sumber daya alam akan mengancam keberlangsungan produksi pangan di masa depan.

Dalam konteks Indonesia, konservasi tanah dan air menjadi semakin penting akibat meningkatnya tekanan terhadap lahan pertanian dan perubahan iklim. Curah hujan yang tidak menentu dan meningkatnya frekuensi bencana alam dapat mempercepat kerusakan lahan apabila tidak diimbangi dengan pengelolaan yang baik. Konservasi tanah dan air seharusnya tidak hanya dipandang sebagai upaya teknis pertanian, tetapi juga sebagai investasi jangka panjang untuk menjaga keberlanjutan ekonomi dan lingkungan. Tanpa tanah yang subur dan air yang cukup, pembangunan pertanian tidak akan mampu bertahan dalam jangka panjang.

Ketahanan Pangan

Ketahanan pangan merupakan kondisi terpenuhinya kebutuhan pangan masyarakat baik dari segi jumlah, kualitas, keamanan, maupun aksesibilitas. Ketahanan pangan menjadi salah satu tujuan utama pembangunan pertanian karena pangan merupakan kebutuhan dasar manusia. Food and Agriculture Organization, ketahanan pangan terjadi ketika seluruh masyarakat memiliki akses fisik dan ekonomi terhadap pangan yang cukup, aman, dan bergizi untuk memenuhi kebutuhan hidup sehat dan aktif. Ketahanan pangan memiliki empat dimensi utama, yaitu ketersediaan pangan, akses terhadap pangan,

pemanfaatan pangan dan stabilitas pangan. Sektor pertanian memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan melalui peningkatan produksi dan distribusi pangan. Namun, tantangan seperti perubahan iklim, degradasi lahan, dan pertumbuhan penduduk dapat mengancam keberlanjutan sistem pangan.

Perubahan iklim menjadi salah satu ancaman terbesar terhadap ketahanan pangan global. Peningkatan suhu, kekeringan, dan banjir dapat menyebabkan gagal panen dan menurunkan produksi pangan. Oleh sebab itu, pengembangan sistem pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim menjadi sangat penting.

Ketahanan pangan juga berkaitan erat dengan kesejahteraan petani. Petani sebagai produsen pangan harus memperoleh pendapatan yang layak agar mampu mempertahankan kegiatan produksinya. Ketimpangan ekonomi dan rendahnya kesejahteraan petani dapat menghambat pembangunan pertanian berkelanjutan. Ketahanan pangan tidak hanya berarti tersedianya pangan dalam jumlah cukup, tetapi juga kemampuan masyarakat memperoleh pangan yang sehat, aman, dan bergizi secara berkelanjutan. Oleh sebab itu, pembangunan pertanian harus diarahkan untuk menciptakan sistem pangan yang adil dan ramah lingkungan.

Green Economy dalam Pertanian

Green economy atau ekonomi hijau merupakan konsep pembangunan ekonomi yang bertujuan meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekaligus mengurangi risiko kerusakan lingkungan. Konsep ini berkembang sebagai

respons terhadap krisis lingkungan global dan ketimpangan sosial akibat pola pembangunan konvensional. Dalam sektor pertanian, *green economy* menekankan penggunaan teknologi dan praktik produksi yang ramah lingkungan. Pertanian tidak hanya berorientasi pada keuntungan ekonomi, tetapi juga harus menjaga keberlanjutan sumber daya alam. Penerapan *green economy* dalam pertanian dapat dilakukan melalui penggunaan energi terbarukan, pertanian organik, pengelolaan limbah pertanian, efisiensi penggunaan air, pengurangan emisi gas rumah kaca dan pengembangan agroforestri.

Konsep *green economy* juga mendorong pengembangan ekonomi sirkular (*circular economy*) dalam pertanian. Limbah pertanian tidak lagi dipandang sebagai sampah, tetapi dapat diolah kembali menjadi pupuk organik, pakan ternak, atau sumber energi biomassa. Dalam konteks pembangunan nasional, *green economy* menjadi peluang besar bagi Indonesia karena memiliki kekayaan sumber daya alam dan sektor pertanian yang luas. Pengembangan pertanian hijau dapat meningkatkan daya saing produk pertanian Indonesia di pasar global sekaligus menjaga kelestarian lingkungan.

❖ Indikator Keberlanjutan Ekonomi Pembangunan Berkelanjutan

Pengertian Indikator Keberlanjutan

Pembangunan berkelanjutan merupakan konsep pembangunan yang menekankan keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Dalam praktiknya,

keberhasilan pembangunan berkelanjutan tidak dapat diukur hanya berdasarkan pertumbuhan ekonomi semata, tetapi juga harus memperhatikan kesejahteraan masyarakat serta kualitas lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan indikator keberlanjutan sebagai alat untuk menilai sejauh mana suatu pembangunan telah berjalan sesuai dengan prinsip keberlanjutan.

Indikator keberlanjutan adalah ukuran atau parameter yang digunakan untuk menggambarkan kondisi keberlanjutan suatu sistem pembangunan. Indikator ini berfungsi memberikan informasi mengenai tingkat keberhasilan pembangunan dalam menjaga keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan sosial, dan kelestarian lingkungan. United Nations, indikator keberlanjutan digunakan untuk membantu pemerintah dan masyarakat dalam memantau, mengevaluasi, serta merumuskan kebijakan pembangunan yang lebih berkelanjutan. Indikator tersebut dapat berupa data kuantitatif maupun kualitatif yang menggambarkan kondisi ekonomi, sosial, lingkungan, dan kelembagaan.

Dalam sektor pertanian, indikator keberlanjutan menjadi sangat penting karena kegiatan pertanian sangat bergantung pada sumber daya alam dan lingkungan. Pembangunan pertanian yang hanya berorientasi pada peningkatan produksi tanpa memperhatikan aspek sosial dan lingkungan dapat menyebabkan kerusakan ekosistem serta menurunkan kesejahteraan masyarakat dalam jangka panjang. Ahmad Fauzi, indikator keberlanjutan diperlukan untuk memastikan bahwa pemanfaatan sumber daya alam dilakukan secara efisien dan tidak melampaui daya dukung

lingkungan. Oleh sebab itu, indikator keberlanjutan tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi, tetapi juga sebagai dasar dalam pengambilan keputusan pembangunan.

Fungsi Indikator Keberlanjutan

Indikator keberlanjutan memiliki beberapa fungsi utama, yaitu:

- a. Sebagai alat evaluasi pembangunan Indikator digunakan untuk menilai keberhasilan program pembangunan dalam mencapai tujuan keberlanjutan.
- b. Sebagai dasar pengambilan kebijakan Pemerintah dapat menggunakan indikator keberlanjutan untuk merumuskan kebijakan pembangunan yang lebih tepat sasaran.
- c. Sebagai alat pemantauan kondisi lingkungan dan sosial Indikator membantu mengetahui perubahan kondisi lingkungan dan kesejahteraan masyarakat dari waktu ke waktu.
- d. Sebagai alat komunikasi publik Informasi mengenai keberlanjutan pembangunan dapat disampaikan kepada masyarakat melalui indikator yang mudah dipahami.
- e. Sebagai alat perencanaan pembangunan Data indikator dapat digunakan untuk menyusun strategi pembangunan jangka panjang yang lebih berkelanjutan.

Pentingnya Pengukuran Keberlanjutan

Pengukuran keberlanjutan menjadi penting karena pembangunan yang tidak terkendali dapat menimbulkan berbagai masalah seperti kerusakan lingkungan, kemiskinan, dan ketimpangan sosial. Dengan adanya pengukuran keberlanjutan, dampak negatif pembangunan dapat diketahui lebih awal sehingga langkah perbaikan dapat segera dilakukan. Dalam sektor pertanian, pengukuran keberlanjutan penting untuk memastikan bahwa sistem produksi pangan tidak merusak sumber daya alam. Produktivitas pertanian yang tinggi tidak dapat dikatakan berhasil apabila menyebabkan degradasi tanah, pencemaran air, atau menurunkan kesejahteraan petani. Indikator keberlanjutan merupakan alat penting dalam pembangunan pertanian modern karena mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi ekonomi, sosial, dan lingkungan secara bersamaan. Dengan demikian, pembangunan tidak hanya mengejar keuntungan ekonomi jangka pendek, tetapi juga memperhatikan keberlanjutan kehidupan masyarakat dan lingkungan di masa depan.

Indikator Ekonomi

Aspek ekonomi merupakan salah satu pilar utama dalam pembangunan berkelanjutan. Indikator ekonomi digunakan untuk mengukur kemampuan suatu sistem pembangunan dalam menciptakan pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara berkelanjutan.

a. Pendapatan Petani

Pendapatan petani menjadi indikator penting dalam menilai keberhasilan pembangunan pertanian. Tingkat pendapatan mencerminkan kemampuan petani memenuhi kebutuhan hidup dan mempertahankan kegiatan usahatani. Peningkatan pendapatan petani menunjukkan bahwa kegiatan pertanian mampu memberikan manfaat ekonomi yang layak. Sebaliknya, rendahnya pendapatan petani dapat menyebabkan kemiskinan pedesaan dan menurunkan minat generasi muda untuk bekerja di sektor pertanian.

Pendapatan petani dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti produktivitas lahan, harga hasil pertanian, biaya produksi, akses pasar, dan dukungan pemerintah. Oleh karena itu, pembangunan pertanian berkelanjutan harus mampu menciptakan sistem ekonomi yang menguntungkan bagi petani.

b. Produktivitas Pertanian

Produktivitas pertanian menunjukkan kemampuan sektor pertanian menghasilkan output dari penggunaan input tertentu. Produktivitas yang tinggi menjadi indikator keberhasilan pembangunan pertanian karena mampu meningkatkan produksi pangan dan pendapatan masyarakat. Namun, peningkatan produktivitas harus dilakukan secara berkelanjutan. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida secara berlebihan memang dapat meningkatkan hasil panen dalam jangka pendek, tetapi dapat merusak lingkungan dalam jangka panjang. Food and

Agriculture Organization, produktivitas pertanian yang berkelanjutan harus mampu meningkatkan hasil produksi sekaligus menjaga kualitas sumber daya alam.

c. Efisiensi Usaha Tani

Efisiensi usaha tani menunjukkan kemampuan petani menggunakan sumber daya produksi secara optimal. Semakin efisien penggunaan input seperti pupuk, air, tenaga kerja, dan teknologi, maka semakin tinggi tingkat keberlanjutan usaha tani.

Efisiensi juga berkaitan dengan kemampuan petani menekan biaya produksi tanpa menurunkan kualitas hasil panen. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, efisiensi penting untuk mengurangi pemborosan sumber daya dan mengurangi dampak lingkungan.

d. Stabilitas Ekonomi Masyarakat Desa

Pembangunan pertanian berkelanjutan juga harus mampu menciptakan stabilitas ekonomi masyarakat desa. Stabilitas ekonomi dapat dilihat dari tingkat pendapatan masyarakat, kesempatan kerja, serta kemampuan masyarakat menghadapi perubahan ekonomi. Ketergantungan terhadap satu jenis komoditas dapat meningkatkan risiko ekonomi apabila terjadi penurunan harga atau gagal panen. Oleh sebab itu, diversifikasi usaha pertanian menjadi penting untuk menjaga stabilitas ekonomi masyarakat pedesaan. Indikator ekonomi dalam pembangunan berkelanjutan tidak hanya menilai besarnya keuntungan ekonomi, tetapi juga kemampuan

masyarakat mempertahankan kesejahteraan dalam jangka panjang tanpa merusak sumber daya alam.

