

PANDUAN TEKNIS

Efisiensi Sumber Daya dan Perubahan Iklim:
Strategi Efisiensi Material untuk Masa Depan Rendah Karbon
di Sektor Konstruksi Perumahan



© 2024 United Nations Environment Programme

Publikasi ini dapat diproduksi ulang secara keseluruhan atau sebagian, dalam bentuk apa pun, untuk tujuan pendidikan atau layanan nirlaba tanpa izin khusus dari pemegang hak cipta, asalkan publikasi ini ditulis sebagai sumber kutipan. Perserikatan Bangsa-Bangsa Program Lingkungan atau *United Nations Environment Programme* (UNEP) mengapresiasi jika dapat menerima salinan dari setiap publikasi yang menggunakan dokumen ini sebagai sumber kutipan.

Publikasi ini tidak boleh digunakan untuk tujuan komersial, seperti dijual kembali atau tujuan komersial lainnya, tanpa izin tertulis terlebih dahulu dari *United Nations Environment Programme* (UNEP). Permohonan izin tersebut, beserta pernyataan tujuan dan sejauh mana produksi ulang akan dilakukan, harus ditujukan kepada Direktur Divisi Komunikasi, *United Nations Environment Programme* (UNEP), unep-communication-director@un.org.

Pernyataan Penyangkalan/Disclaimer

Penggunaan dan penyajian materi dalam publikasi ini tidak mengimplikasikan adanya pendapat tertentu apa pun dari pihak Sekretariat Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai status hukum suatu negara, wilayah, kota, atau area tertentu atau pemerintahannya, atau mengenai pembatasan perbatasannya.

Penyebutan perusahaan komersial atau produk dalam dokumen ini tidak mengimplikasikan dukungan dari UNEP atau penulis. Penggunaan informasi dari dokumen ini untuk keperluan publisitas atau iklan tidak diperbolehkan. Nama-nama dan simbol merek dagang yang tertulis digunakan tanpa niat pelanggaran hukum merek dagang atau hak cipta.

Pandangan yang disampaikan dalam publikasi ini merupakan pandangan dari para penulis dan tidak selalu mencerminkan pandangan dari UNEP. Kami mohon maaf atas kesalahan atau kelalaian yang mungkin terjadi tanpa disengaja.

© Peta, foto, dan ilustrasi sesuai dengan yang disebutkan.
Foto sampul: Jakarta © alfin / AdobeStock

Saran kutipan: United Nations Environment Programme (2023). *Pedoman Teknis Efisiensi Sumber Daya dan Perubahan Iklim: Strategi Efisiensi Material untuk Masa Depan Rendah Karbon di Sektor Konstruksi Perumahan di Indonesia*.

Produksi: kipconcept gmbh, Bonn, www.kipconcept.de

<https://www.resourcepanel.org/reports/technical-guidelines-resource-efficiency-and-climate-change-construction-sector>

Publikasi (Panduan Teknis) ini didanai oleh International Climate Initiative (IKI) dan didukung oleh Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. IKI merupakan salah satu komitmen pendanaan iklim internasional yang penting dari Pemerintah Jerman dan diimplementasikan oleh Kementerian Federal Jerman untuk Urusan Perekonomian dan Aksi Iklim (BMWK) yang bermitra dengan Kementerian Federal Jerman untuk Lingkungan Hidup, Konservasi Alam, Keselamatan Nuklir, dan Perlindungan Konsumen (BMUV) dan Kementerian Luar Negeri Jerman (AA).

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis utama: Harshavardhan Jatkar, Fabio Carrer, Sara Amini, Agus Sari, Edgar Hertwich, Ian Hamilton.

Koordinasi di Indonesia: Rike Elviera, Anisa Muslich, Andika Akbar, Anindya Dwi Wulandari, Anandita Laksmi Susanto, dan rekan-rekan dari *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ).

Rekan-rekan yang memberikan masukan pada konsep awal meliputi: Yeri Permata Sari (Pusat Fasilitas Penerapan Standar Instrumen Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan), Merlyn Van Voore (Sekretariat IRP, UNEP), Jonathan Duwyn (UNEP, the Global Alliance for Buildings and Construction), Enrique Lendo Fuentes (UNEP).

Kami mengucapkan terima kasih untuk kontribusi dari peserta pada lokakarya pertama (daring) dan lokakarya kedua (luring) di Jakarta, Indonesia, termasuk kepada Edi Iswanto Wiloso, Barlev Nico Marhehe, Reiza Syarini, Imam Sugiatno, R. Yudityo Afri Adji, Lusy Widowati, Novan, Arum Ira Nadhira, Fransisca, Niken Pramesti, Shelly Novi, Nugroho Adi Sasongko, Fery Sandria, Reyhan Firlandy, Asti, Alfath Muhammad Amrin, Tsasca Dewi Arsyia Asyiffa, Kumaya A.N., Surendro, Diahwati, Basuki Muc-hlis, Marhasak Denny T.S., Pijar Wirastani, M. Adryan A.F., Nofalia Andriyani, Andra Teja B., Michael Yudha, Hanif, Muhammad Rilly Yogi, Anindya Saras, Dick B., Sony F., Aprilia Harera, Tito Aribowo, Agil A. H., Wandu Try K. U., Caroline Aretha M., Ayu Erliza, Minadiah Purba, Anindita Tanaya O., Widodo S., Dennic R., Feliciano, Imam Bagus, Gathot Galih Pribadi, Rizka Tri W., Gamal Sinurat, Noviyanti Anwar, M.A.M. Oktaufik, Bagus Kusuma, Anindito, serta rekan-rekan dan kontributor lain yang telah berdiskusi mengenai laporan ini dengan para penulis. Terima kasih khususnya kepada pembicara dalam lokakarya kedua, Ova Candra Dewi dan Tiyok Prasetyoadi.

Penyusunan panduan teknis ini dapat terjadi melalui dukungan berupa hibah yang diberikan oleh *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) kepada International Resource Panel (IRP), yang didanai oleh *Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection* (BMUV) dalam kerangka *International Climate Initiative*.

Panduan teknis ini ditulis di bawah bimbingan *International Resource Panel* (IRP) dari *United Nations Environment Programme* (UNEP). Terima kasih kami sampaikan kepada Ketua-Ketua IRP, dan anggota IRP dan Komite Pengarah (*Steering Committee*).

Para penulis berterima kasih kepada Sekretariat *International Resource Panel* (IRP) yang didukung oleh UNEP, dan khususnya kepada Vira Khoroshavina, atas koordinasi dan dukungan teknis yang diberikan untuk persiapan panduan teknis ini.



Implemented by

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Supported by:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation,
Nuclear Safety and Consumer Protection



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE

based on a decision of
the German Bundestag

GLOSARIUM

Istilah	Singkatan, satuan	Deskripsi
<i>Building Information Modeling</i> (Pemodelan Informasi Bangunan)	BIM	Memodelkan proyek bangunan dalam lingkungan tiga dimensi melalui kolaborasi dengan arsitek, insinyur, kontraktor, dan pemasok.
<i>Circular Economy</i> (Ekonomi Sirkular)	CE	Ekonomi yang mempertahankan nilai produk, material, dan sumber daya dalam ekonomi selama mungkin, serta meminimalisasi terbentuknya limbah.
<i>Compound Annual Growth Rate</i> (Tingkat Pertumbuhan Tahunan Terkonsolidasi)	CAGR	Mewakili tingkat pengembalian yang konstan selama suatu periode waktu.
<i>Construction & demolition waste</i> (Limbah Konstruksi & Pembongkaran)	C&DW	Limbah yang dihasilkan selama pembangunan, renovasi, atau pembongkaran bangunan atau infrastruktur.
<i>Dynamic Sector Map</i> (Peta Dinamika Sektor)	DSM	Peta dinamika sektor mencerminkan dinamika sektor yang terdiri dari berbagai pemangku kepentingan dan hubungan serta ketergantungan di antara mereka.
<i>Energy intensity</i> (Intensitas Energi)	EI. MJ/m²a or MJ/km.	Kebutuhan energi per unit (dan tahun)
<i>End-of-life recovery rate improvement</i> (Peningkatan tingkat pemulihan akhir hidup)	EoL	Strategi ME untuk meningkatkan pemulihan dan daur ulang material dari produk yang sudah tidak dipakai dan dibuang, untuk meningkatkan tingkat ketersediaan material sekunder
<i>Fabrication yield improvement</i> (Peningkatan hasil fabrikasi)	FYI	Strategi Efisiensi Material untuk mengurangi jumlah limbah material (<i>scrap</i>) dalam proses fabrikasi, sehingga mengurangi kebutuhan material primer.
<i>The Group of Twenty</i> (Kelompok Dua Puluh)	G20	Kelompok Dua Puluh adalah forum utama untuk kerja sama ekonomi internasional. Forum ini terdiri dari 19 negara (Argentina, Australia, Brasil, Kanada, Tiongkok, Prancis, Jerman, India, Indonesia, Italia, Jepang, Korea Selatan, Meksiko, Rusia, Arab Saudi, Afrika Selatan, Turki, Inggris Raya, dan Amerika Serikat) dan Uni Eropa.
<i>Greenhouse gas emissions</i> (Emisi Gas Rumah Kaca)	GRK, kg or Gt CO₂e	Emisi gas yang menyebabkan efek rumah kaca. Dilaporkan dalam satuan potensi setara dengan satu kilogram, ton, atau gigaton karbon dioksida.
<i>Gross Domestic Product</i> (Produk Domestik Bruto)	GDP/PDB	Produk Domestik Bruto mengukur nilai moneter barang dan jasa akhir yang diproduksi dalam suatu negara dalam periode waktu tertentu.
<i>Gross National Income</i> (Pendapatan Nasional Bruto)	GNI	Pendapatan Nasional Bruto mengukur PDB ditambah pendapatan yang diterima dari luar negeri dalam periode waktu tertentu.
<i>International Resource Panel</i> (Panel Sumber Daya Internasional)	IRP	Panel Sumber Daya Internasional diluncurkan oleh Perseikatan Bangsa-Bangsa Program Lingkungan atau <i>United Nations Environment Programme</i> (UNEP) pada tahun 2007 untuk membangun dan berbagi pengetahuan yang diperlukan dalam rangka meningkatkan penggunaan sumber daya di seluruh dunia.