Indikator Sosial

Aspek sosial menjadi bagian penting dalam pembangunan berkelanjutan karena pembangunan pada dasarnya bertujuan meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

a. Kesejahteraan Masyarakat

Kesejahteraan masyarakat merupakan indikator utama keberhasilan pembangunan. Kesejahteraan tidak hanya diukur dari pendapatan, tetapi juga dari kualitas hidup seperti kesehatan, pendidikan, dan akses terhadap layanan dasar. Dalam sektor pertanian, kesejahteraan masyarakat dapat dilihat dari kemampuan petani memenuhi kebutuhan hidup, memiliki tempat tinggal layak, serta memperoleh akses pendidikan dan kesehatan yang memadai.

b. Pendidikan Petani

Pendidikan memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas sumber daya manusia pertanian. Petani yang memiliki tingkat pendidikan lebih baik cenderung lebih mudah menerima inovasi teknologi dan menerapkan praktik pertanian berkelanjutan. Pendidikan juga membantu petani memahami pentingnya konservasi lingkungan serta pengelolaan sumber daya alam yang efisien. Oleh karena itu, peningkatan kapasitas petani melalui pendidikan dan pelatihan menjadi bagian penting dalam pembangunan pertanian berkelanjutan.

c. Partisipasi Masyarakat

Partisipasi masyarakat menunjukkan keterlibatan masyarakat dalam proses pembangunan dan pengambilan keputusan. Pembangunan yang melibatkan masyarakat cenderung lebih efektif karena sesuai dengan kebutuhan lokal. Dalam pembangunan pertanian, partisipasi masyarakat dapat berupa keterlibatan dalam kelompok tani, kegiatan penyuluhan, serta pengelolaan sumber daya alam secara bersama.

d. Kesempatan Kerja

Kesempatan kerja menjadi indikator sosial penting karena sektor pertanian merupakan salah satu penyerap tenaga kerja terbesar di Indonesia. Pembangunan pertanian yang berkelanjutan harus mampu menciptakan lapangan kerja yang layak bagi masyarakat pedesaan. Kurangnya kesempatan kerja dapat meningkatkan urbanisasi dan kemiskinan desa. Oleh sebab itu, pengembangan agribisnis dan industri pengolahan hasil pertanian menjadi penting untuk memperluas lapangan kerja di sektor pertanian. Keberhasilan pembangunan pertanian tidak hanya diukur dari peningkatan produksi, tetapi juga dari kemampuan menciptakan kehidupan sosial yang lebih baik dan berkeadilan bagi masyarakat.

Indikator Lingkungan

Aspek lingkungan menjadi inti utama dalam konsep pembangunan berkelanjutan. Indikator lingkungan digunakan untuk mengukur kualitas dan keberlanjutan sumber daya alam.

a. Kualitas Tanah

Tanah merupakan sumber daya utama dalam pertanian. Kualitas tanah dapat dilihat dari tingkat kesuburan, kandungan bahan organik, struktur tanah, dan kemampuan menyimpan air.

Kerusakan tanah akibat erosi, penggunaan bahan kimia, dan pengolahan lahan yang tidak tepat dapat menurunkan produktivitas pertanian. Oleh sebab itu, menjaga kualitas tanah menjadi syarat utama dalam pertanian berkelanjutan.

b. Ketersediaan Air

Air memiliki peran penting dalam kegiatan pertanian. Ketersediaan air yang cukup akan mendukung produktivitas tanaman dan menjaga stabilitas produksi pangan.

Perubahan iklim dan pencemaran air menjadi tantangan besar dalam pengelolaan sumber daya air. Oleh karena itu, efisiensi penggunaan air dan konservasi sumber daya air menjadi bagian penting dalam pembangunan berkelanjutan.

c. Penggunaan Pupuk dan Pestisida

Penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan dapat mencemari tanah dan air serta membahayakan kesehatan manusia. Indikator ini digunakan untuk

menilai sejauh mana kegiatan pertanian telah menerapkan prinsip ramah lingkungan.

Penggunaan pupuk organik dan pengendalian hama terpadu menjadi solusi untuk mengurangi dampak negatif bahan kimia terhadap lingkungan.

d. Emisi dan Pencemaran

Kegiatan pertanian dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti metana dan dinitrogen oksida. Selain itu, limbah pertanian juga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan.

Indikator emisi dan pencemaran digunakan untuk mengukur dampak lingkungan dari kegiatan pertanian. Semakin rendah tingkat pencemaran, maka semakin tinggi tingkat keberlanjutan sistem pertanian.

Indikator Kelembagaan

Kelembagaan memiliki peran penting dalam mendukung keberhasilan pembangunan berkelanjutan.

a. Kebijakan Pemerintah

Pemerintah memiliki peran utama dalam menyusun regulasi dan kebijakan pembangunan pertanian berkelanjutan. Kebijakan yang mendukung konservasi lingkungan, perlindungan petani, dan pengembangan teknologi ramah lingkungan akan meningkatkan keberhasilan pembangunan.

b. Dukungan Lembaga Pertanian

Lembaga pertanian seperti koperasi, kelompok tani, dan lembaga penelitian memiliki peran penting dalam meningkatkan kapasitas petani dan mendukung inovasi pertanian.

c. **Penyuluhan dan Pendampingan**

Penyuluhan pertanian membantu petani memperoleh pengetahuan mengenai teknologi dan praktik pertanian berkelanjutan. Pendampingan juga penting untuk memastikan penerapan inovasi berjalan secara efektif di lapangan.

Kelembagaan yang kuat menjadi fondasi utama dalam mewujudkan pembangunan pertanian berkelanjutan karena mampu menghubungkan pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta dalam satu sistem pembangunan yang terpadu.

Pengukuran Keberlanjutan Pertanian
Konsep Indeks Keberlanjutan

Indeks keberlanjutan merupakan alat ukur yang digunakan untuk menilai tingkat keberlanjutan suatu sistem pembangunan berdasarkan berbagai indikator ekonomi, sosial, lingkungan, dan kelembagaan. Indeks ini membantu mengetahui sejauh mana suatu kegiatan pertanian telah memenuhi prinsip pembangunan berkelanjutan. Penilaian keberlanjutan usaha tani dilakukan dengan mengukur berbagai indikator seperti pendapatan petani, penggunaan input produksi, kualitas lingkungan, dan partisipasi masyarakat.

Hasil penilaian dapat digunakan sebagai dasar dalam menyusun strategi pengembangan pertanian yang lebih berkelanjutan. Contoh Penerapan di Indonesia yaitu pengukuran keberlanjutan pertanian telah diterapkan pada berbagai sektor seperti perkebunan kelapa sawit,

pertanian organik, dan pengelolaan lahan pertanian berkelanjutan.

Program pertanian organik di beberapa daerah menunjukkan bahwa penerapan prinsip keberlanjutan mampu meningkatkan kualitas lingkungan sekaligus meningkatkan nilai ekonomi produk pertanian.

❖ AMDAL dalam Pembangunan Pertanian

Pembangunan ekonomi yang terus berkembang memberikan dampak besar terhadap lingkungan hidup. Aktivitas pembangunan pada sektor industri, pertanian, pertambangan, maupun infrastruktur sering kali menyebabkan perubahan terhadap kondisi lingkungan. Perubahan tersebut dapat menimbulkan dampak positif berupa peningkatan kesejahteraan masyarakat, tetapi juga dapat memunculkan dampak negatif seperti pencemaran, kerusakan ekosistem, dan menurunnya kualitas sumber daya alam. Oleh sebab itu, diperlukan suatu instrumen pengelolaan lingkungan yang mampu mengendalikan dampak pembangunan agar tetap sesuai dengan prinsip keberlanjutan. Salah satu instrumen tersebut adalah AMDAL.

AMDAL merupakan singkatan dari Analisis Mengenai Dampak Lingkungan, merupakan dampak penting suatu usaha atau kegiatan yang direncanakan terhadap lingkungan hidup yang diperlukan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam penyelenggaraan usaha atau kegiatan. Dalam konteks pembangunan, AMDAL berfungsi sebagai alat perencanaan lingkungan yang digunakan untuk memprediksi dampak suatu kegiatan

sebelum kegiatan tersebut dilaksanakan. Dengan adanya AMDAL, dampak negatif terhadap lingkungan dapat diidentifikasi lebih awal sehingga langkah pencegahan dan pengelolaan dapat dilakukan secara tepat.

Konsep AMDAL mulai berkembang seiring meningkatnya kesadaran global terhadap pentingnya perlindungan lingkungan hidup. Pada awalnya, pembangunan lebih menitikberatkan pada pertumbuhan ekonomi tanpa memperhatikan dampak ekologis. Akibatnya, berbagai permasalahan lingkungan muncul seperti pencemaran air, pencemaran udara, kerusakan hutan, dan degradasi lahan. Kondisi tersebut mendorong lahirnya berbagai regulasi lingkungan termasuk AMDAL sebagai instrumen pengendalian dampak pembangunan. Dalam perspektif ekonomi sumber daya alam dan lingkungan, AMDAL memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan antara kegiatan ekonomi dan kelestarian lingkungan.

Pada sektor pertanian, AMDAL menjadi sangat penting karena kegiatan pertanian memiliki hubungan langsung dengan sumber daya alam seperti tanah, air, udara, dan keanekaragaman hayati. Penggunaan pestisida, pembukaan lahan, pengolahan limbah pertanian, dan penggunaan air secara intensif dapat memberikan dampak terhadap lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. AMDAL juga membantu memastikan bahwa pembangunan pertanian tidak hanya mengejar peningkatan produksi, tetapi juga menjaga keseimbangan ekosistem dan kualitas lingkungan. Dengan demikian, keberadaan

AMDAL menjadi bagian penting dalam mendukung pembangunan pertanian yang berkelanjutan.

Tujuan dan Manfaat AMDAL

AMDAL memiliki tujuan utama untuk mencegah dan mengendalikan dampak negatif suatu kegiatan terhadap lingkungan hidup. Selain itu, AMDAL juga bertujuan menjaga agar pemanfaatan sumber daya alam tetap sesuai dengan daya dukung lingkungan.

Beberapa tujuan utama AMDAL antara lain:

- a. Mengidentifikasi dampak penting suatu kegiatan terhadap lingkungan.
- b. Menjadi dasar pengambilan keputusan terkait kelayakan lingkungan suatu usaha.
- c. Mencegah terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan.
- d. Menjamin pembangunan berjalan sesuai prinsip pembangunan berkelanjutan.
- e. Melindungi kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.

Selain memiliki tujuan, AMDAL juga memberikan berbagai manfaat bagi pemerintah, pelaku usaha, maupun masyarakat. Bagi pemerintah, AMDAL menjadi alat pengendalian pembangunan agar tidak menimbulkan kerusakan lingkungan. AMDAL juga membantu pemerintah dalam menyusun kebijakan pengelolaan sumber daya alam serta memastikan bahwa kegiatan pembangunan sesuai dengan peraturan lingkungan yang berlaku. Bagi pelaku usaha, AMDAL membantu mengurangi risiko lingkungan dan sosial yang dapat

menghambat kegiatan usaha. Dengan adanya AMDAL, pelaku usaha dapat mengetahui potensi dampak lingkungan serta langkah pengelolaannya sejak awal.