Istilah	Singkatan, satuan	Deskripsi
<i>Life-cycle emissions</i> (Emisi Siklus Daur Hidup)		Emisi yang terkait dengan seluruh siklus daur hidup suatu produk, termasuk produksi material, konstruksi, operasi, dan pembuangan. Selain itu, emisi ini mencakup penggantian material utama saat daur ulang pada akhir hidup produk, serta penyimpanan karbon dalam kayu. Emisi ini juga disebut sebagai emisi 'seluruh sistem'. Emisi siklus daur hidup merujuk pada emisi seluruh sistem yang terkait dengan produksi, operasi, dan pembuangan seluruh persediaan produk yang dimodelkan.
<i>Low Energy Demand (scenario)</i> (Skenario) Kebutuhan Rendah Energi	LED	Skenario yang bertujuan untuk membatasi kenaikan suhu rata-rata global menjadi 1,5°C melalui upaya pengurangan kebutuhan energi yang radikal dan penggunaan energi terbarukan, tanpa menggunakan penangkapan dan penyimpanan CO ₂ .
<i>Lifetime extension</i> (perpanjangan masa pakai)	LTE	Strategi Efisiensi Material untuk meningkatkan masa pakai produk melalui desain yang lebih baik, peningkatan perbaikan, dan peningkatan pasar untuk material sekunder.
<i>Per capita floor area</i> (luas lantai per kapita)	m²/cap	Luas lantai residensial rata-rata yang tersedia per orang.
<i>Material Efficiency</i> (Efisiensi Material)	ME	Upaya-upaya dalam bentuk strategi teknis, model bisnis, preferensi konsumen, dan instrumen kebijakan yang dapat memberikan dampak penting pada pengurangan produksi material berkapasitas tinggi dan dengan konsumsi energi tinggi untuk dapat berguna bagi kesejahteraan manusia; dinyatakan sebagai rasio jumlah produk atau layanan yang diperoleh per unit penggunaan material.
<i>Material Efficiency strategy</i> (Strategi Efisiensi Material)	ME strategy	Pendekatan untuk meningkatkan efisiensi material. Dalam laporan ini, terdapat pemodelan berbagai strategi dan analisis penerapan kebijakan.
<i>Multi-family home</i> (Rumah Bersama)	MFH	Jenis hunian yang terdiri dari beberapa unit hunian yang terdapat dalam satu atau beberapa bangunan dalam sebuah kompleks (misalnya, apartemen).
<i>Material intensity</i> (Intensitas Material)	MI, kg/m²	Jumlah kandungan material tertentu per unit atau produk.
<i>Material substitution</i> (Substitusi Material)	MSu	Strategi Efisiensi Material dengan cara mengganti material dalam produk dengan material lain (misalnya, kayu menggantikan semen dan baja dalam bangunan).
<i>Nationally Determined Contributions</i> (Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional)	NDC	Komitmen suatu negara untuk mengurangi emisi nasional dan beradaptasi dengan dampak perubahan iklim.
<i>Open dynamic material systems model</i> (Model Sistem Material Dinamis Terbuka)	ODYM	Sebuah model terbuka untuk Analisis Aliran Material yang dikembangkan oleh Pauliuk dan Heeren (2019)

Istilah	Singkatan, satuan	Deskripsi
<i>Open dynamic material systems model for the resource efficiency and climate change mitigation project</i> (Model sistem material dinamis terbuka untuk proyek efisiensi sumber daya dan mitigasi perubahan iklim)	ODYM-RECC	Sebuah gambaran modular dari persediaan produk pada sektor pengguna utama dan siklus terkait dari material berukuran besar yang relevan dengan perubahan iklim.
<i>Participatory Systems Mapping</i> (Pemetaan Sistem Partisipatif)	PSM	Metodologi pemodelan partisipatif dengan sekelompok pemangku kepentingan yang secara kolaboratif mengembangkan peta sebab-akibat yang sederhana tentang suatu isu pada suatu workshop.
<i>Resource Efficiency</i> (Efisiensi Sumber Daya)	RE	Penggunaan sumber daya yang efisien, termasuk sumber daya material, air, energi, keanekaragaman hayati, lahan, dan sumber daya keuangan (dalam konteks perubahan iklim).
<i>Reduce, reuse, recycle</i> (Pengurangan, Penggunaan Kembali, Daur Ulang)	3Rs	Menunjukkan urutan prioritas untuk strategi pengurangan dan pengelolaan limbah.
<i>Reuse</i> (Penggunaan Kembali)	ReU	Strategi Efisiensi Material yang terdiri dari pemulihan, remanufaktur, dan penggunaan kembali komponen atau produk yang menggantikan produksi suku cadang atau produk primer.
<i>Single-family home</i> (Rumah Tunggal)	SFH	Unit hunian dengan struktur mandiri dan lahan sendiri yang ditujukan untuk satu keluarga.
<i>Shared Socioeconomic Pathway</i> (Jalur Sosioekonomi Gabungan)	SSP	Narasi dan skenario sosioekonomi yang digunakan untuk mengembangkan skenario energi global dan emisi GRK.
<i>Sustainable consumption and production</i> (Konsumsi dan Produksi Berkelanjutan)	SCP	Kerangka kerja yang mencakup semua isu yang bertujuan untuk meningkatkan cara pemerolehan, produksi, dan pemasaran produk dan material serta cara pembelian, penggunaan, dan pembuangan produk pada akhir masa pakai.
<i>Using Less Material by Design</i> (Menggunakan Material Lebih Sedikit melalui Desain)	ULD	Strategi Efisiensi Material yang berkaitan dengan pengurangan ukuran atau massa padatan produk, dengan mengurangi jumlah material dalam produk dan juga memiliki potensial untuk mengurangi energi yang dibutuhkan untuk pengoperasian (misalnya, menggunakan lebih sedikit baja dalam struktur bangunan).
<i>Zero Energy Building</i> (Bangunan Nol Energi)	ZEB	Bangunan dengan kebutuhan energi yang sangat rendah. Ketika dilengkapi dengan panel surya, bangunan tersebut menghasilkan energi sebanyak energi yang dikonsumsi.

Daftar Isi

Ucapan Terima Kasih	i
Glosarium	ii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	vii
Sambutan	8
1 Pendahuluan	10
2 Tujuan	12
2.1 Tujuan Umum	13
2.2 Tujuan Khusus	13
3 Latar Belakang	14
3.1 Profil Negara	15
3.1.1 Sektor Bangunan dan Konstruksi	15
3.1.2 Komitmen untuk Mengatasi Perubahan Iklim	16
4 Metode	18
5 Analisis Model	22
5.1 Pemodelan Sektor Perumahan	23
5.2 Perhitungan Aliran Material dan Emisi GRK	23
5.2.1 Permintaan Bangunan	23
5.2.2 Stok dan Tipe Bangunan Eksisting	23
5.2.3 Dari Pemulihan Limbah hingga Produksi Primer dan Emisi	24
5.3 Pemodelan Strategi Efisiensi Material untuk Bangunan	25
5.3.1 Mengurangi Limbah dan Meningkatkan Daur Ulang	25
5.3.2 Penggantian Material	25
5.3.3 Menghemat Material Berdasarkan Desain	25
5.3.4 Perilaku Pengguna	26
5.4 Kesimpulan Analisis Model	27
5.4.1 Implementasi semua Strategi ME	27
5.4.2 Dekarbonasi Sistem Produksi	27
5.4.3 Diskusi Pemodelan	27

6	Dinamika Sektor	30
6.1	Tata Kelola dan Perencanaan	33
6.2	Kebijakan Finansial	35
6.3	Rantai Pasokan Material	35
6.4	Sektor Konstruksi dan Desain	36
6.5	Sektor Perumahan Informal	36
7	Kerangka Aksi Prioritas	38
	TUJUAN 1: Menggunakan Material Rendah Karbon	39
	TUJUAN 2: Menghemat Material Berdasarkan Desain	40
	TUJUAN 3: Dekarbonisasi dan Penggantian Material	40
	TUJUAN 4: Dekarbonasi Proses Manufaktur	41
	TUJUAN 5: Mengurangi Limbah dan Meningkatkan Guna Ulang dan Daur Ulang	41
8	Aksi-aksi Percepatan Dekarbonasi Material	50
9	Rekomendasi Peta Jalan	54
10	Pertimbangan Lebih Lanjut	56
	Lampiran	58
	Lampiran I: Detail Kerangka Aksi	59
	Lampiran II: Peta Dinamika Sektor	62
	Daftar Pustaka	64

DAFTAR TABEL

Tabel 1:	Kebijakan yang mengatur penggunaan material dan energi di Indonesia, *termasuk, namun tidak terbatas pada, contoh peraturan di tingkat kota.	17
Tabel 2:	Jumlah peserta yang menghadiri lokakarya	20
Tabel 3:	Karakteristik arketipe	24
Tabel 4:	Jejak material dari arketipe bangunan. Nilai dalam kg/m ²	26
Tabel 5:	Rangkuman strategi efisiensi material	28
Tabel 6:	Aktor-aktor yang teridentifikasi terlibat dalam sektor konstruksi bangunan perumahan di Indonesia	32
Tabel 7:	Kerangka Aksi Prioritas untuk Tujuan 1	42
Tabel 8:	Kerangka Aksi Prioritas untuk Tujuan 2	43
Tabel 9:	Kerangka Aksi Prioritas untuk Tujuan 3	44
Tabel 10:	Kerangka Aksi Prioritas untuk Tujuan 4	46
Tabel 11:	Kerangka Aksi Prioritas untuk Tujuan 5	48
Tabel 12:	Peta jalan percepatan proses dekarbonisasi	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1:	Proses penelitian yang memandu proyek.	19
Gambar 2:	Pemangku kepentingan utama yang partisipasinya sangat penting dalam dekarbonisasi bangunan pada berbagai fase hidup bangunan (United Nations Environment Programme, 2023).	31



SAMBUTAN

Jumlah penduduk dunia yang diproyeksikan semakin bertambah tentunya berdampak signifikan pada peningkatan penggunaan sumber daya atau material. Penerapan strategi-strategi efisiensi sumber daya atau *resource efficiency* dapat berperan terhadap penurunan penggunaan sumber daya alam yang terbatas dan berdampak positif bagi perekonomian. Pemodelan yang dilakukan oleh *International Resource Panel* (IRP) pada tahun 2017 berjudul "Efisiensi Sumber Daya: Potensi dan Implikasi Ekonomi", memberikan estimasi keuntungan ekonomi secara global sebesar 2 triliun dollar Amerika serta pengurangan penggunaan sumber daya alam dapat diperoleh bila *resource efficiency* diterapkan. Terlebih lagi, strategi *resource efficiency* juga dapat bermanfaat dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Melalui penerapan strategi *resource efficiency* oleh sektor bisnis dan industri, maka produk akhir yang diperoleh menjadi lebih ramah lingkungan dan ekstraksi sumber daya alam, baik yang dapat diperbaharui maupun tidak dapat diperbaharui, dapat dikurangi, sehingga dampak perubahan iklim dapat diminimalisasi.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) yang bertugas untuk mengelola lingkungan hidup secara berkelanjutan, memiliki peran penting dalam mendukung terwujudnya praktik-praktik *resource efficiency* di Indonesia. Sejalan dengan hal tersebut, kajian "Panduan Teknis: Efisiensi Sumber Daya dan Perubahan Iklim: Strategi-Strategi Efisiensi Material untuk Masa Depan Rendah Karbon di Sektor Konstruksi Hunian di Indonesia" ini disusun untuk dapat memberikan rekomendasi bagi para pemangku kepentingan agar dapat mendorong strategi efisiensi material nasional di sektor konstruksi hunian di Indonesia.

Kajian ini disusun berdasarkan rangkaian kegiatan yang dilaksanakan pada Desember 2022 secara daring dan pada Maret 2023 secara luring di Jakarta yang melibatkan pemangku kepentingan dari sektor pemerintah, swasta, asosiasi industri, akademisi, dan organisasi non-pemerintah terkait. Hasil pemodelan pada kajian ini menunjukkan bahwa Indonesia memiliki potensi tinggi untuk menerapkan upaya-upaya penghematan sumber daya, yaitu sebesar sekitar 46% beban produksi material secara kumulatif bila peningkatan efisiensi material diterapkan di sektor konstruksi hunian.

Kajian ini mendukung peran KLHK dalam upaya mendukung strategi efisiensi sumber daya untuk mempercepat upaya dekarbonisasi sektor konstruksi hunian di Indonesia dengan adanya analisis mengenai peluang dan tantangan efisiensi material serta rekomendasi peta jalan bagi para pemangku kepentingan, termasuk penerap standar dan instrumen, dari sektor pemerintah, lembaga pendanaan, profesi keahlian, pemilik bangunan, akademisi serta pihak terkait lainnya.

Penerapan standar terkait *resource efficiency* di Indonesia merupakan salah satu Menu Aksi yang tercantum dalam Dokumen Kerangka Kerja Strategi Pencapaian Konsumsi dan Produksi Berkelanjutan Indonesia Tahun 2020 – 2030 dan Dokumen Pedoman Aksi Konsumsi dan Produksi Berkelanjutan yang ditandatangani oleh Menteri LHK dan Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala BAPPENAS pada tahun 2020.

Kajian ini turut serta mendukung KLHK dalam perannya yang bertanggung jawab terhadap capaian data nasional dari Tujuan Pembangunan Berkelanjutan atau *Sustainable Development Goal* (SDG) 12 mengenai Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab, khususnya untuk indikator target 12.1, 12.6, 12.7, dan 12.8.

Kajian ini merupakan bagian dari kerangka proyek kerja sama luar negeri *Initiative Resource Efficiency and Climate Action* atau IREK Fase II yang didanai oleh Kementerian Federal Jerman untuk Lingkungan Hidup, Konservasi Alam, Keselamatan Nuklir, dan Perlindungan Konsumen (BMUV) dan diimplementasikan oleh *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH. Proyek IREK II ini menitikberatkan pada dukungan implementasi strategi dan program terkait *resource efficiency* dan perlindungan iklim di sektor industri.

Akhir kata, kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan dokumen ini sejak Desember 2022, terutama para pemangku kepentingan yang telah berpartisipasi dalam lokakarya terkait pada Maret 2023 di Jakarta. Semoga kajian ini dapat bermanfaat bagi para pemangku kepentingan nasional terkait sehingga dapat menunjang organisasi masing-masing dalam upaya meningkatkan efisiensi sumber daya di Indonesia.



© pribadi

Merlyn Van Voore
Kepala Sekretariat

Panel Sumber Daya Internasional



PENDAHULUAN

Dalam laporan berjudul *"Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future (RECC)"* (IRP, 2020), International Resource Panel (IRP) melakukan penilaian yang ketat terhadap kontribusi efisiensi material terhadap strategi pengurangan Gas Rumah Kaca (GRK). Laporan RECC fokus menilai potensi pengurangan emisi GRK yang dihasilkan dari strategi efisiensi material di bangunan perumahan dan kendaraan ringan, serta meninjau kebijakan yang berkaitan dengan pelaksanaan strategi-strategi tersebut. Laporan RECC ditulis menggunakan model *'Open Dynamic Material Systems for Resource Efficiency and Climate Change'* (ODYM-RECC) untuk menunjukkan potensi pengurangan emisi GRK dari strategi efisiensi material di negara-negara G7 serta Tiongkok dan India.

IRP diberi mandat oleh negara-negara anggotanya untuk menyebarkan produk-produk pengetahuan global secara lebih strategis di tingkat regional dan nasional melalui program kerja. Untuk mewujudkan mandat ini dan melanjutkan pekerjaannya dalam memperkuat pengetahuan tentang efisiensi sumber daya, IRP mengkaji hasil dan pesan-pesan utama dari laporan RECC global dalam konteks nasional di Argentina, Meksiko, dan Indonesia. Dalam kerangka hibah ini, IRP akan mendukung peluang pengambilan keputusan berbasis ilmu pengetahuan tentang masa depan yang efisien sumber daya dan rendah karbon di negara-negara yang disebutkan di atas.

Komunike Lingkungan atau *Environment Communiqué* G20 mengakui bahwa efisiensi sumber daya dan ekonomi sirkular adalah alat penting untuk mencapai pembangunan berkelanjutan dan dapat berkontribusi pada konsumsi dan produksi yang berkelanjutan, mengatasi perubahan iklim, mengurangi hilangnya keanekaragaman hayati, degradasi lahan, dan polusi (G20, 2021). Komunike Lingkungan G20 dan Peta Jalan Dialog Efisiensi Sumber Daya atau *Resource Efficiency Dialogue Roadmap* G20 2021 mendorong penyediaan bantuan finansial, teknologi, dan peningkatan kapasitas kepada negara-negara dengan ekonomi yang sedang berkembang dan negara-negara berkembang, dengan memanfaatkan kerangka kerja tata kelola yang ada, dan mengidentifikasi solusi-solusi baru dan inovatif.



TUJUAN

2.1 Tujuan Umum

Tujuan utama IRP adalah berkontribusi untuk meningkatkan pemahaman tentang pembangunan berkelanjutan dari sudut pandang sumber daya alam dan memberikan rekomendasi kebijakan berbasis ilmu pengetahuan serta meningkatkan kesejahteraan manusia. Walau Panel ini berada pada tingkat global, Panel ini pun memainkan peran penting pada tingkat nasional. Merujuk pada konsep teori perubahan dalam Program Kerja IRP 2022 – 2025, IRP menggunakan pendekatan sistem untuk memengaruhi kebijakan, antara lain melalui menerjemahkan pengetahuan ke tingkat regional dan nasional (IRP, 2022).

Tujuan proyek ini adalah untuk menganalisis temuan dan memberikan rekomendasi untuk negara Argentina, Meksiko, dan Indonesia berdasarkan laporan global RECC, melalui analisis lebih lanjut mengenai prioritas dan kondisi nasional serta menyoroti strategi efisiensi material dengan potensi pengurangan emisi GRK terbesar. Proyek ini memanfaatkan kerja sama ilmiah dan pelibatan pemangku kepentingan kebijakan internasional yang digunakan pada laporan "induk", serta meningkatkan relevansi kebijakan dan penerimaan dalam konteks nasional misalnya, dengan menerapkan kerangka konsep utama yang terkandung dalam laporan RECC, melakukan konsultasi dengan pemangku kepentingan utama setempat (aktor tingkat nasional, perwakilan sektor swasta, lembaga-lembaga pengetahuan, masyarakat sipil, organisasi pemuda, dan lain-lain) di Argentina, Meksiko, dan Indonesia, serta bekerja sama dengan tim ahli setempat dalam pengembangan tiga dokumen kebijakan nasional yang akan disajikan sebagai Panduan Teknis IRP. Hasil yang diperoleh dari proyek ini akan mendukung Program Kerja IRP 2022 – 2025, Area Prioritas Dampak Tinggi 2, Pengelolaan Sumber Daya Berkelanjutan untuk tindakan efektif dalam Perubahan Iklim, Keanekaragaman Hayati, dan Polusi.