Bagi masyarakat, AMDAL memberikan perlindungan terhadap kualitas lingkungan hidup. Melalui AMDAL, masyarakat memiliki kesempatan untuk mengetahui dan memberikan masukan terhadap rencana kegiatan yang dapat memengaruhi lingkungan sekitar. AMDAL tidak hanya dipandang sebagai kewajiban administratif semata, tetapi harus dipahami sebagai instrumen penting dalam menjaga keseimbangan antara pembangunan ekonomi dan kelestarian lingkungan. Tanpa AMDAL, pembangunan berisiko menimbulkan kerusakan lingkungan yang justru akan merugikan masyarakat dan generasi mendatang.

Dasar Hukum AMDAL di Indonesia

Regulasi Lingkungan

Indonesia memiliki berbagai regulasi yang mengatur perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, termasuk pelaksanaan AMDAL. Regulasi tersebut bertujuan memastikan bahwa setiap kegiatan pembangunan memperhatikan aspek lingkungan dan keberlanjutan sumber daya alam.

Dasar hukum utama AMDAL di Indonesia adalah:

- a. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- b. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Dalam Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 dijelaskan bahwa setiap usaha atau kegiatan yang berdampak penting terhadap lingkungan hidup wajib memiliki AMDAL. Dampak penting tersebut meliputi perubahan terhadap lingkungan, penggunaan sumber daya alam secara besar-besaran, serta potensi pencemaran dan kerusakan lingkungan.

Regulasi AMDAL juga mengatur keterlibatan masyarakat dalam proses penyusunan AMDAL. Masyarakat yang terkena dampak berhak memberikan saran, pendapat, dan tanggapan terhadap rencana kegiatan yang akan dilakukan.

Selain itu, pemerintah juga menetapkan standar baku mutu lingkungan sebagai acuan dalam pengelolaan lingkungan hidup. Standar tersebut mencakup kualitas air, udara, tanah, dan pengelolaan limbah agar aktivitas pembangunan tidak melampaui daya dukung lingkungan.

Perizinan Lingkungan

AMDAL memiliki hubungan erat dengan sistem perizinan lingkungan di Indonesia. Sebelum suatu usaha atau kegiatan dilaksanakan, pelaku usaha wajib memperoleh persetujuan lingkungan sebagai syarat memperoleh izin usaha. Perizinan lingkungan bertujuan memastikan bahwa setiap kegiatan pembangunan telah mempertimbangkan dampak terhadap lingkungan dan memiliki rencana pengelolaan yang jelas. Dengan adanya perizinan lingkungan, pemerintah dapat melakukan pengawasan terhadap pelaksanaan kegiatan agar tetap sesuai dengan ketentuan lingkungan hidup.

Dalam sektor pertanian, perizinan lingkungan menjadi penting terutama untuk kegiatan skala besar seperti perkebunan, peternakan intensif, dan industri pengolahan hasil pertanian. Kegiatan tersebut berpotensi menimbulkan pencemaran dan kerusakan lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Sistem perizinan lingkungan harus diterapkan secara konsisten dan transparan agar benar-benar mampu mencegah kerusakan lingkungan. AMDAL tidak boleh hanya menjadi formalitas administratif, tetapi harus menjadi dasar nyata dalam pengambilan keputusan pembangunan.

Komponen AMDAL

AMDAL terdiri atas beberapa dokumen penting yang saling berkaitan dalam proses penilaian dampak lingkungan.

A. KA-ANDAL atau Kerangka Acuan Analisis Dampak Lingkungan merupakan dokumen awal yang berisi ruang lingkup dan metode studi AMDAL. Dokumen ini menjadi pedoman dalam pelaksanaan analisis dampak lingkungan. KA-ANDAL memuat:

- a. Rencana kegiatan.
- b. Kondisi lingkungan awal.
- c. Identifikasi dampak penting.
- d. Metode analisis dampak.
- e. Rencana pengumpulan data.

Dokumen ini penting agar proses analisis dampak dilakukan secara sistematis dan sesuai dengan karakteristik kegiatan yang akan dilaksanakan.

- B. ANDAL atau Analisis Dampak Lingkungan merupakan dokumen utama yang berisi dampak penting suatu kegiatan terhadap lingkungan. Dalam dokumen ANDAL dilakukan:
- a. Analisis kondisi lingkungan.
 - b. Prediksi dampak yang akan terjadi.
 - c. Evaluasi tingkat dampak.
 - d. Penentuan dampak penting.
- Analisis ini dilakukan secara ilmiah dengan menggunakan data lapangan dan metode yang sesuai.
- C. RKL atau Rencana Pengelolaan Lingkungan merupakan dokumen yang memuat upaya penanganan dampak negatif serta pengembangan dampak positif dari suatu kegiatan. Contoh isi RKL:
- a. Pengelolaan limbah.
 - b. Pengendalian pencemaran.
 - c. Rehabilitasi lahan.
 - d. Konservasi sumber daya alam.
- RKL bertujuan memastikan bahwa dampak lingkungan dapat dikendalikan selama kegiatan berlangsung.
- D. RPL atau Rencana Pemantauan Lingkungan merupakan dokumen yang berisi rencana pemantauan terhadap kondisi lingkungan selama kegiatan berlangsung. Pemantauan dilakukan untuk mengetahui:
- a. Efektivitas pengelolaan lingkungan.
 - b. Perubahan kualitas lingkungan.
 - c. Kepatuhan terhadap baku mutu lingkungan.

Keberhasilan AMDAL sangat bergantung pada implementasi RKL dan RPL di lapangan. Banyak kasus kerusakan lingkungan terjadi bukan karena lemahnya dokumen AMDAL, tetapi karena kurangnya pengawasan dan pelaksanaan pengelolaan lingkungan.

Proses Penyusunan AMDAL

Identifikasi Dampak

Tahap awal penyusunan AMDAL adalah identifikasi dampak lingkungan. Pada tahap ini dilakukan pengenalan terhadap berbagai potensi dampak yang mungkin timbul akibat suatu kegiatan. Dampak yang diidentifikasi dapat berupa:

- a. Pencemaran air.
- b. Pencemaran udara.
- c. Kerusakan tanah.
- d. Gangguan kesehatan masyarakat.
- e. Perubahan sosial ekonomi masyarakat.

Dalam sektor pertanian, identifikasi dampak penting dilakukan untuk mengetahui risiko penggunaan pestisida, limbah pertanian, pembukaan lahan, dan penggunaan air secara besar-besaran.

Analisis Dampak Lingkungan

Setelah dampak diidentifikasi, langkah berikutnya adalah melakukan analisis dampak lingkungan. Analisis dilakukan untuk mengetahui besarnya dampak, luas wilayah terdampak, serta tingkat pentingnya dampak terhadap

lingkungan dan Masyarakat. Metode analisis dapat dilakukan melalui:

- a. Pengamatan lapangan.
- b. Pengukuran kualitas lingkungan.
- c. Analisis laboratorium.
- d. Pemodelan lingkungan.

Analisis dampak lingkungan bertujuan memberikan gambaran ilmiah mengenai risiko lingkungan yang mungkin terjadi akibat suatu kegiatan pembangunan.

Evaluasi dan Rekomendasi

Tahap terakhir adalah evaluasi dan penyusunan rekomendasi. Pada tahap ini dilakukan penilaian apakah suatu kegiatan layak dilaksanakan dari aspek lingkungan.

Rekomendasi yang diberikan dapat berupa:

- a. Kegiatan layak lingkungan.
- b. Kegiatan layak dengan syarat tertentu.
- c. Kegiatan tidak layak lingkungan.

Selain itu, disusun pula rekomendasi pengelolaan lingkungan untuk mengurangi dampak negatif yang mungkin terjadi.

AMDAL pada Sektor Pertanian

Penggunaan pestisida dalam pertanian bertujuan mengendalikan hama dan meningkatkan hasil produksi. Namun, penggunaan pestisida secara berlebihan dapat mencemari tanah, air, dan udara. Pestisida juga dapat membahayakan kesehatan manusia serta membunuh organisme non-target yang berperan penting dalam

ekosistem pertanian. Melalui AMDAL, dampak penggunaan pestisida dapat dianalisis sehingga dapat disusun strategi pengendalian yang lebih ramah lingkungan seperti penggunaan pestisida nabati dan pengendalian hama terpadu. Pembukaan lahan pertanian dalam skala besar dapat menyebabkan deforestasi, erosi tanah, hilangnya biodiversitas, dan peningkatan emisi gas rumah kaca.

AMDAL membantu memastikan bahwa pembukaan lahan dilakukan sesuai prinsip konservasi lingkungan dan tidak merusak ekosistem secara berlebihan.

Kegiatan pertanian menghasilkan berbagai limbah seperti limbah organik, limbah pestisida, dan limbah peternakan. Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah tersebut dapat mencemari lingkungan. Melalui AMDAL, sistem pengelolaan limbah dapat dirancang agar limbah pertanian dapat dimanfaatkan kembali, misalnya menjadi pupuk organik atau energi biomassa. Pengendalian pencemaran menjadi bagian penting dalam AMDAL sektor pertanian. Upaya pengendalian dapat dilakukan melalui:

- a. Penggunaan pupuk organik.
- b. Pengurangan bahan kimia sintetis.
- c. Pengelolaan limbah.
- d. Konservasi tanah dan air.

Peran AMDAL dalam Pembangunan Berkelanjutan

- a. Pencegahan Kerusakan Lingkungan

AMDAL memiliki peran penting dalam mencegah kerusakan lingkungan akibat pembangunan. Dengan adanya AMDAL, potensi dampak negatif dapat

diketahui sebelum kegiatan dilakukan sehingga langkah pencegahan dapat direncanakan sejak awal.

b. Efisiensi Pengelolaan Sumber Daya Alam

AMDAL membantu meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya alam melalui pengaturan penggunaan lahan, air, dan energi secara lebih bijaksana.

Pengelolaan sumber daya yang efisien akan membantu menjaga ketersediaan sumber daya alam bagi generasi mendatang.

c. Mendukung Pertanian Berkelanjutan

Dalam sektor pertanian, AMDAL mendukung penerapan pertanian berkelanjutan melalui pengendalian pencemaran, konservasi sumber daya alam, dan perlindungan lingkungan hidup.

AMDAL juga membantu menciptakan sistem pertanian yang lebih sehat, produktif, dan ramah lingkungan.

❖ **Permasalahan dan Tantangan Pembangunan Berkelanjutan**

Pembangunan berkelanjutan merupakan konsep pembangunan yang bertujuan menciptakan keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan sosial, dan kelestarian lingkungan. Dalam praktiknya, penerapan pembangunan berkelanjutan menghadapi berbagai tantangan yang semakin kompleks, terutama pada sektor pertanian dan pengelolaan sumber daya alam. Pertumbuhan penduduk, kebutuhan pangan yang meningkat, perkembangan industri, serta perubahan pola

konsumsi masyarakat memberikan tekanan besar terhadap lingkungan dan sumber daya alam. Di Indonesia, tantangan pembangunan berkelanjutan menjadi semakin nyata akibat meningkatnya alih fungsi lahan, perubahan iklim, krisis air, ketimpangan ekonomi masyarakat desa, dan eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan. Permasalahan tersebut tidak hanya berdampak pada lingkungan hidup, tetapi juga memengaruhi ketahanan pangan, kesejahteraan masyarakat, dan keberlanjutan pembangunan ekonomi dalam jangka panjang.