2.2 Tujuan Khusus

Secara khusus, tujuan dari proyek ini adalah mendukung terselenggaranya diskusi antar pemangku kepentingan nasional dalam bentuk pertemuan daring dan luring untuk mempresentasikan temuan utama dan rekomendasi dari laporan IRP RECC serta mengidentifikasi prioritas nasional mengenai strategi efisiensi material yang memiliki potensi pengurangan emisi GRK. Proses diskusi ini melibatkan tim ahli IRP, anggota Komite Pengarah IRP, GIZ, Kantor Regional UNEP, dan pemangku kepentingan nasional utama. Diskusi antar pemangku kepentingan ini digunakan untuk mengumpulkan lebih banyak lagi studi kasus dari Argentina, Meksiko, dan Indonesia untuk mengidentifikasi prioritas nasional dan memberi pemahaman kepada para pemangku kepentingan nasional, termasuk perwakilan dari pemerintah nasional, tentang kontribusi efisiensi material terhadap strategi pengurangan emisi GRK.

Setelah *workshop*, dilakukan peninjauan lebih lanjut terhadap informasi, pemetaan, studi kasus, dan kesenjangan pengetahuan yang telah diperoleh, dengan bantuan tim ahli regional. Proses peninjauan yang dilakukan termasuk penyempurnaan peta dan pembentukan tiga Kerangka Aksi Prioritas nasional, yang mencakup ringkasan dari tantangan utama, peluang, serta strategi yang diusulkan untuk kebijakan, proses, dan praktik. Konsultasi lanjutan (secara daring) diadakan untuk dapat meninjau strategi-strategi yang diusulkan untuk negara-negara mitra pada Kerangka Aksi Prioritas, serta untuk memastikan strategi tersebut telah berdasarkan pada pemetaan sistem, usulan aksi, dan pemahaman tentang kebijakan, proses, dan praktik-praktik yang sesuai.

Dokumen panduan teknis ini juga diharapkan dapat meningkatkan kerja sama dan keterlibatan dari laporan RECC. Dokumen nasional ini dimaksudkan untuk meningkatkan relevansi kebijakan dan penerimaan terhadap laporan IRP RECC di kalangan pemangku kepentingan nasional (termasuk sektor publik dan swasta, masyarakat sipil, lembaga penelitian). Pada dokumen ini, kerangka konsep utama dari laporan RECC diterapkan pada kondisi nasional Argentina, Meksiko, dan Indonesia serta menyoroti strategi efisiensi material nasional yang memiliki potensi pengurangan emisi GRK terbesar dan mengembangkan rekomendasi kebijakan berbasis ilmu pengetahuan. Data dan studi kasus yang dikumpulkan selama diskusi dengan para pemangku kepentingan nasional telah menjadi masukan secara khusus untuk dokumen panduan teknis ini.



© Leonid Andronov / AdobeStock

LATAR BELAKANG

3.1 Profil Negara

Indonesia, sebuah negara di Asia Tenggara, adalah negara terpadat keempat di dunia setelah India, Tiongkok, dan Amerika Serikat (AS). Pada tahun 2021, populasi Indonesia mencapai 272,7 juta jiwa dengan tingkat pertumbuhan 1,22 persen per tahun. Pada Juli 2020, Indonesia termasuk dalam negara berpenghasilan menengah ke atas oleh Bank Dunia, dengan Pendapatan Nasional Bruto (PNB) atau GNI sebesar 4.050 dolar Amerika pada tahun 2019, naik dari 3.840 dolar Amerika pada tahun 2019 (Akhlas, 2020). Namun, sejak pandemi, perekonomian Indonesia menurun. Indonesia kembali menjadi negara berpenghasilan menengah ke bawah pada tahun 2021 (Jiao dan Sihombing, 2021).

Meski demikian, Indonesia telah menunjukkan ketangguhannya dengan keberhasilan meningkatkan pertumbuhan ekonomi sekitar 5,4 persen pada tiga kuartal pertama tahun 2022, meningkat dibandingkan dengan 3,7 persen pada tahun akhir pandemi (2021), berkat keberhasilan vaksinasi dan pengelolaan ekonomi selama pandemi, meskipun inflasi naik menjadi 5,7 persen akibat kenaikan harga komoditas (Bank Dunia, 2022b).

Indonesia memiliki lebih dari 100 juta calon kelas menengah atau *aspiring middle class* (Bank Dunia, 2019). Dengan Produk Domestik Bruto (PDB) sekitar Rp17.000 triliun (lebih dari 1,1 triliun dolar Amerika) pada tahun 2022, Indonesia adalah anggota G20, yaitu 20 ekonomi terbesar di dunia (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2022b). Pada tahun 2045, pada peringatan 100 tahun kemerdekaannya, Indonesia berusaha menjadi anggota G7 — di antara ekonomi terbesar keempat dan ketujuh di dunia — dengan pendapatan per kapita sekitar 19,7 – 23,2 ribu dolar Amerika. Oleh karena itu, Indonesia diharapkan menjadi negara berpendapatan tinggi antara tahun 2038 dan 2041 (Bappenas, 2019).

3.1.1 Sektor Bangunan dan Konstruksi

Sebagai negara berkembang yang tumbuh pesat dengan prioritas pembangunan infrastruktur serta perumahan, Indonesia memiliki aktivitas konstruksi yang masif. Oleh karena itu, Pemerintah Indonesia melakukan pembangunan perumahan secara masif dan ambisius. Selain itu, untuk melindungi ekonomi dan lapangan kerja dari krisis yang disebabkan oleh pandemi, pemerintah berupaya meningkatkan pembelanjaan pada sektor konstruksi.

Berdasarkan Sensus Penduduk, hanya 61 persen dari populasi masyarakat yang memiliki akses kepemilikan rumah dengan harga terjangkau (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2020). Pemerintah Indonesia telah diberi mandat untuk menyediakan perumahan yang cukup bagi masyarakat sesuai dengan Undang-Undang Nomor 23/2014 tentang Pemerintahan Daerah dan Undang-Undang Nomor 1/2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman. Berdasarkan Undang-Undang tersebut, pengembangan perumahan berada di bawah otoritas pemerintah daerah.

Program Satu Juta Rumah adalah salah satu strategi pemerintah untuk menyediakan rumah bagi masyarakat berpenghasilan rendah dengan cara membangun satu juta rumah per tahun. Strategi ini dapat dicapai melalui penyediaan Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa), rumah khusus, Bantuan Stimulan Pembangunan Rumah Swadaya (BSPS), dan Prasarana Sarana Utilitas Umum (PSU); subsidi pembiayaan perumahan berupa Kredit Kepemilikan Rumah Fasilitas Likuiditas Pembiayaan Perumahan (KPR FLPP); dan Subsidi Bantuan Uang Muka (SBUM); serta penyederhanaan izin untuk pemerintah provinsi dan pemerintah lokal (Peraturan Pemerintah Nomor 64/2016 tentang Pembangunan Perumahan Masyarakat Berpenghasilan Rendah).

Tingginya permintaan perumahan, infrastruktur publik, dan bangunan lainnya mengakibatkan pertumbuhan pada sektor konstruksi yang sangat cepat. Pada tahun 2022, Indonesia memproduksi sekitar 64 juta ton semen, sedangkan volume produksi pada tahun 2018 adalah 75,2 juta ton. Pada tahun 2021, Indonesia menggunakan 65,2 juta ton semen (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2022a). Indonesia adalah produsen semen terbesar keenam di dunia.

Semen produksi Indonesia diekspor dalam jumlah besar, dan nilainya juga terus meningkat. Sebelum pandemi, ekspor semen tumbuh dari 1,22 juta ton dengan nilai 62,92 juta dolar Amerika pada tahun 2015, menjadi 7,29 juta ton dengan nilai 283,45 juta dolar Amerika pada tahun 2019. Data itu menunjukkan peningkatan yang mencolok, yaitu volume ekspor sebesar 51,6 persen dan nilai ekspor sebesar 45,7 persen. Kendati demikian, Indonesia juga mengimpor semen dari luar negeri dalam jumlah besar. Pada tahun 2021, Indonesia mengimpor 6,3 ribu ton semen, hampir separuhnya berasal dari Tiongkok, dengan total nilai 4 juta dolar Amerika. Angka tersebut sudah lebih rendah dari tahun 2017 yang mencapai 48,8 ribu ton dan tahun 2018 sebanyak 33,5 ribu ton (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2022a).

Pertumbuhan pada sektor ini juga dapat dilihat dari pertumbuhan jumlah perusahaan konstruksi yang mencapai 27,7 persen pada tahun 2022. Jawa Timur menjadi rumah perusahaan konstruksi terbanyak, yaitu 23.752 perusahaan, diikuti oleh Jawa Tengah dengan 16.211 perusahaan, sementara Bangka Belitung dengan jumlah terkecil yaitu 807 perusahaan. Jumlah produksi pada sektor ini meningkat sebesar 7,3 persen (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2022a). Namun, pada tahun 2020, pendapatan sektor tersebut Rp 1.300 triliun (sekitar 87,4 miliar dolar Amerika), sedikit berkurang dari Rp1.600 triliun (107 miliar dolar Amerika) pada tahun 2019. Dari jumlah tersebut, separuhnya adalah biaya material (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2022b). Sekitar Rp20,6 triliun (sekitar 1,37 miliar dolar Amerika) dari investasi domestik dan Rp123,2 triliun (sekitar 8,2 miliar dolar Amerika) dari investasi asing dialirkan ke sektor konstruksi.

Selain pembangunan infrastruktur dan bangunan di berbagai daerah, Pemerintah Indonesia juga merancang pembangunan ibu kota baru, Nusantara, di Kalimantan Timur. Konstruksi sudah dimulai, dan tahap pertama dari aparat sipil negara akan mulai tinggal di ibu kota baru pada tahun 2024. Pembangunan infrastruktur dan bangunan dengan skala besar di ibu kota baru diperkirakan akan mengakibatkan pertumbuhan sektor konstruksi yang sama besarnya.