United Nations, pembangunan berkelanjutan membutuhkan integrasi antara aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan agar pembangunan tidak menimbulkan kerusakan yang dapat mengancam kehidupan generasi mendatang. Oleh sebab itu, berbagai tantangan pembangunan harus dipahami secara menyeluruh agar solusi yang diterapkan dapat berjalan secara efektif dan berkelanjutan.

Alih Fungsi Lahan

Alih fungsi lahan merupakan perubahan penggunaan lahan dari fungsi awalnya menjadi fungsi lain yang berbeda. Dalam konteks pertanian, alih fungsi lahan umumnya terjadi ketika lahan pertanian berubah menjadi kawasan industri, permukiman, infrastruktur, perdagangan, maupun kawasan wisata. Alih fungsi lahan menjadi salah satu permasalahan utama dalam pembangunan berkelanjutan karena menyebabkan berkurangnya luas lahan pertanian produktif. Pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi

mendorong meningkatnya kebutuhan terhadap lahan untuk pembangunan nonpertanian. Akibatnya, banyak lahan sawah dan lahan pertanian produktif yang berubah fungsi menjadi kawasan perkotaan dan industri.

Kementerian Pertanian Republik Indonesia, berkurangnya lahan pertanian produktif dapat mengancam ketahanan pangan nasional karena kemampuan produksi pangan menjadi semakin terbatas. Kondisi ini menjadi tantangan serius bagi negara berkembang seperti Indonesia yang masih sangat bergantung pada sektor pertanian. Alih fungsi lahan juga memberikan dampak ekologis yang besar. Lahan pertanian memiliki fungsi penting sebagai daerah resapan air, penyimpan karbon, dan penyangga keseimbangan ekosistem. Ketika lahan pertanian berubah menjadi kawasan beton dan bangunan, kemampuan tanah menyerap air akan menurun sehingga meningkatkan risiko banjir dan kekeringan.

Selain itu, alih fungsi lahan menyebabkan menurunnya keanekaragaman hayati. Banyak organisme yang hidup di kawasan pertanian dan hutan kehilangan habitat akibat pembangunan yang tidak terkendali. Hilangnya vegetasi juga dapat meningkatkan suhu lingkungan dan mempercepat perubahan iklim lokal.

Dari sisi sosial ekonomi, alih fungsi lahan dapat menyebabkan menurunnya kesempatan kerja di sektor pertanian. Banyak petani kehilangan lahan garapan sehingga harus beralih pekerjaan ke sektor informal dengan pendapatan yang tidak stabil. Kondisi ini dapat meningkatkan kemiskinan dan ketimpangan ekonomi di

wilayah pedesaan. Alih fungsi lahan tidak dapat sepenuhnya dihindari karena pembangunan infrastruktur dan kawasan permukiman tetap diperlukan. Namun, proses alih fungsi lahan harus dikendalikan melalui kebijakan tata ruang yang berkelanjutan agar tidak mengorbankan lahan pertanian produktif secara berlebihan.

Pemerintah perlu memperkuat perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan serta meningkatkan efisiensi penggunaan lahan melalui teknologi pertanian modern. Selain itu, pembangunan perkotaan seharusnya diarahkan pada konsep pembangunan hijau (*green development*) yang tetap memperhatikan keseimbangan lingkungan.

Perubahan Iklim

Perubahan iklim merupakan salah satu tantangan terbesar dalam pembangunan berkelanjutan. Perubahan iklim terjadi akibat meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer yang sebagian besar disebabkan oleh aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan aktivitas industri. Intergovernmental Panel on Climate Change, perubahan iklim menyebabkan peningkatan suhu global, perubahan pola curah hujan, naiknya permukaan laut, serta meningkatnya frekuensi bencana alam seperti banjir, kekeringan, dan badai.

Sektor pertanian menjadi salah satu sektor yang paling rentan terhadap perubahan iklim karena sangat bergantung pada kondisi alam. Perubahan pola hujan dapat menyebabkan kekeringan atau banjir yang

berdampak langsung terhadap produktivitas pertanian. Peningkatan suhu juga dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman dan meningkatkan serangan hama serta penyakit tanaman. Di Indonesia, dampak perubahan iklim mulai dirasakan dalam bentuk perubahan musim tanam, penurunan hasil panen, dan meningkatnya risiko gagal panen. Kondisi ini dapat mengancam ketahanan pangan dan kesejahteraan petani. Selain berdampak terhadap pertanian, perubahan iklim juga memengaruhi ketersediaan air dan kualitas lingkungan. Suhu yang meningkat dapat mempercepat penguapan air dan mengurangi cadangan air tanah. Di wilayah pesisir, kenaikan permukaan laut dapat menyebabkan abrasi dan intrusi air laut ke lahan pertanian.

United Nations Environment Programme, perubahan iklim tidak hanya menjadi masalah lingkungan, tetapi juga masalah ekonomi dan sosial karena dapat meningkatkan kemiskinan, ketimpangan, dan kerawanan pangan. Upaya menghadapi perubahan iklim dapat dilakukan melalui strategi mitigasi dan adaptasi. Mitigasi bertujuan mengurangi emisi gas rumah kaca melalui penggunaan energi terbarukan, pengurangan deforestasi, dan pengembangan teknologi ramah lingkungan. Sementara itu, adaptasi dilakukan untuk meningkatkan kemampuan masyarakat menghadapi dampak perubahan iklim, misalnya melalui penggunaan varietas tanaman tahan kekeringan dan pengelolaan air yang lebih efisien. Perubahan iklim harus menjadi perhatian utama dalam pembangunan pertanian modern. Pembangunan pertanian tidak lagi cukup hanya berorientasi pada

peningkatan produksi, tetapi juga harus mampu beradaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan global.

Krisis Air

Air merupakan sumber daya vital dalam kehidupan manusia dan kegiatan pertanian. Sektor pertanian menjadi pengguna air terbesar dibandingkan sektor lainnya karena air dibutuhkan untuk irigasi, peternakan, dan pengolahan hasil pertanian. Namun, pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, pencemaran lingkungan, dan eksploitasi sumber daya air secara berlebihan menyebabkan munculnya krisis air di berbagai wilayah. Krisis air terjadi ketika ketersediaan air tidak mampu memenuhi kebutuhan masyarakat baik dari segi jumlah maupun kualitas. Kondisi ini menjadi ancaman serius bagi pembangunan berkelanjutan karena air memiliki peran penting dalam mendukung produksi pangan, kesehatan masyarakat, dan stabilitas ekonomi.

World Bank, krisis air dapat menyebabkan penurunan produktivitas pertanian, konflik sosial, dan meningkatnya kemiskinan terutama di wilayah pedesaan yang bergantung pada sektor pertanian. Di Indonesia, krisis air mulai dirasakan terutama pada musim kemarau panjang. Banyak daerah mengalami kekeringan sehingga mengurangi pasokan air irigasi dan menyebabkan gagal panen. Selain itu, pencemaran sungai akibat limbah industri dan rumah tangga semakin memperburuk kualitas sumber daya air.

Eksplotasi air tanah secara berlebihan juga menjadi masalah serius di berbagai daerah perkotaan dan kawasan pertanian intensif. Pengambilan air tanah yang tidak terkendali dapat menyebabkan penurunan muka tanah dan intrusi air laut di wilayah pesisir. Krisis air juga berdampak terhadap kesehatan masyarakat. Air yang tercemar dapat menjadi sumber penyebaran penyakit dan menurunkan kualitas hidup masyarakat. Untuk mengatasi krisis air, diperlukan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan melalui konservasi daerah aliran sungai, efisiensi penggunaan air, pembangunan irigasi hemat air, dan pengendalian pencemaran. Pengelolaan air harus menjadi prioritas utama dalam pembangunan berkelanjutan karena tanpa ketersediaan air yang memadai, sektor pertanian dan kehidupan masyarakat tidak akan mampu bertahan dalam jangka panjang.

Ketimpangan Ekonomi Desa

Pembangunan ekonomi yang tidak merata menyebabkan terjadinya ketimpangan antara wilayah perkotaan dan pedesaan. Ketimpangan ekonomi desa menjadi salah satu tantangan pembangunan berkelanjutan karena sebagian besar masyarakat pedesaan masih bergantung pada sektor pertanian dengan tingkat pendapatan yang relatif rendah. United Nations Development Programme, ketimpangan ekonomi dapat menghambat pembangunan berkelanjutan karena menyebabkan kemiskinan, rendahnya akses pendidikan, dan terbatasnya kesempatan kerja.

Di Indonesia, ketimpangan ekonomi desa dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti rendahnya produktivitas pertanian, keterbatasan akses pasar, kurangnya infrastruktur, serta rendahnya tingkat pendidikan masyarakat desa. Petani kecil sering kali menghadapi kesulitan memperoleh modal, teknologi, dan informasi pasar sehingga posisi tawar mereka menjadi lemah. Akibatnya, keuntungan ekonomi lebih banyak dinikmati oleh pelaku usaha besar dibandingkan petani kecil.

Ketimpangan ekonomi desa juga menyebabkan urbanisasi karena banyak masyarakat desa berpindah ke kota untuk mencari pekerjaan. Kondisi ini dapat mengurangi tenaga kerja produktif di sektor pertanian dan memperbesar tekanan sosial di wilayah perkotaan. Pembangunan pertanian berkelanjutan seharusnya mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat desa melalui pemberdayaan petani, pengembangan agribisnis, serta peningkatan akses terhadap pendidikan dan teknologi. Pembangunan berkelanjutan tidak akan berhasil apabila ketimpangan ekonomi desa masih tinggi. Oleh sebab itu, kebijakan pembangunan harus lebih berpihak kepada masyarakat pedesaan agar manfaat pembangunan dapat dirasakan secara merata.

Eksplorasi Sumber Daya Alam

Eksplorasi sumber daya alam secara berlebihan menjadi salah satu penyebab utama kerusakan lingkungan dan kegagalan pembangunan berkelanjutan. Eksplorasi terjadi ketika sumber daya alam dimanfaatkan secara terus-

menerus tanpa memperhatikan daya dukung dan kemampuan regenerasi alam. Dalam sektor pertanian, eksploitasi sumber daya alam dapat berupa penggunaan lahan secara berlebihan, pengambilan air tanah yang tidak terkendali, penggunaan bahan kimia secara intensif, serta pembukaan hutan untuk lahan pertanian. Ahmad Fauzi, eksploitasi sumber daya alam yang tidak terkendali akan menyebabkan kelangkaan sumber daya dan menurunkan kualitas lingkungan hidup.

Eksplorasi sumber daya alam sering kali didorong oleh orientasi pembangunan yang hanya mengejar pertumbuhan ekonomi jangka pendek. Akibatnya, aspek lingkungan dan sosial sering diabaikan. Kerusakan hutan akibat eksploitasi lahan menyebabkan hilangnya habitat satwa liar, meningkatnya emisi karbon, dan menurunnya fungsi ekologis hutan sebagai penyimpan air dan pengendali iklim. Eksploitasi sumber daya alam juga dapat menimbulkan konflik sosial terutama ketika masyarakat lokal kehilangan akses terhadap sumber daya yang selama ini menjadi sumber penghidupan mereka.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan melalui konservasi lingkungan, penegakan hukum, dan penerapan teknologi ramah lingkungan. Pembangunan ekonomi seharusnya tidak dilakukan dengan mengorbankan kelestarian sumber daya alam. Sumber daya alam merupakan aset jangka panjang yang harus dijaga agar tetap dapat dimanfaatkan oleh generasi mendatang.

❖ Strategi dan Kebijakan Pembangunan Pertanian Berkelanjutan

Pembangunan pertanian berkelanjutan merupakan upaya pembangunan sektor pertanian yang tidak hanya berorientasi pada peningkatan produksi dan keuntungan ekonomi, tetapi juga memperhatikan kelestarian lingkungan serta kesejahteraan masyarakat. Konsep ini menjadi semakin penting karena sektor pertanian menghadapi berbagai tantangan seperti perubahan iklim, degradasi lahan, alih fungsi lahan, krisis air, serta ketimpangan kesejahteraan petani.

Di Indonesia, sektor pertanian memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan, penyerapan tenaga kerja, dan pembangunan ekonomi nasional. Namun, pembangunan pertanian yang terlalu berorientasi pada eksploitasi sumber daya alam dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti pencemaran tanah, kerusakan ekosistem, dan penurunan kualitas sumber daya alam. Oleh sebab itu, diperlukan strategi dan kebijakan pembangunan pertanian yang mampu menciptakan keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan sosial, dan kelestarian lingkungan. Strategi tersebut harus didukung oleh kebijakan pemerintah, pengembangan teknologi ramah lingkungan, penerapan ekonomi sirkular, pemberdayaan petani, serta inovasi pertanian modern. Food and Agriculture Organization, pembangunan pertanian berkelanjutan bertujuan memenuhi kebutuhan pangan masyarakat saat ini tanpa mengurangi kemampuan

generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya. Dengan demikian, pembangunan pertanian harus dilakukan secara efisien, inklusif, dan ramah lingkungan.

Kebijakan Pemerintah

Pemerintah memiliki peran penting dalam menentukan arah pembangunan pertanian berkelanjutan. Kebijakan pemerintah menjadi dasar dalam pengelolaan sumber daya alam, perlindungan lingkungan, pengembangan teknologi, serta pemberdayaan masyarakat pertanian. Kebijakan pembangunan pertanian berkelanjutan harus mampu menciptakan keseimbangan antara peningkatan produksi pangan dan pelestarian lingkungan hidup. Dalam praktiknya, pemerintah perlu menyusun regulasi yang mendukung konservasi sumber daya alam, perlindungan lahan pertanian, serta pengurangan dampak negatif kegiatan pertanian terhadap lingkungan.

Di Indonesia, berbagai kebijakan telah diterapkan untuk mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan, di antaranya perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan, pengembangan pertanian organik, pengurangan penggunaan pestisida kimia.

- a. Pengembangan irigasi hemat air.
- b. Program rehabilitasi lahan dan hutan.
- c. Penguatan ketahanan pangan nasional.

Pemerintah juga memiliki peran dalam memberikan subsidi, bantuan modal, dan akses teknologi bagi petani. Dukungan tersebut penting untuk meningkatkan kemampuan petani dalam menerapkan sistem pertanian

yang lebih ramah lingkungan dan efisien. Selain itu, kebijakan tata ruang menjadi bagian penting dalam pembangunan pertanian berkelanjutan. Pengendalian alih fungsi lahan pertanian harus dilakukan secara ketat agar lahan produktif tidak terus berkurang akibat pembangunan nonpertanian. Dalam konteks perubahan iklim, pemerintah juga perlu mengembangkan kebijakan adaptasi dan mitigasi di sektor pertanian. Penggunaan varietas tahan kekeringan, pengelolaan air yang efisien, dan pengurangan emisi gas rumah kaca menjadi bagian penting dalam strategi pembangunan pertanian masa depan. Keberhasilan pembangunan pertanian berkelanjutan sangat bergantung pada konsistensi kebijakan pemerintah. Regulasi yang baik harus diikuti dengan pengawasan dan implementasi yang efektif agar tujuan pembangunan berkelanjutan dapat tercapai secara nyata.

Teknologi Pertanian Ramah Lingkungan

Perkembangan teknologi memiliki peran penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian. Namun, penggunaan teknologi yang tidak ramah lingkungan dapat menyebabkan kerusakan sumber daya alam dan pencemaran lingkungan. Oleh sebab itu, pengembangan teknologi pertanian ramah lingkungan menjadi salah satu strategi utama dalam pembangunan pertanian berkelanjutan.

Teknologi pertanian ramah lingkungan merupakan teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi produksi dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan dan

kesehatan manusia. Teknologi ini bertujuan mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya serta meminimalkan kerusakan ekosistem contohnya pertanian organik, system pertanian presisi. Pertanian presisi menggunakan teknologi digital seperti sensor, drone, dan sistem informasi geografis untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, air, dan pestisida. Dengan teknologi tersebut, petani dapat mengetahui kondisi lahan secara lebih akurat sehingga penggunaan input produksi menjadi lebih efisien. Selain itu, penggunaan pupuk organik dan pestisida nabati menjadi alternatif penting untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat bahan kimia sintetis. Pengelolaan limbah pertanian menjadi kompos dan energi biomassa juga membantu menciptakan sistem pertanian yang lebih berkelanjutan.

Circular Economy

Circular economy atau ekonomi sirkular merupakan konsep ekonomi yang menekankan penggunaan sumber daya secara efisien melalui pengurangan limbah, penggunaan kembali (*reuse*), dan daur ulang (*recycle*). Konsep ini berkembang sebagai respons terhadap sistem ekonomi linear yang cenderung menghasilkan banyak limbah dan eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan. Dalam sektor pertanian, penerapan ekonomi sirkular bertujuan menciptakan sistem produksi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Limbah pertanian tidak lagi dipandang sebagai sampah, tetapi sebagai sumber daya yang dapat dimanfaatkan kembali. Contoh penerapan *circular economy* dalam pertanian antara lain:

Pemanfaatan limbah ternak menjadi biogas; pengolahan limbah tanaman menjadi kompos; Pemanfaatan jerami sebagai pakan ternak.; Penggunaan limbah organik untuk pupuk dan Daur ulang air irigasi.

Konsep ekonomi sirkular membantu mengurangi pencemaran lingkungan dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam. Selain itu, ekonomi sirkular juga dapat memberikan nilai ekonomi tambahan bagi petani melalui pemanfaatan limbah menjadi produk yang bernilai jual. Dalam pembangunan pertanian, penerapan ekonomi sirkular dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap input produksi eksternal seperti pupuk kimia dan energi fosil. Dengan demikian, biaya produksi dapat ditekan dan keberlanjutan lingkungan dapat lebih terjaga. Konsep ekonomi sirkular sangat relevan diterapkan dalam sektor pertanian Indonesia karena sebagian besar limbah pertanian masih belum dimanfaatkan secara optimal. Pengembangan ekonomi sirkular dapat menciptakan sistem pertanian yang lebih efisien, mandiri, dan berkelanjutan.

Pemberdayaan Petani

Petani merupakan aktor utama dalam pembangunan pertanian. Oleh sebab itu, pembangunan pertanian berkelanjutan tidak akan berhasil tanpa adanya pemberdayaan petani secara ekonomi, sosial, dan kelembagaan.

Pemberdayaan petani bertujuan meningkatkan kemampuan petani dalam mengelola usaha tani, mengakses teknologi, memperoleh modal, dan meningkatkan posisi

tawar dalam pasar. Selain itu, pemberdayaan juga membantu meningkatkan kesejahteraan dan kualitas hidup masyarakat pedesaan. Beberapa bentuk pemberdayaan petani antara lain: Pendidikan dan pelatihan pertanian; Penyuluhan pertanian.

- a. Penguatan kelompok tani.
- b. Bantuan modal usaha.
- c. Akses terhadap pasar dan teknologi.
- d. Pengembangan koperasi pertanian.

Pendidikan dan pelatihan menjadi faktor penting karena petani perlu memahami teknologi pertanian modern dan praktik pertanian berkelanjutan. Petani yang memiliki pengetahuan lebih baik akan lebih mudah beradaptasi terhadap perubahan iklim dan perkembangan pasar. Kelompok tani dan koperasi juga memiliki peran penting dalam meningkatkan posisi tawar petani. Melalui kelembagaan yang kuat, petani dapat memperoleh akses permodalan, pemasaran, dan teknologi secara lebih mudah. Dalam konteks Indonesia, pemberdayaan petani masih menghadapi berbagai kendala seperti rendahnya tingkat pendidikan, keterbatasan modal, dan akses pasar yang belum merata. Oleh sebab itu, diperlukan dukungan pemerintah dan sektor swasta untuk memperkuat kapasitas petani. Petani harus dipandang sebagai subjek utama pembangunan, bukan hanya sebagai objek kebijakan. Pembangunan pertanian yang berhasil adalah pembangunan yang mampu meningkatkan kemandirian dan kesejahteraan petani secara berkelanjutan.

Inovasi Pertanian Modern

Inovasi pertanian modern menjadi salah satu strategi penting dalam menghadapi tantangan pembangunan pertanian di masa depan. Pertumbuhan penduduk, perubahan iklim, dan keterbatasan sumber daya alam menuntut adanya sistem pertanian yang lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. Inovasi pertanian modern mencakup pengembangan teknologi, sistem produksi, dan manajemen pertanian yang mampu meningkatkan hasil produksi dengan dampak lingkungan yang lebih rendah. Beberapa bentuk inovasi pertanian modern antara lain: Smart farming; *Internet of Things* (IoT) dalam pertanian; Hidroponik dan aeroponic; Vertikultur; Bioteknologi pertanian; Penggunaan drone pertanian; Digitalisasi pemasaran hasil pertanian.

Smart farming memanfaatkan teknologi digital untuk memantau kondisi tanaman, kelembapan tanah, dan penggunaan air secara otomatis. Teknologi ini membantu meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi pemborosan sumber daya. Hidroponik dan vertikultur menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan lahan pertanian terutama di wilayah perkotaan. Sistem ini memungkinkan produksi tanaman dilakukan dengan penggunaan air yang lebih hemat dan tanpa memerlukan lahan luas. Digitalisasi pemasaran juga membantu petani memperoleh akses pasar yang lebih luas melalui *platform* digital dan *e-commerce*. Dengan demikian, petani dapat meningkatkan nilai jual produk dan memperpendek rantai distribusi.

World Bank, inovasi dan digitalisasi pertanian menjadi kunci dalam meningkatkan ketahanan pangan dan daya saing sektor pertanian global. Namun, penerapan inovasi pertanian modern juga menghadapi tantangan seperti biaya investasi yang tinggi, keterbatasan infrastruktur digital, dan rendahnya literasi teknologi di kalangan petani. Inovasi pertanian modern harus dikembangkan secara inklusif agar dapat diakses oleh petani kecil, bukan hanya perusahaan besar. Teknologi pertanian seharusnya menjadi alat untuk meningkatkan kesejahteraan petani sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan.

❖ **Contoh Studi Kasus Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia**

Pembangunan pertanian berkelanjutan merupakan pendekatan pembangunan yang mengintegrasikan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam kegiatan pertanian. Di Indonesia, penerapan pembangunan pertanian berkelanjutan telah dilakukan di berbagai daerah melalui pengembangan pertanian organik, konservasi sumber daya alam, penguatan kelembagaan petani, hingga pengembangan komoditas unggulan yang ramah lingkungan.