3.1.2 Komitmen untuk Mengatasi Perubahan Iklim

Indonesia telah berkomitmen untuk berkontribusi mengatasi perubahan iklim secara global bersama dengan seluruh dunia. Indonesia telah mengajukan *Nationally Determined Contributions*/Kontribusi yang Ditetapkan secara Nasional (NDC) yang diperbarui dua kali. Yang terbaru, Enhanced NDC tahun 2022, mengonfirmasi adanya peningkatan target dalam komitmen Indonesia untuk mengurangi emisi, yaitu sebesar 32 persen di bawah *business as usual* (BAU) menggunakan sumber daya sendiri (tanpa syarat) dan 43 persen dengan kerjasama internasional (bersyarat) pada tahun 2030 (Pemerintah Indonesia, 2022).

Peningkatan target dalam komitmen tersebut sangat penting, terutama untuk menghadapi krisis ekonomi akibat pandemi. Indonesia juga berkomitmen menjadikan sektor kehutanan dan penggunaan lahan lainnya sebagai *net sink* pada tahun 2030 melalui rehabilitasi massal, reboisasi, pengelolaan hutan yang lebih baik, dan konservasi. Sementara itu, Indonesia juga berkomitmen untuk mencapai netralitas karbon secara menyeluruh dalam perekonomian ("*net zero*") pada tahun 2060 atau lebih awal (Bappenas, 2021).

Indonesia memperkirakan peningkatan total emisi dari 1,3 GtCO₂e pada tahun 2010 menjadi 2,9 GtCO₂e pada tahun 2030. Sektor energi menunjukkan jumlah absolut terbesar, yaitu 0,45 GtCO₂e per tahun (sekitar 34 persen dari total) pada tahun 2010 menjadi sekitar 1,7 GtCO₂e per tahun (58,2 persen dari total) pada tahun 2030. Dalam Enhanced NDC, emisi dari sektor energi akan dibatasi menjadi sekitar 1,3 GtCO₂e per tahun dan 1,2 GtCO₂e, tanpa syarat dan bersyarat, dan menunjukkan pengurangan sebesar 12,5 persen dan 15,5 persen. Emisi dari industri semen dihitung dari emisi proses industri dan penggunaan produk (IPPU), selain dari penggunaan energi yang dihitung dalam sektor energi. Pada tahun 2010, emisi IPPU adalah sekitar 36 GtCO₂e per tahun dan diharapkan tumbuh menjadi 69,6 GtCO₂e per tahun pada tahun 2030. Dalam komitmen pengurangan emisi bersyarat, pembatasan emisi IPPU tanpa syarat dan bersyarat akan dibatasi menjadi sekitar 63 dan 61 GtCO₂e per tahun yang merupakan pengurangan emisi sebesar 0,2 dan 0,3 persen dari BAU (Pemerintah Indonesia, 2022).

Kebijakan dan regulasi negara yang berkaitan dengan konstruksi bangunan perumahan di Indonesia fokus pada kinerja energi sehingga secara tidak langsung memengaruhi penggunaan material dalam bangunan. **Tabel 1** menunjukkan daftar kebijakan

dan regulasi yang mengatur penggunaan material dan energi dalam bangunan perumahan di Indonesia, yang sebagian besar menargetkan pemilihan

material dalam bangunan perumahan (No. 1-4), pengadaan material (No. 5-6), dan pembuatan material (No. 7-10).

Tabel 1: Kebijakan yang mengatur penggunaan material dan energi di Indonesia,

*termasuk, namun tidak terbatas pada, contoh peraturan di tingkat kota.

No.	Nama	Tahun	Tipe	Fitur Utama
1	Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 21 Tahun 2021 – pasal 21 ayat 5c, pasal 21 ayat 6, 23 ayat 3e, 25 ayat 4e, 28 ayat 1d	2021	Peraturan	• Pendingin AC • Bahan ramah lingkungan (<i>eco labelling</i>) • Rantai pasok ramah lingkungan • Pemilihan bahan yang mengurangi radiasi & konduksi matahari 1. Karakteristik material dimasukkan dalam perhitungan OTTV 2. Penjelasan prinsip dasar pemilihan material untuk mengurangi beban pendinginan (Panduan Pengguna Selubung Bangunan Gedung DKI) 3. Penjelasan detail mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia) 6389
2	Peraturan Walikota Bandung No. 1023 Tahun 2016 – pasal 31*	2016	Peraturan	• Pendingin AC • Pemilihan bahan yang mengurangi radiasi dan konduksi matahari
3	Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 60 Tahun 2022 – pasal 10*	2022	Peraturan	• Pemilihan bahan yang mengurangi radiasi & konduksi matahari
4	Peraturan Walikota Semarang No. 24 Tahun 2019 – pasal 12*	2019	Peraturan	• Pemilihan bahan yang mengurangi radiasi & konduksi matahari
5	Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 5 Tahun 2019	2019	Peraturan	• Tata Cara Penerapan Label Ramah Lingkungan Hidup pada Pengadaan Barang dan Jasa Ramah Lingkungan Hidup
6	Surat Instruksi Kepala LKPP (Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang dan Jasa) No. 16 Tahun 2020	2020	Kebijakan	• Produk Ramah Lingkungan/Produk Industri Ramah Lingkungan untuk digunakan dalam Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah yang Berkelanjutan
7	Peraturan Menteri Perindustrian No. 26 Tahun 2018	2018	Peraturan	• Standar Industri Ramah Lingkungan untuk Semen Portland.
8	Peraturan Menteri Perindustrian No. 12 Tahun 2019	2019	Peraturan	• Standar Industri Ramah Lingkungan untuk Ubin Keramik.
9	Peraturan Menteri Perindustrian No. 38 Tahun 2019	2019	Peraturan	• Standar Industri Ramah Lingkungan untuk Cat Berbasis Air.
10	Peraturan Menteri Perindustrian No. 12 Tahun 2020	2020	Peraturan	• Standar Industri Ramah Lingkungan untuk Kaca Lembaran.



METODE

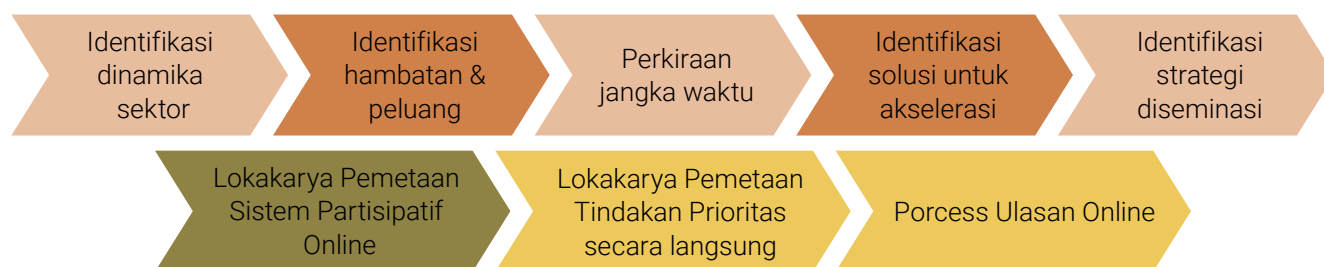
Dokumen ini disusun berdasarkan tinjauan literatur dan kebijakan, dua lokakarya konsultasi nasional, dan pemodelan kuantitatif. Berdasarkan hasil tinjauan literatur dan kebijakan, serta lokakarya secara daring, dinamika sektor konstruksi telah dipetakan. Dengan menggunakan alat pemetaan sistem partisipatif (PSM), peserta lokakarya mengidentifikasi semua pemangku kepentingan yang terlibat dalam industri konstruksi perumahan dan hubungan mereka satu sama lain. Peta Dinamika Sektor dibuat dan dibagikan kepada semua peserta agar mendapat masukan tambahan dan harapan untuk tindak lanjutnya. Berdasarkan peta dinamika sektor tersebut, tim proyek berkonsultasi dengan pemangku kepentingan kunci untuk mengeksplorasi peluang dan hambatan dalam mencapai efisiensi material di sektor konstruksi di Indonesia. Peta dinamika sektor ini terlampir dalam **Lampiran II: Peta Dinamika Sektor**.

Berdasarkan hasil lokakarya nasional pertama yang diselenggarakan secara daring serta konsultasi dengan para pemangku kepentingan, lokakarya nasional kedua dilakukan secara luring di Indonesia. Lokakarya tatap muka ini dirancang sehari penuh dengan presentasi dari tim ahli IRP, diskusi panel dengan para ahli nasional, dan dua diskusi kelompok dengan pemangku kepentingan nasional dari Indonesia. Lokakarya ini dirancang untuk membangun peta dinamika sektor dan mendiskusikan aksi prioritas di Indonesia. Daftar aksi prioritas (lihat **Lampiran I: Aksi Prioritas**) disusun berdasarkan laporan RECC (IRP, 2020), Peta Jalan untuk Bangunan dan Konstruksi Hemat Energi di ASEAN (*International Energy Agency*, 2022), Peta Jalan untuk Sektor Bangunan dan Konstruksi Hemat Energi dan Rendah Karbon di Indonesia (Svendsen dan Cordova Schultz, 2022), dan Bahan Bangunan dan Iklim: Status dan Solusi (UNEP, 2023).

Diskusi kelompok dirancang untuk memungkinkan peserta mendiskusikan area-area yang menjadi fokus utama. Setiap kelompok diskusi terdiri dari 5 – 7 peserta yang mewakili berbagai sektor untuk memfasilitasi diskusi lintas sektor. Peserta diminta untuk membahas salah satu dari lima tujuan yang diusulkan untuk mencapai efisiensi material. Dalam diskusi kelompok pertama, peserta diminta mendiskusikan peluang dan hambatan utama dalam melakukan tindakan prioritas untuk mencapai tujuan yang diusulkan. Para peserta kemudian mendiskusikan solusi, strategi pemanfaatan peluang, dan upaya mengatasi hambatan untuk mencapai efisiensi material di Indonesia. Setelah diskusi pertama, peserta diminta untuk memberikan komentar tentang dua tujuan tambahan yang didiskusikan oleh kelompok lain. Putaran komentar ini berguna untuk mendapatkan umpan balik dari lebih dari satu kelompok. Dalam diskusi kedua, peserta membahas kerangka waktu yang diperlukan untuk melaksanakan aksi prioritas dan alasan-alasannya. Selanjutnya, peserta merekomendasikan aksi untuk mempercepat transisi netralitas karbon di Indonesia.

Tim IRP kemudian menganalisis temuan dari lokakarya nasional pertama dan kedua, dengan melakukan tinjauan literatur dan kebijakan, untuk mengusulkan rekomendasi utama untuk Indonesia. Terakhir, lokakarya tinjauan nasional ketiga akan dilakukan untuk menerima umpan balik dari pemangku kepentingan nasional sekaligus verifikasi kelayakan rekomendasi yang diusulkan serta menyebarkan temuan dari penelitian ini. **Gambar 1** menunjukkan proses yang diikuti selama penelitian ini, dan **Tabel 2** menunjukkan jumlah peserta yang terlibat sepanjang proses penelitian.

Gambar 1: Proses penelitian yang memandu proyek.



Tabel 2: Jumlah peserta yang menghadiri lokakarya

Pemangku kepentingan	Jumlah Peserta Ahli	
	Pertama (Daring) Lokakarya Pemetaan Sistem	Kedua (Tatap Muka) Lokakarya Pemetaan Aksi Prioritas
Pemerintah	9	15
Sektor swasta	2	5
Masyarakat sipil	5	9
Akademisi	0	2
Total	16 [7 perempuan, 9 laki-laki]	31 [10 perempuan, 21 laki-laki]



© scott-blake / unsplash

ANALYSIS MODEL

5.1 Pemodelan Sektor Perumahan

Saat emisi yang ditimbulkan dari operasi bangunan dan langkah-langkah peningkatan efisiensi energi semakin mendapatkan perhatian, dampak lingkungan yang mestinya dipertimbangkan dalam konstruksi bangunan perumahan justru tidak diidentifikasi dalam statistik emisi. Padahal bagian ini penting untuk menilai potensi pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) sepanjang siklus hidup material dalam sektor bangunan perumahan serta menganalisis manfaat implementasi kebijakan pengaturan penggunaan material untuk konstruksi.

Dalam konteks pemodelan numerik, kebijakan dikategorikan sebagai strategi Efisiensi Material (ME), yaitu inisiatif yang bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan material guna mengurangi jejak material dan mendorong pembangunan berkelanjutan. Untuk memahami implikasi dari strategi-strategi seperti ini, diperlukan analisis mendalam tentang aliran material di berbagai fase siklus hidup bangunan. Misalnya, terkait dengan permintaan untuk konstruksi bangunan baru, manajemen limbah, dan ekstraksi sumber daya primer untuk memastikan produksi produk primer yang memadai. Efektivitas strategi ME dievaluasi dengan membandingkan skenario dasar, yakni seperangkat variabel yang menggambarkan sistem konstan atau tidak melebihi perkiraan keadaan ekonomi dan perkembangan masyarakat di masa depan, dengan skenario yang menunjukkan adanya perubahan dinamika sistem sebagai respons terhadap inisiatif efisiensi penggunaan material.

Pemodelan skenario meliputi produksi dan konsumsi material primer dan sekunder, kandungan material bangunan, fase manufaktur dan penggunaannya, serta manajemen akhir siklus hidup material. Untuk setiap langkah siklus hidup ini, keseimbangan material dan emisi dievaluasi berdasarkan data yang berasal dari perhitungan rekayasa, observasi empiris, studi kasus dari literatur, dan statistik.

Pemodelan skenario ditetapkan untuk tahun 2060. Narasi yang digunakan dalam pemodelan memproyeksikan pertumbuhan populasi dan ekonomi yang positif serta implementasi strategi ME mencerminkan pandangan yang optimis dalam rangka mendukung mitigasi perubahan iklim.

5.2 Perhitungan Aliran Material dan Emisi GRK

Bagian ini memberikan gambaran tentang pengaplikasian kerangka pemodelan pada sektor bangunan residensial dan menjelaskan pendekatan perhitungan material. Hasil pemodelan didasarkan pada model ODYM-RECC (*Open Dynamic Material System Model for Resource Efficiency and Climate Change*) yang dikembangkan oleh Pauliuk et al. (2021), yang menggabungkan analisis aliran material dengan pendekatan penilaian daur hidup atau life cycle assessment (LCA) dan perhitungan teknik (Pauliuk dan Heeren 2020).

5.2.1 Permintaan Bangunan

Luas lantai per kapita adalah faktor utama dalam permintaan bangunan. Saat populasi tumbuh, kondisi hunian membaik, dan bangunan-bangunan lama di-bongkar, maka dibutuhkan bangunan-bangunan baru. Skenario untuk luas lantai per kapita di masa depan didasarkan pada nilai 25 m² pada tahun 2020 (*International Energy Agency*, 2017), dinamika masa lalu, dan tren umum peningkatan luas lantai seiring dengan pertumbuhan PDB. Tren ini diasumsikan akan berlanjut, dan oleh karena itu luas lantai per kapita pada tahun 2060 diatur menjadi 40 m².

5.2.2 Stok dan Tipe Bangunan Eksisting

Stok bangunan Indonesia direpresentasikan dengan arketipe bangunan residensial. Arketipe adalah model representatif dari bangunan yang memiliki pola hunian, geometri, dan komposisi material yang serupa. Material yang paling umum digunakan dalam konstruksi bangunan diperoleh dari hasil analisis literatur dan studi kasus terhadap arsitektur Indonesia. Model ini menggunakan empat arketipe dasar, yang dirangkum dalam **Tabel 3**.

Tabel 3: Karakteristik arketipe

Parameter	Rumah Keluarga Tunggal	Gedung Serbaguna	Rumah Vernakular	Masonry Vernakular
Luas lantai	180 m ²	78 m ² per unit, 1.872 m ² total	50 m ²	90 m ²
Denah bangunan dan tinggi bangunan	8,5 m x 10,5 m, dua lantai, 3,5 m dari lantai ke lantai	22 m x 40 m, tiga lantai, 3,5 m dari lantai ke lantai	7,5 m x 7,5 m, satu lantai, Tinggi 3-8 m (langit-langit/ atap bersudut)	7,5 m x 12,5 m, satu lantai, Tinggi 3-8 m (langit-langit/ bersudut)
Luas lantai tambahan	80 m ²	Koridor seluas 1.350 m ² ditambah ruang bawah atap	—	—
Panjang keliling	43,2 m	136 m	30 m	40 m
Area gross dinding eksterior	302,4 m ²	3.148 m ²	90 m ²	140 m ²

Rumah satu lantai adalah tipe hunian paling umum di Indonesia (Utama A. dan Gheewala S. H.. 2008), dan ukuran serta komposisi materi bangunan berbeda tergantung pada tingkat kemewahan. Rumah Vernakular Sederhana milik masyarakat berpendapatan rendah (47,1 persen) dimodelkan sebagai rumah vernakular yang dibangun sendiri dari bahan alami. Sementara itu, Rumah Vernakular Mewah (11,4 persen) dimodelkan sebagai rumah vernakular berbahan baku batu bata. Selebihnya, 41,4 persen dimodelkan sebagai Gedung Serbaguna yang terletak di kota-kota serta digunakan untuk kepentingan komersial di lantai dasar dan residensial di lantai atas. Dalam skenario masa depan, pengenalan Rumah Keluarga Tunggal modern dan terencana dengan penggantian bahan alami menjadi beton sebagai strategi peningkatan keamanan dari risiko kebakaran juga dipertimbangkan. Intensitas material pada tiap arketipe bergantung pada skenario strategi ME yang dipilih, dan desain standar yang diperoleh dari analisis literatur—dibandingkan dalam **Tabel 4** dengan desain alternatif yang berasal dari penelitian arsitektur. Pendekatan pada dokumen ini berfokus pada strategi terkait dengan pemanfaatan material utama seperti beton, semen, batu bata, baja, dan kayu.

5.2.3 Dari Pemulihan Limbah hingga Produksi Primer dan Emisi

Penghitungan ketersediaan bahan bakar sekunder di masa depan memerlukan pemodelan stok bangunan yang saat ini digunakan dan struktur usia bangunan. Pada akhir masa pakai bangunan, tingkat daur ulang bahan konstruksi menentukan jumlah limbah bangunan yang dapat diubah menjadi bahan sekunder. Diperkirakan bahwa lebih dari setengah stok bangunan dibangun setelah tahun 2000. Hal itu akan berdampak signifikan terhadap ketersediaan bahan sekunder, karena sebagian besar bahan akan menjadi limbah yang dapat didaur ulang atau digunakan kembali pada paruh kedua abad ini. Saat ketersediaan bahan sekunder diestimasi, maka produksi bahan primer dihitung untuk memenuhi permintaan yang tersisa. Kemudian, proses produksi bahan diubah menjadi operasi pengendalian dampak lingkungan melalui faktor emisi.

5.3 Pemodelan Strategi Efisiensi Material untuk Bangunan

Emisi dalam sektor bangunan residensial berpeluang besar untuk dikurangi jika strategi ME diterapkan. Efisiensi material pada dasarnya bertujuan untuk mengurangi emisi yang terkait siklus hidup material konstruksi, yakni dengan mengurangi permintaan produksi primer. Sejumlah strategi dianalisis dalam kerangka yang bersifat kontrafaktual. Penilaian ini mencakup berbagai skenario, dengan potensi pembangunan dan asumsi masing-masing, yang menentukan siklus material dan emisi GRK yang dihasilkan hingga tahun 2060. Manfaat dari penerapan strategi ME dihitung sebagai perbedaan emisi GRK antara skenario-skenario tersebut dengan skenario dasar.