Studi kasus pembangunan berkelanjutan menjadi penting untuk memberikan gambaran nyata mengenai bagaimana konsep keberlanjutan diterapkan dalam sektor pertanian. Melalui studi kasus, dapat diketahui keberhasilan, tantangan, serta strategi yang digunakan dalam mengembangkan sistem pertanian yang produktif

sekaligus menjaga kelestarian lingkungan. *Food and Agriculture Organization*, pembangunan pertanian berkelanjutan harus mampu meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan masyarakat tanpa merusak sumber daya alam yang menjadi penopang kehidupan generasi mendatang.

Jawa Barat merupakan salah satu sentra produksi padi terbesar di Indonesia. Kondisi geografis yang didukung oleh lahan subur, curah hujan yang cukup, dan sistem irigasi yang berkembang menjadikan wilayah ini memiliki potensi besar dalam sektor pertanian padi. Namun, intensifikasi pertanian yang berlangsung selama beberapa dekade juga menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti penurunan kesuburan tanah, penggunaan pestisida berlebihan, pencemaran air, serta ketergantungan terhadap pupuk kimia. Oleh sebab itu, berbagai upaya pengembangan pertanian padi berkelanjutan mulai diterapkan di Jawa Barat.

Salah satu pendekatan yang dikembangkan adalah sistem pertanian ramah lingkungan melalui penggunaan pupuk organik, pengendalian hama terpadu, dan pengurangan penggunaan bahan kimia sintetis. Program ini bertujuan menjaga produktivitas pertanian sekaligus memperbaiki kualitas lingkungan.

Dibeberapa daerah seperti Kabupaten Subang, Karawang, dan Majalengka, petani mulai menerapkan sistem pengelolaan tanaman terpadu (*Integrated Crop Management*) untuk meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi dampak lingkungan. Sistem ini meliputi: Penggunaan benih unggul, Pengaturan pola tanam,

Pengelolaan air irigasi, Penggunaan pupuk berimbang dan Pengendalian hama terpadu.

Pengembangan pertanian padi berkelanjutan juga dilakukan melalui konservasi sumber daya air. Sistem irigasi hemat air mulai diterapkan untuk mengurangi pemborosan air dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Selain aspek lingkungan, pembangunan pertanian padi berkelanjutan juga memperhatikan aspek sosial ekonomi petani. Pemerintah dan kelompok tani bekerja sama dalam memberikan pelatihan, penyuluhan, dan bantuan teknologi untuk meningkatkan kapasitas petani. Kementerian Pertanian Republik Indonesia, pengembangan pertanian berkelanjutan pada komoditas padi menjadi langkah penting dalam menjaga ketahanan pangan nasional sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan pertanian.

Dalam perspektif pembangunan berkelanjutan, pertanian padi di Jawa Barat menunjukkan bahwa peningkatan produksi pangan dapat dilakukan tanpa harus merusak lingkungan apabila didukung oleh teknologi yang tepat dan pengelolaan sumber daya alam yang bijaksana. Pengembangan pertanian padi berkelanjutan perlu terus diperluas karena sektor pangan memiliki peran strategis dalam pembangunan nasional. Keberhasilan pembangunan pertanian tidak hanya diukur dari tingginya hasil panen, tetapi juga dari kemampuan menjaga kualitas lingkungan dan kesejahteraan petani.

Pengembangan Kopi Berkelanjutan di Majalengka

Kabupaten Majalengka merupakan salah satu daerah di Jawa Barat yang memiliki potensi besar dalam pengembangan komoditas kopi, terutama di wilayah dataran tinggi seperti Argapura, Lemahsugih, dan Sindangwangi. Kondisi geografis yang sejuk dan tanah yang subur menjadikan wilayah tersebut cocok untuk budidaya kopi. Dalam beberapa tahun terakhir, pengembangan kopi berkelanjutan mulai menjadi perhatian masyarakat dan pemerintah daerah. Hal ini disebabkan meningkatnya permintaan pasar terhadap kopi berkualitas serta kesadaran akan pentingnya menjaga kelestarian lingkungan pegunungan. Pengembangan kopi berkelanjutan di Majalengka dilakukan melalui pendekatan agroforestri, yaitu sistem budidaya kopi yang dikombinasikan dengan tanaman pohon lainnya. Sistem ini memiliki berbagai manfaat seperti:

- a. Menjaga kesuburan tanah.
- b. Mengurangi erosi.
- c. Menjaga ketersediaan air.
- d. Meningkatkan keanekaragaman hayati.
- e. Menyerap karbon dari atmosfer.

Agroforestri kopi juga membantu menjaga keseimbangan ekosistem pegunungan karena tanaman kopi ditanam di bawah naungan pohon-pohon besar. Dengan demikian, kerusakan lingkungan akibat pembukaan lahan secara besar-besaran dapat dikurangi. Selain aspek lingkungan, pengembangan kopi berkelanjutan juga memberikan manfaat ekonomi bagi

masyarakat. Kopi lokal Majalengka mulai memiliki nilai tambah melalui pengolahan pascapanen, branding produk, dan pengembangan wisata kopi.

Kelompok tani dan komunitas kopi di Majalengka juga mulai menerapkan praktik pertanian organik dengan mengurangi penggunaan pestisida kimia dan memanfaatkan pupuk organik dari limbah pertanian. Langkah tersebut bertujuan meningkatkan kualitas kopi sekaligus menjaga kesehatan lingkungan. Food and Agriculture Organization, sistem agroforestri menjadi salah satu model pertanian berkelanjutan yang mampu meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga konservasi lingkungan.

Pengembangan kopi berkelanjutan di Majalengka juga memiliki potensi besar dalam mendukung ekonomi lokal dan pariwisata berbasis pertanian (*agrotourism*). Wisata edukasi kopi, pelatihan pengolahan kopi, serta pemasaran produk lokal menjadi peluang ekonomi baru bagi masyarakat pedesaan. Namun, pengembangan kopi berkelanjutan masih menghadapi beberapa tantangan seperti keterbatasan modal, akses pasar, perubahan iklim, dan regenerasi petani muda. Oleh sebab itu, diperlukan dukungan pemerintah, perguruan tinggi, dan sektor swasta dalam memperkuat sistem agribisnis kopi berkelanjutan. Pengembangan kopi berkelanjutan di Majalengka menjadi contoh nyata bahwa pertanian dapat berkembang secara ekonomi tanpa mengabaikan kelestarian lingkungan. Sistem pertanian berbasis konservasi seperti agroforestri perlu terus dikembangkan sebagai model pembangunan pertanian masa depan.

Desa Pertanian Organik

Pertanian organik merupakan salah satu bentuk penerapan pembangunan pertanian berkelanjutan yang semakin berkembang di Indonesia. Sistem pertanian ini mengutamakan pemanfaatan bahan-bahan alami dan mengurangi ketergantungan terhadap pupuk serta pestisida kimia sintetis. Penerapan pertanian organik tidak hanya bertujuan menghasilkan produk pertanian yang lebih sehat, tetapi juga menjaga keseimbangan ekosistem dan keberlanjutan sumber daya alam. Dalam perkembangannya, sejumlah desa di Indonesia mulai mengembangkan konsep desa pertanian organik sebagai strategi untuk meningkatkan kualitas lingkungan sekaligus memperkuat kesejahteraan masyarakat.

Desa pertanian organik umumnya menerapkan berbagai praktik yang mendukung keberlanjutan pertanian, seperti penggunaan pupuk organik untuk meningkatkan kesuburan tanah, pengendalian hama dan penyakit secara alami, serta pengelolaan limbah pertanian agar dapat dimanfaatkan kembali sebagai sumber bahan organik. Selain itu, konservasi tanah dan air dilakukan untuk menjaga kualitas serta ketersediaan sumber daya alam dalam jangka panjang. Pengembangan kelembagaan petani juga menjadi bagian penting karena dapat memperkuat kerja sama, meningkatkan kapasitas petani, serta mendukung pemasaran dan pengembangan produk organik. Pengembangan desa pertanian organik telah dilakukan di berbagai wilayah Indonesia, termasuk beberapa daerah di Jawa Barat dan Jawa Tengah yang mengembangkan komoditas sayuran, padi, dan

hortikultura dengan pendekatan organik. Pengembangan tersebut menunjukkan bahwa pertanian organik dapat diterapkan sebagai bagian dari strategi pembangunan perdesaan yang memadukan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Penerapan konsep desa pertanian organik memberikan berbagai manfaat bagi masyarakat dan lingkungan. Dari aspek ekologis, sistem ini dapat membantu mempertahankan kesuburan tanah, mengurangi pencemaran lingkungan, serta menjaga kualitas sumber daya tanah dan air. Dari aspek kesehatan, penggunaan bahan alami dalam proses produksi berpotensi menghasilkan pangan yang lebih sehat. Sementara itu, dari aspek ekonomi, produk organik memiliki peluang memperoleh nilai jual yang lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan pendapatan petani. Selain itu, berkurangnya penggunaan bahan kimia sintetis dapat menurunkan ketergantungan petani terhadap input eksternal sekaligus mendukung terciptanya sistem pertanian yang lebih mandiri dan berkelanjutan.

Selain manfaat lingkungan, desa pertanian organik juga memberikan dampak sosial ekonomi yang positif. Petani memperoleh pengetahuan baru mengenai pertanian ramah lingkungan dan memiliki peluang memperoleh harga jual produk yang lebih tinggi. Namun, penerapan pertanian organik memerlukan proses adaptasi yang tidak mudah. Pada tahap awal, produktivitas lahan terkadang mengalami penurunan karena tanah masih dalam proses pemulihan dari penggunaan bahan kimia sebelumnya. Selain itu, tantangan lain yang dihadapi

adalah keterbatasan pasar produk organik, sertifikasi organik, dan kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai manfaat produk organik.

International Federation of Organic Agriculture Movements, pertanian organik tidak hanya bertujuan menghasilkan pangan sehat, tetapi juga menjaga keseimbangan ekosistem dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Desa pertanian organik menjadi salah satu model pembangunan pertanian berkelanjutan yang sangat relevan dikembangkan di Indonesia. Dengan kekayaan sumber daya alam dan budaya pertanian yang kuat, Indonesia memiliki peluang besar menjadi pusat pengembangan pertanian organik di masa depan.

Pembangunan berkelanjutan merupakan konsep pembangunan yang bertujuan memenuhi kebutuhan generasi saat ini tanpa mengurangi kemampuan generasi mendatang dalam memenuhi kebutuhannya. Dalam konteks pertanian, pembangunan berkelanjutan menjadi sangat penting karena sektor pertanian memiliki hubungan erat dengan pemanfaatan sumber daya alam dan lingkungan. Melalui pembahasan pada setiap bab, dapat disimpulkan bahwa pembangunan pertanian berkelanjutan harus memperhatikan keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial, lingkungan, dan kelembagaan. Pertanian tidak hanya dipandang sebagai aktivitas produksi pangan, tetapi juga sebagai sistem yang memengaruhi kesejahteraan masyarakat dan kelestarian lingkungan hidup.

Konsep ekonomi sumber daya alam dan lingkungan memberikan pemahaman bahwa sumber daya alam memiliki keterbatasan sehingga pemanfaatannya harus dilakukan secara efisien dan bertanggung jawab. Kerusakan lingkungan akibat eksploitasi sumber daya alam secara berlebihan dapat mengancam keberlanjutan pembangunan dan ketahanan pangan di masa depan. Berbagai tantangan pembangunan berkelanjutan seperti alih fungsi lahan, perubahan iklim, krisis air, ketimpangan ekonomi desa, dan eksploitasi sumber daya alam menunjukkan bahwa pembangunan pertanian memerlukan strategi yang lebih adaptif dan ramah lingkungan.