5.3.1 Mengurangi Limbah dan Meningkatkan Daur Ulang

Mengurangi limbah berarti mengurangi emisi GRK sekaligus menghemat sumber daya. Pengurangan tersebut tidak langsung dari emisi yang terkait dengan produksi material, tapi dapat dicapai dengan meningkatkan tingkat daur ulang material pada akhir masa pakai bangunan dan penggunaan ulang komponen konstruksi. Daur ulang baja dari struktur bangunan yang mencapai tingkat pemulihan sebesar lebih dari 90 persen dipertimbangkan pada skenario dasar (Pauliuk et al. 2013). Studi kasus menunjukkan bahwa hingga 29 persen komponen baja (Milford et al. 2013) dan hingga 27 persen beton (Shanks et al. 2019) dapat digunakan kembali tanpa memerlukan penghancuran, pencacahan, dan/atau peleburan ulang. Selain itu, meningkatkan hasil produksi dalam fase produksi material dapat mengurangi jumlah scrap material yang dihasilkan selama produksi, sehingga mengurangi permintaan untuk input material pada sektor manufaktur. Pada skenario pengurangan limbah yang signifikan, diasumsikan bahwa hasil produksi semen dan bata dapat ditingkatkan sebesar 1,5 persen (Shanks et al., 2019). Tingkat pemulihan yang tinggi, pemanfaatan kembali material, dan peningkatan hasil produksi dapat menghemat 9 persen dari emisi akumulatif yang terkait dengan produksi primer material untuk bangunan residensial pada tahun 2060 dengan mengurangi produksi bahan primer sebesar 5 persen. Secara total, sebesar hampir 11 persen limbah demolisi atau pembongkaran dapat dikurangi.

5.3.2 Penggantian Material

Peluang penghematan GRK meningkat ketika bangunan dirancang dengan bahan yang memiliki emisi karbon rendah selama siklus hidupnya. Skenario substitusi material ini dapat dilakukan dengan menggantikan selubung bangunan, dinding internal, dan elemen struktural menjadi konstruksi kayu yang dipanen secara berkelanjutan. Untuk memastikan bahwa desain alternatif tersebut tidak mengurangi fungsi bangunan atau memperburuk efisiensi energi, lapisan tambahan untuk insulasi ditambahkan pada selubung bangunan agar mencapai ketahanan termal yang sama dengan desain tradisional. Dalam skenario ini, pada tahun 2060 sekitar 35 persen bangunan baru akan menggunakan bahan beremisi rendah. Jejak material bangunan hasil dari pemodelan dapat dilihat pada **Tabel 4**. Dengan menggunakan bahan yang memiliki emisi siklus hidup rendah dalam bangunan, hingga tahun 2060, sekitar 2 persen dari emisi kumulatif, serta 7 persen dari material utama dapat dikurangi. Struktur yang terbuat dari kayu memiliki dampak ganda, karena kemampuan kayu untuk menggantikan beton yang berintensitas karbon tinggi dan kemampuannya untuk menyimpan karbon. Di Indonesia, potensi substitusi material terbatas oleh penggunaan bahan alami seperti bambu.

5.3.3 Menghemat Material Berdasarkan Desain

Perencanaan konstruksi dapat membantu mengoptimalkan desain bangunan dan mencegah penggunaan bahan yang berlebihan. Dalam skenario dengan desain yang efisien secara penggunaan material, diasumsikan bahwa jumlah bata dan beton bertulang pada dinding eksternal dan internal serta atap dapat dikurangi sebesar 20 persen, pada lantai internal sebesar 8 persen, dan jumlah baja konstruksi pada tulangan dapat dikurangi sebesar 36 persen. Tahun 2060, sekitar 70 persen bangunan baru akan mengoptimalkan penerapan skenario tersebut. Jejak material bangunan hasil dari pemodelan dapat dilihat pada **Tabel 4**. Pendekatan desain yang fokus pada optimalisasi konstruksi bangunan dapat menghasilkan pengurangan emisi kumulatif mencapai 10 persen pada tahun 2060. Selain itu, implementasi pendekatan ini juga akan menghasilkan pengurangan permintaan total material sebesar 6 persen, karena persyaratan material yang lebih rendah dalam konstruksi bangunan.

Tabel 4: Jejak material dari arketipe bangunan. Nilai dalam kg/m²

Tipe perumahan	Beton	Semen	Baja	Produk kayu	Batu bata	Lainnya
Rumah Keluarga Tunggal						
Desain standar	693,4	96,4	66,7	1,9	788,1	105,3
Substitusi material	445,6	77,6	124,8	234,8	19,3	104,3
Desain yang dioptimalkan	685,6	77,6	54,2	1,9	635,5	104,7
Gedung Serbaguna						
Desain standar	1.002,9	107,3	75,9	1,9	849,4	88,3
Substitusi material	879,1	88,1	124,0	240,7	15,8	87,5
Desain yang dioptimalkan	932,9	88,1	61,5	1,9	682,8	87,8
Rumah Vernakular						
Desain standar	1.115,2	90,1	104,6	170,9	52,5	67,9
Substitusi material	1.020,0	90,1	238,6	234,3	52,5	67,9
Desain yang dioptimalkan	1.115,2	90,1	91,7	170,9	52,5	67,9
Masonry Vernakular						
Desain standar	1.375,2	111,3	104,1	0,6	986,6	71,2
Substitusi material	1.360,0	99,3	301,3	216,7	43,0	67,2
Desain yang dioptimalkan	1 370,2	99,3	91,3	0,6	806,3	68,0

5.3.4 Perilaku Pengguna

Mengurangi permintaan bangunan baru adalah cara paling cepat untuk mengurangi emisi yang terkait dengan produksi material. Hal ini meliputi membangun rumah yang lebih kecil, mengurangi bangunan kosong, atau penggunaan lantai yang lebih efektif. Dalam skenario ini, diasumsikan bahwa target luas lantai per kapita pada tahun 2060 akan menjadi 10 persen lebih rendah dari skenario dasar. Selain itu, memperpanjang umur bangunan sebelum dibongkar, dengan memanfaatkan ulang ruang atau dengan peningkatan renovasi, juga akan berkontribusi pada pengurangan

konstruksi bangunan baru. Umur bangunan dapat diperpanjang hingga 90 persen dari umur standar. Selain itu, penggunaan ruang bangunan dengan lebih intensif berpotensi paling tinggi untuk mengurangi emisi. Permintaan material dapat langsung dikurangi sebesar 37 persen. Bersamaan dengan perpanjangan umur bangunan, permintaan konstruksi bangunan baru dan manufaktur juga berkurang, maka 35 persen emisi dapat dikurangi. Pemanfaatan kembali limbah dari pembongkaran bangunan memungkinkan penghematan yang signifikan, yaitu sebesar 52 persen.

5.4 Kesimpulan Analisis Model

5.4.1 Implementasi semua Strategi ME

Penerapan secara serentak semua strategi ME akan menghasilkan pengurangan emisi GRK sistemik kumulatif sebesar 46 persen yang terkait dengan konstruksi dan pembuangan bangunan hunian pada tahun 2060. Capaian tersebut tentu berbeda karena merupakan hasil integrasi dari berbagai strategi ME. Misalnya, pengurangan permintaan material dengan mengoptimalkan desain bangunan dapat mengurangi ketersediaan material sekunder di masa depan, sehingga berpengaruh pada capaian efektivitas skenario pengurangan limbah. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa perbaikan siklus material dapat mengurangi produksi kumulatif material untuk konstruksi bangunan hunian di Indonesia sebesar 46 persen. Patut dicatat, pengurangan emisi dapat dicapai tanpa memerlukan pengembangan teknologi baru.

5.4.2 Dekarbonasi Sistem Produksi

Selain penerapan strategi ME, skenario lain ditelaah untuk menyelidiki potensi dekarbonisasi siklus material yang maksimum. Bersamaan dengan penerapan semua strategi ME, proses produksi juga dapat didekarbonisasi. Energi yang dibutuhkan untuk proses produksi material di Indonesia bersumber dari bahan energi nasional. Beralih ke sumber energi yang lebih bersih akan menghasilkan pengurangan emisi dari fase produksi material. Saat ini, hanya 14 persen listrik yang dihasilkan dari sumber energi terbarukan di Indonesia. Dalam skenario energi bersih, diasumsikan bahwa pada tahun 2060 produksi listrik di Indonesia dari sumber terbarukan akan meningkat hingga 40 persen, lebih dari target 23 persen yang ditetapkan hingga tahun 2025 (*International Energy Agency*, 2021). Peningkatan penggunaan energi yang dihasilkan dari sumber energi terbarukan dalam fase produksi material akan menghasilkan pengurangan emisi kumulatif sebesar 52 persen untuk siklus material, yaitu mengurangi separuh dampak lingkungan dari total material dalam sektor bangunan hunian.

5.4.3 Diskusi Pemodelan

Karena umur bangunan relatif lebih lama dibandingkan dengan produk yang tahan lama lainnya, maka potensi dari beberapa strategi ME mungkin tidak dapat diperoleh sepenuhnya dalam jangka waktu pemodelan yang relatif pendek hingga tahun 2060. Hal ini secara khusus menunjukkan pentingnya penerapan strategi yang efektif untuk mengurangi emisi GRK dalam sektor bangunan hunian. Beberapa strategi ME mengandalkan peningkatan daur ulang dan penggunaan ulang material. Namun, dalam beberapa kasus, karakteristik bahan konstruksi yang berukuran besar dan berat dapat menyebabkan dampak lingkungan yang substansial selama proses transportasi. Hal ini tidak dipertimbangkan dalam pemodelan. Selain itu, daur ulang beton mungkin memerlukan semen tambahan dalam jumlah besar. Padahal semen memberikan dampak paling signifikan pada beton.

Skenario substitusi material mengandalkan ketersediaan kayu atau produk kayu serupa. Namun, penilaian ini tidak terkait dengan model kehutanan apa pun, dan pengelolaan hutan yang berkelanjutan harus dijamin dengan regulasi yang tepat.