AMDAL memiliki peran penting dalam mengendalikan dampak lingkungan dari kegiatan pembangunan, termasuk pada sektor pertanian. Selain itu, indikator keberlanjutan juga diperlukan untuk mengukur sejauh mana pembangunan telah berjalan sesuai dengan prinsip keberlanjutan. Strategi pembangunan pertanian berkelanjutan dapat dilakukan melalui penguatan kebijakan pemerintah, pengembangan teknologi pertanian ramah lingkungan, penerapan *circular economy*, pemberdayaan petani, serta inovasi pertanian modern berbasis teknologi dan konservasi lingkungan. Studi kasus di Indonesia menunjukkan bahwa pembangunan pertanian berkelanjutan dapat diterapkan secara nyata melalui pertanian padi berkelanjutan, pengembangan kopi berbasis agroforestri, dan desa pertanian organik. Hal tersebut membuktikan bahwa peningkatan ekonomi dapat berjalan seiring dengan pelestarian lingkungan apabila dikelola dengan baik.

Pembangunan pertanian berkelanjutan diharapkan mampu menciptakan sistem pertanian yang produktif, adil, dan ramah lingkungan. Pertanian masa depan tidak hanya dituntut menghasilkan pangan dalam jumlah cukup, tetapi juga harus menjaga keberlanjutan sumber daya alam dan kesejahteraan masyarakat. Dengan dukungan kebijakan yang tepat, teknologi modern, serta partisipasi masyarakat, Indonesia memiliki peluang besar untuk menjadi negara yang mampu mengembangkan sistem pertanian berkelanjutan secara optimal. Harapan terbesar dari pembangunan pertanian berkelanjutan adalah terciptanya keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, ketahanan pangan, dan kelestarian lingkungan sehingga generasi mendatang tetap dapat menikmati manfaat sumber daya alam secara berkelanjutan

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, S., Klobodu, E. K. M., & Apio, A. (2018). Renewable and non-renewable energy, regime type and economic growth. *Renewable Energy*, 125, 755–767. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.02.135>
- Adedoyin, F. F., Ozturk, I., Agboola, M. O., Agboola, P. O., & Bekun, F. V. (2021). The implications of renewable and non-renewable energy generating in Sub-Saharan Africa: The role of economic policy uncertainties. *Energy Policy*, 150, Article 112115. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112115>
- Ahmad Fauzi. (2004). *Ekonomi sumber daya alam dan lingkungan: Teori dan aplikasi*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Ahmad Fauzi. (2010). *Ekonomi Sumber Daya alam dan Lingkungan, teori dan aplikasi*. PT Gramedia Pustaka Umum.
- Ahmad Fauzi. (2019). *Teknik Analisis Keberlanjutan*. PT Gramedia.
- Altieri, M. (1995). *Agroecology: The science of sustainable agriculture*. Westview Press.
- ASTM International. (2019). *ASTM D388-19: Standard classification of coals by rank*. ASTM International. <https://www.astm.org/d0388-19.html>

- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik lingkungan hidup Indonesia*. BPS.
- Belli, P., Anderson, J. R., Barnum, H. N., Dixon, J. A., & Tan, J.-P. (2001). *Economic analysis of investment operations: Analytical tools and practical applications*. World Bank Institute.
- Berita Geothermal. (2025). *Tujuh perusahaan operator panas bumi di Indonesia beserta daftar pembangkit dan kapasitasnya*.
<https://beritageothermal.com/tujuh-perusahaan-operator-panas-bumi-di-indonesia-beserta-daftar-pembangkit-dan-kapasitasnya/>
- Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018). *Cost-benefit analysis: Concepts and practice* (5th ed.). Cambridge University Press.
- Bos, F., Hof, B., Tijn, J., & Koike, A. (2026). *How Can Social Cost-Benefit Analysis Better Measure the Impact of Policy on Well-Being?* CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis & PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Campbell, H. F., & Brown, R. P. C. (2016). *Cost-benefit analysis: Financial and economic appraisal using spreadsheets* (2nd ed.). Routledge.
- Carson, R. (1962). *Silent spring*. Houghton Mifflin.
- Catur Sugiyanto, & Aula Ahmad H.S.F. (2016). *Ekonomi Sumber Daya Alam*. UPP STIM YKPN.

- Cavallo, A. J. (2004). *Hubbert's peak prediction vs. actual oil production in the United States* [Data set]. U.S. Energy Information Administration (EIA); Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/hubberts-peak-vs-actual-oil-production-in-the-united-states>
- Čavlin, M., Dmitrović, V., & Majstorović, A. (2024). Cost-benefit analysis in the function of controlling sustainable investments. *Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management*, 7(4), 1148–1157. <https://doi.org/10.55817/AFQF5722>
- Dales, J. H. (1968). *Pollution, property and prices: An essay in policy-making and economics*. University of Toronto Press.
- Darmawansyah, D., Reflis, R., Romdhon, M., & Utama, S. P. (2026). Integrasi Cost–Benefit Analysis dalam Penilaian Ekonomi Ekosistem dan Sumber Daya Alam. *Jurnal Manajemen Bisnis Digital Terkini*, 3(1), 254–267. <https://doi.org/10.61132/jumbidter.v3i1.1217>
- Dasgupta, P., & Heal, G. (1974). The optimal depletion of exhaustible resources. *The Review of Economic Studies*, 41, 3–28. <https://doi.org/10.2307/2296369>
- Dewan Energi Nasional. (2023). *Outlook energi Indonesia 2023*. Dewan Energi Nasional Republik Indonesia. <https://www.den.go.id/publikasi/Outlook-Energi-Indonesia>

- Eckstein, O. (1958). *Water resource development: The economics of project evaluation*. Harvard University Press.
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone Publishing.
- Ernah, Pertiwi, W. N., Kundrat, Pratama, B. R., & Samantha, Y. (2026). *PERTANIAN PRESISI: Konsep, Implementasi, dan Implikasi Ekologis*. PT Ghani Press Group.
- European Forest Institute (EFI). (2024). *Making payments for environmental services effective: Key insights* [Infographic]. INTERCEDE Project. <https://intercede-project.eu/how-can-we-make-payments-for-environmental-services-work/>
- Fishelson, G. (1983). Hotelling rule, economic responses and oil prices. *Energy Economics*, 5(3), 153–156.
- Food and Agriculture Organization. (1996). *Rome declaration on world food security and world food summit plan of action*. FAO.
- Food and Agriculture Organization. (2002). *Deficit irrigation practices* (Water Reports No. 22). FAO. <https://www.fao.org/3/Y3655E/y3655e00.htm>
- Food and Agriculture Organization. (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. FAO.
- Food and Agriculture Organization. (2023). *Water management*. FAO. <https://www.fao.org/land-water/water/water-management/en/>

- Gaugler, T. (2015). What drives resource prices? A qualitative review with recommendations for further development of the Hotelling model. *Mineral Economics*, 28(1–2), 37–51. <https://doi.org/10.1007/s13563-015-0064-1>
- Gittinger, J. P. (1982). *Economic analysis of agricultural projects* (2nd ed.). Johns Hopkins University Press.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement* (NBER Working Paper No. 3914).
- Handika, R., Widodo, J., & Pravitasari, A. E. (2024). Combined land subsidence analysis in Jakarta based on PS-InSAR and MICMAC methods. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 25(1), 137–145. <https://doi.org/10.55981/jtl.2024.1125>
- Hanemann, W. M. (1991). Willingness to pay and willingness to accept: How much can they differ? *The American Economic Review*, 81(3), 635–647.
- Hanley, N., Shogren, J. F., & White, B. (2007). *Environmental economics in theory and practice* (2nd ed.). Palgrave Macmillan.
- Hanley, N., Shogren, J. F., & White, B. (2019). *Introduction to environmental economics* (3rd ed.). Oxford University Press.

- Heal, G. (1976). The relationship between price and extraction cost for a resource with a backstop technology. *The Bell Journal of Economics*, 7(2), 371–378. [suspicious link removed]
- Hicks, J. R. (1939). *Value and capital: An inquiry into some fundamental principles of economic theory*. Clarendon Press.
- Horowitz, J. K., & McConnell, K. E. (2002). A review of WTA/WTP studies. *Journal of Environmental Economics and Management*, 44(3), 426–447.
- Hotelling, H. (1931). The economics of exhaustible resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137–175. <https://doi.org/10.1086/254195>
- I Ketut Nehen. (2017). *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Udayana University Press.
- Idroes, G. M., Hardi, I., Rahman, M. H., Afjal, M., Noviandy, T. R., & Idroes, R. (2024). The dynamic impact of non-renewable and renewable energy on carbon dioxide emissions and ecological footprint in Indonesia. *Carbon Research*, 3(1), 35. <https://doi.org/10.1007/s44246-024-00117-0>
- Inter-American Development Bank. (2021). *Cost-benefit and cost-effectiveness analysis*. Inter-American Development Bank.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press.

- International Energy Agency (IEA). (2024). *World energy outlook 2024*. IEA Publications. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
- International Federation of Organic Agriculture Movements. (2005). *Principles of organic agriculture*. IFOAM.
- International Network of Basin Organizations. (2024). *Strategic water resources management in Citarum River Basin in Indonesia*. INBO. <https://www.inbo-news.org/strategic-water-resources-management-in-citarumriver-basin-in-indonesia/>
- International Renewable Energy Agency (IRENA). (2024). *Renewable power generation costs in 2023*. IRENA. <https://www.irena.org/publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023>
- Johansson, P.-O., & Kriström, B. (2015). *Cost-benefit analysis for project appraisal*. Cambridge University Press.
- Just, R. E., Hueth, D. L., & Schmitz, A. (2004). *The welfare economics of public policy: A practical approach to project and policy evaluation*. Edward Elgar.
- Kahneman, D., Knetsch, J. L., & Thaler, R. H. (1991). Anomalies: The endowment effect, loss aversion, and status quo bias. *Journal of Economic Perspectives*, 5(1), 193–206.

- Kaldor, N. (1939). Welfare propositions of economics and interpersonal comparisons of utility. *The Economic Journal*, 49(195), 549–552.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 28 Tahun 2016 tentang Harga Jual Batubara untuk Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum*. Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2022a). *Laporan kinerja Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2021*. Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2022b). *Laporan kinerja Kementerian ESDM 2021*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023a). *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2023*. Pusat Data dan Teknologi Informasi ESDM.
<https://www.esdm.go.id/en/publication/handbook-of-energy-economic-statistics-of-indonesia>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023b). *Presiden RI resmikan PLTS terapung terbesar di Asia Tenggara*. Kementerian ESDM Republik Indonesia.
<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/presiden-ri-resmikan-plts-terapung-terbesar-di-asia-tenggara>

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2024a). *Aturan terbaru PLTS atap terbit, kini kapasitas pemasangan tidak dibatasi*. Kementerian ESDM Republik Indonesia. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/aturan-terbaru-plts-atap-terbit-kini-kapasitas-pemasangan-tidak-dibatasi>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2024b). *Capaian kinerja sektor ESDM 2023 dan rencana 2024*. Kementerian ESDM Republik Indonesia. <https://www.esdm.go.id>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2024c). *Handbook of energy and economic statistics of Indonesia 2023*. Pusat Data dan Teknologi Informasi ESDM. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-and-economic-statistics-of-indonesia-2023.pdf>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2024d). *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 341.K/EK.01/MEM.E/2024 tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel sebagai Campuran Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar*. Kementerian ESDM Republik Indonesia.

- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2025). *Neraca sumber daya dan cadangan mineral, batubara, dan panas bumi Indonesia tahun 2025*. Badan Geologi, Kementerian ESDM. <https://geologi.esdm.go.id/media-center/indonesia-s-mineral-and-coal-resources-and-reserves-2025>
- Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2024). *Green Sukuk allocation and impact report*. DJTJEN Pengelolaan Pembiayaan dan Risiko, Kementerian Keuangan RI. <https://api-djppr.kemenkeu.go.id/web/api/v1/media/A99E2679-3F9D-4AA1-956C-D98CC2963BFD>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2009). *Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. KLHK.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021a). *Indonesia long-term strategy for low carbon and climate resilience 2050 (LTS-LCCR 2050)*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Indonesia_LTS-LCCR_2050.pdf

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021b). *Long-term strategy for low carbon and climate resilience 2050 (LTS-LCCR 2050)*. Pemerintah Republik Indonesia. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Indonesia_LTS-LCCR_2021.pdf
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021c). *Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. KLHK.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021d). *Status lingkungan hidup Indonesia 2021*. KLHK.
- Kementerian Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup. (2025). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2025 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil*. Kementerian LH/BPLH Republik Indonesia.
- Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2022). *Pembangunan pertanian berkelanjutan Indonesia*. Kementerian Pertanian RI.
- Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia. (2024, November). *Mengejar produksi 1 juta barel di 2030*. Portal Informasi Indonesia. <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/8766/mengejar-produksi-1-juta-barel-di-2030>

- Khan, S. A. R., Zia-Ul-Haq, H. M., Ponce, P., & Janjua, L. (2023). Re-investigating the impact of non-renewable and renewable energy on environmental quality: A roadmap towards sustainable development. *Resources Policy*, 81, Article 103411. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103411>
- Krutilla, J. V. (1967). Conservation reconsidered. *The American Economic Review*, 57(4), 777–786.
- Krutilla, J. V., & Eckstein, O. (1958). *Multiple purpose river development: Studies in applied economic analysis*. Johns Hopkins University Press.
- Kusumadewi, A. (2023, Agustus 3). *Jateng punya 2.421 Desa Mandiri Energi, buka lapangan kerja dan diversifikasi ekonomi*. Kompas Lestari. <https://lestari.kompas.com/read/2023/08/03/210000786/jateng-punya-2.421-desa-mandiri-energi-buka-lapangan-kerja-dan-diversifikasi>
- M. Suparmoko. (1997). *Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Suatu Pendekatan Teoritis)* (Ed. 3). PT BPFE-Yogyakarta.
- M. Suparmoko. (2013a). *Buku Pedoman Penilaian Ekonomi: Sumber Daya Alam dan Lingkungan (Konsep dan Metode Perhitungan)*. Fakultas Ekonomi dan Bisnis UGM.
- M. Suparmoko. (2013b). *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. FEB UGM.

- Maass, A., Hufschmidt, M. M., Dorfman, R., Thomas, H. A., Marglin, S. A., & Fair, G. M. (1962). *Design of water-resource systems*. Harvard University Press.
- Marshall, A. (1890). *Principles of economics*. Macmillan.
- Mishan, E. J., & Quah, E. (2007). *Cost-benefit analysis* (5th ed.). Routledge.
- Nordhaus, W. D. (1973). The allocation of energy resources. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1973(3), 529–570.
- Nordhaus, W. D. (2007). A review of the Stern Review on the economics of climate change. *Journal of Economic Literature*, 45(3), 686–702.
- Oladunni, O. J., Olanrewaju, O. A., & Lee, C. K. M. (2024). The Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis on GHG emissions: analyses for transportation industry of South Africa. *Discover Sustainability*, 5, 302. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00518-6>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2001). *Sustainable development: Critical issues*. OECD Publishing.
- Pearce, D. W., Atkinson, G., & Mourato, S. (2006). *Cost-benefit analysis and the environment: Recent developments*. OECD Publishing.
- Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Johns Hopkins University Press.

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2004a).
Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2004 tentang Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi.
<https://peraturan.bpk.go.id>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2004b).
Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2004 tentang Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004 Nomor 123.
<https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/65695/pp-no-35-tahun-2004>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2021a).
Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 32.
<https://peraturan.bpk.go.id/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. (2021b).
Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 96 Tahun 2021 tentang Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 206.
<https://peraturan.bpk.go.id/Details/180700/pp-no-96-tahun-2021>

- Peraturan Presiden Republik Indonesia. (2017a). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)*. Lembaran Negara Republik Indonesia. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/68772>
- Peraturan Presiden Republik Indonesia. (2017b). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 43. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/68772>
- Petrović, A. M. (2020). *Renewable and nonrenewable energy potential*. ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19794.79043>
- Pidwirny, M. (2006). The hydrological cycle. *Fundamentals of physical geography* (2nd ed.). PhysicalGeography.net. <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8b.html>
- Pigou, A. C. (1920). *The economics of welfare*. Macmillan.
- Priest, T. (2014). Hubbert's peak: The great debate over the end of oil. *Historical Studies in the Natural Sciences*, 44(1), 37–79. <https://doi.org/10.1525/hsns.2014.44.1.37>

- Rahmat, H. K. (2025). Balancing Profits and Responsibility: The Role of Cost-Benefit Analysis in Business Decision Making. *Al-Ihtiram: Multidisciplinary Journal of Counseling and Social Research*, 4(1), 273–280.
- Raju, C. S. R. (2025). Welfare Economics and Its Application in Public Policy Projects. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 12(6), i608–i625.
- Randall, A., & Stoll, J. R. (1980). Consumer's surplus in commodity space. *The American Economic Review*, 70(3), 449–455.
- Reed, J. (2022, February 17). *Positive and negative externalities*. ReviewEcon.com. <https://www.reviewecon.com/externalities>
- Scitovsky, T. (1941). A note on welfare propositions in economics. *The Review of Economic Studies*, 9(1), 77–88.
- Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional. (2023). *Outlook energi Indonesia 2023*. Dewan Energi Nasional Republik Indonesia. https://suaraenergi.com/wp-content/uploads/2024/01/Buku-Outlook-Energi-Indonesia-2023-2033-suaraenergi.com_.pdf
- Shafik, N. (1994). Economic development and environmental quality: An econometric analysis. *Oxford Economic Papers*, 46, 757–773.

- Squire, L., & van der Tak, H. G. (1975). *Economic analysis of projects*. Johns Hopkins University Press.
- Stern, N. (2007). *The economics of climate change: The Stern Review*. Cambridge University Press.
- Sutrisno, C. T. (2020). Optimalisasi pemanfaatan sumber daya air untuk meningkatkan produksi pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.21082/jsdl.v14n1.2020.1-12>
- Sutrisno, N., & Hamdani, A. (2019). Optimalisasi pemanfaatan sumber daya air untuk meningkatkan produksi pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13(2), 73–88. <https://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/11003>
- Tietenberg, T. H., & Lewis, L. (2018). *Environmental and natural resource economics* (11th ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315208343>
- Tunçel, T., & Hammitt, J. K. (2014). A new meta-analysis on the WTP/WTa disparity. *Journal of Environmental Economics and Management*, 68(1), 175–187.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1991). Loss aversion in riskless choice: A reference-dependent model. *The Quarterly Journal of Economics*, 106(4), 1039–1061.

- Undang-Undang Republik Indonesia. (2019). *Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 190, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6405.
- United Nations. (1987). *Our common future*. Oxford University Press.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. United Nations.
- United Nations. (2024). *Water*. United Nations Global Issues. <https://www.un.org/en/global-issues/water>
- United Nations Development Programme. (2021). *Human development report 2021/2022*. UNDP.
- United Nations Environment Programme. (2011). *Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication*. UNEP.
- United Nations Environment Programme. (2021). *Making peace with nature*. UNEP.
- Waibel, H., Liebehnem, S., & Ernah. (2026). *Asian Agriculture in a Climate Change-driven and Risky World*. CABI Publisher.
- Weitzman, M. L. (1998). Why the far-distant future should be discounted at its lowest possible rate. *Journal of Environmental Economics and Management*, 36(3), 201–208.

- Willig, R. D. (1976). Consumer surplus without apology. *The American Economic Review*, 66(4), 589–597.
- World Bank. (2022). *World development report 2022: Development and the environment*. World Bank.
- Wunder, S. (2015). Revisiting the concept of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 117, 234–243.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.08.016>
- Wuryandani, D. (2024, Maret). *Peningkatan produksi batu bara di tengah upaya pencapaian target NZE 2060* (Isu Sepekan Bidang Ekkuinbang, Komisi VII, Minggu ke-3, 18–24 Maret 2024). Pusat Analisis Keparlemenan, Badan Keahlian Sekretariat Jenderal DPR RI.
https://berkas.dpr.go.id/pusaka/files/isu_sepekan/Isu%20Sepekan---III-PUSLIT-Maret-2024-206.pdf
- Yakin, A. (2015). *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan: Teori, Kebijakan dan Aplikasi Bagi Pembangunan Berkelanjutan*. Penerbit Akademika Pressindo.

BIODATA PENULIS



Ernah

Penulis adalah dosen dan peneliti Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Penulis lulus dari Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor pada dan mendapat gelar Magister Sains pada Program Studi Ilmu Ekonomi Pertanian Institut Pertanian Bogor, serta mendapatkan gelar Doctor of Economics pada Hannover University Jerman. Penulis merupakan asesor, editor, reviewer yang sudah menghasilkan banyak tulisan ilmiah yang dipublikasikan di jurnal nasional, jurnal internasional bereputasi, buku, dan media massa.



Bayu Rizky Pratama

Penulis adalah dosen di Program Studi Agroteknopreneur, Sekolah Vokasi, Universitas Padjadjaran. Penulis menyelesaikan study S3 di departement of *Agricultural and Resources Economics*, Kangwon National University, South Korea, 2026. Pada praktisnya, penulis memiliki spesifikasi penelitian pada bidang *Agricultural and Resources Economics*, *Environmental Economics*, serta sedang mendalami pada *Behavioral Economics*.



Mia Rosmiati

Penulis merupakan staf pengajar di Program Studi Rekayasa Pertanian SITH-ITB. Menyelesaikan program sarjana di Sekolah Tinggi Pertanian Tanjungsari (STPT) tahun 1991, S2 di Jurusan Ilmu Ekonomi Pertanian UNPAD tahun 2001 dan S3 di Jurusan Ilmu Pertanian UNPAD tahun 2012, serta tahun 2019 lulus sebagai Insinyur (Ir.) dari Program Studi Program Profesi Insinyur ITB. Penulis berpengalaman dalam penelitian-penelitian di bidang Sosial Ekonomi Pertanian/Agribisnis dan sebagian besar hasil penelitiannya diterbitkan di jurnal – jurnal nasional dan internasional. Penulis aktif juga dalam organisasi profesi Perhimpunan Ekonomi Pertanian (PERHEPI) dan Persatuan Insinyur Indonesia (PII).



Dinar

Penulis adalah tenaga pendidik pada Program Studi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Majalengka, yang dilahirkan di Kabupaten Majalengka Jawa Barat. Penulis mengajar dan juga pernah menjadi Kepala Tempat Uji Kompetensi (TUK) Fakultas Pertanian Universitas Majalengka dan Wakil Dekan II Fakultas Pertanian Universitas Majalengka Periode Tahun 2023 sampai 2026