Strategi perilaku pengguna bertentangan dengan upaya peningkatan taraf hidup yang sedang berlangsung di Indonesia dan bergantung pada ketahanan masyarakat menuju pembangunan berkelanjutan. Kendati demikian, area untuk pemanasan dan pendinginan yang lebih kecil tetap dibutuhkan untuk mengurangi kebutuhan energi dan emisi yang terkait dengan fase operasional bangunan serta memberikan sinergi penting antara pengurangan penggunaan material dan energi.

Tabel 5: Rangkuman strategi efisiensi material

	Skenario					
	Mengurangi limbah	Substitusi material	Desain yang dioptimalkan	Perilaku pengguna	Semua strategi ME	Dekarbonisasi produksi
Strategi ME	Strategi ME diterapkan dalam skenario					
Peningkatan tingkat pemulihan Meningkatkan tingkat daur ulang dan ketersediaan bahan sekunder untuk menggantikan produksi primer.	X				X	X
Penggunaan ulang komponen Penggantian produksi suku cadang atau bahkan produk primer.	X				X	X
Peningkatan hasil fabrikasi Pengurangan produksi scrap dalam produksi material dengan meningkatkan hasil fabrikasi.	X				X	X
Substitusi material Penggunaan bahan konstruksi dengan emisi siklus hidup yang lebih rendah.		X			X	X
Menggunakan material lebih sedikit berdasarkan desain Menggunakan material lebih sedikit dengan mengoptimalkan desain bangunan tanpa mengurangi fungsi.			X		X	X
Penggunaan lebih intensif Mengurangi kebutuhan ruang dengan memanfaatkan ruang yang ada secara lebih efektif.				X	X	X
Perpanjangan masa hidup Penggunaan kembali bangunan yang ada untuk memperpanjang umurnya sebelum dibongkar.				X	X	X
Dekarbonisasi pasokan energi Peningkatan bauran sumber energi terbarukan dalam proses produksi.						X
	Potensi penghematan dibandingkan <i>baseline</i> atau skenario dasar					
Timbulan sampah/limbah	-11%			-52%	-57%	-57%
Produksi material	-5%	-7%	-6%	-37%	-46%	-46%
Emisi GRK	-9%	-2%	-10%	-35%	-46%	-52%



DINAMIKA SEKTOR

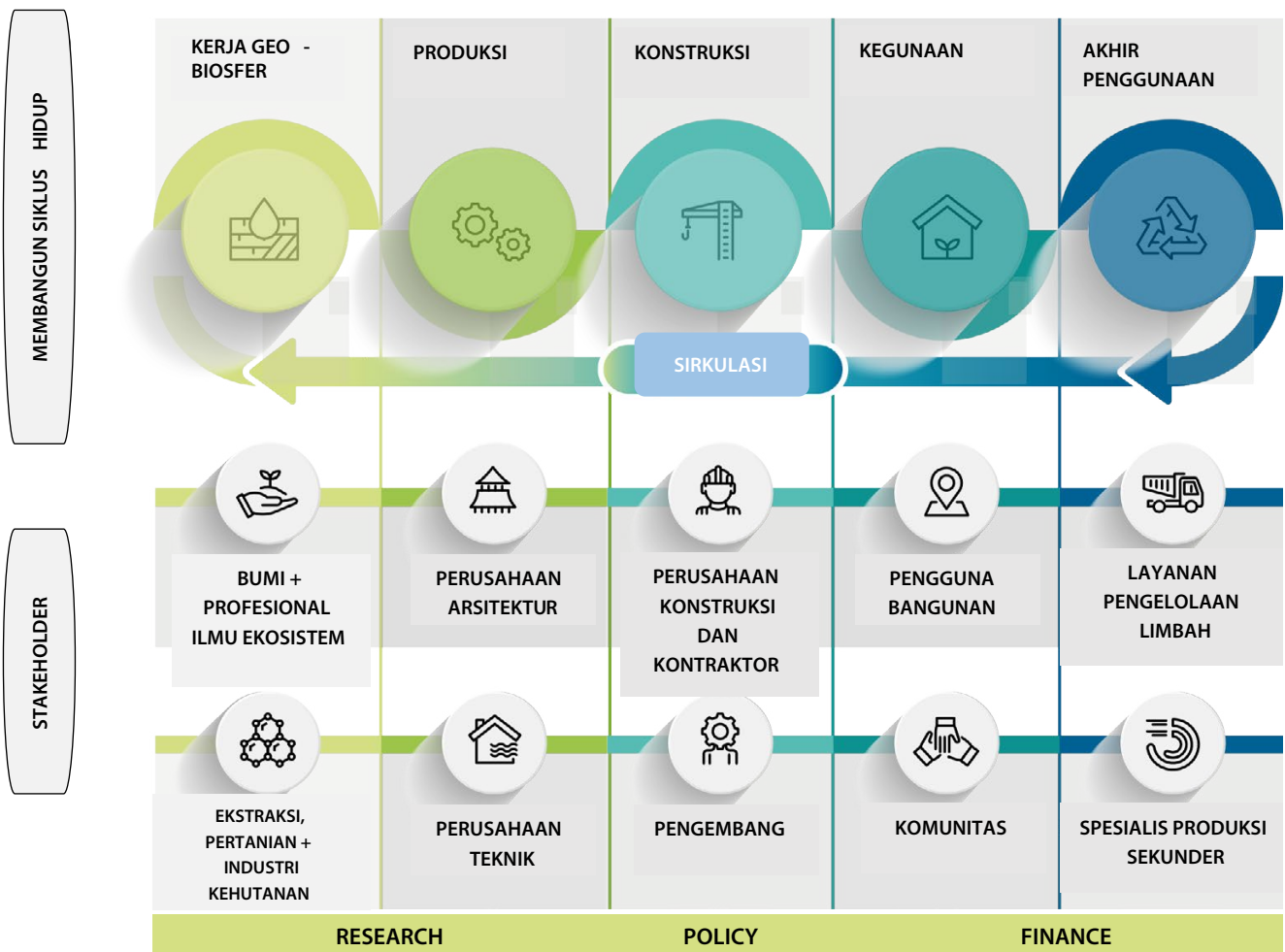
Sektor konstruksi bangunan hunian di Indonesia melibatkan berbagai pemangku kepentingan yang saling berhubungan sesuai dengan dinamika pasar. Dinamika pasar sektor konstruksi bangunan hunian dapat dikaitkan dengan seluruh siklus hidup bangunan. Siklus hidup bangunan hunian mencakup empat tahap: 1) Produksi bahan, 2) Konstruksi bangunan, 3) Penggunaan bangunan, 4) Akhir pemakaian (United Nations Environment Programme 2023). Untuk mendekarbonisasi sektor konstruksi bangunan hunian, diperlukan aksi-aksi pada keempat tahap siklus hidup bangunan agar dapat mencapai efisiensi material maksimum.

Gambar 2 menjelaskan empat tahap siklus hidup bangunan hunian tersebut.

Seluruh siklus hidup bahan yang digunakan dalam bangunan hunian secara dominan bergantung pada

pasar material, pasar perumahan, dan pasar keuangan. Pasar-pasar primer ini bergantung pada dinamika pasar yang terkait dengan industri transportasi, produksi dan pasokan energi, serta pasar tanah. Saat ini, lembaga-lembaga negara di Indonesia mengatur berbagai pasar melalui berbagai kebijakan fiskal dan non-fiskal. Selain itu, lembaga keuangan, seperti bank, memberikan dukungan moneter kepada sektor konstruksi bangunan hunian—termasuk industri manufaktur material—yang beroperasi sesuai dengan peraturan negara yang berlaku. Untuk memfasilitasi analisis berbagai pemangku kepentingan, terkait peran, tanggung jawab, dan hubungan satu sama lain, sektor konstruksi bangunan hunian dibagi menjadi lima sub-sektor, yaitu: (1) Tata Kelola dan Perencanaan, (2) Kebijakan Finansial, (3) Rantai Pasok Material, (4) Konstruksi dan Desain, (5) Masyarakat Sipil dan Akademisi.

Gambar 2: Pemangku kepentingan utama yang partisipasinya sangat penting dalam dekarbonisasi bangunan pada berbagai fase hidup bangunan (United Nations Environment Programme, 2023).



Laporan ilmiah tentang efisiensi sumber daya dan perubahan iklim menyarankan sebaiknya semua pemangku kepentingan memiliki peran dalam mengurangi emisi gas rumah kaca sepanjang siklus hidup dari bangunan hunian. Seperti yang juga diusulkan oleh peserta diskusi dan konsultasi nasional di Indonesia bahwa upaya kolaboratif dan kolektif akan mempercepat usaha untuk mencapai masa depan net-zero di sektor bangunan hunian Indonesia. Untuk itu, bagian selanjutnya dalam dokumen ini menguraikan berbagai peran dan tanggung jawab dari beberapa pemangku kepentingan. Para pemangku kepentingan yang saat ini terlibat dalam sektor konstruksi bangunan hunian di Indonesia tercantum dalam **Tabel 6**.

Penting untuk dicatat bahwa partisipasi tenaga kerja sepanjang siklus hidup sektor konstruksi bangunan hunian sangat beragam di berbagai sub-sektor dan tergantung pada dinamika sosial budaya. Dalam konteks seperti itu, saat ini perempuan hanya mewakili 3% dari total pekerja di industri konstruksi Indonesia. Para pekerja konstruksi perempuan melaporkan bahwa mereka menerima tarif upah yang lebih rendah dibandingkan dengan laki-laki, mereka tidak memiliki akses ke teknologi dan pelatihan, serta mengalami permasalahan keamanan dan diskriminasi di tempat kerja (Asian Development Bank 2014; Rostiyanti et al. 2020). Dalam sebuah studi yang mengeksplorasi faktor-faktor motivasi bagi perempuan yang berpartisipasi dalam industri konstruksi, Hansen et al. (2020) mengusulkan bahwa kondisi kerja seperti penghargaan kinerja, hak cuti melahirkan, fasilitas sanitasi yang higienis untuk perempuan, dan mobilisasi kerja; hubungan interpersonal yang baik di lingkungan kerja; kesetaraan gender melalui pengakuan pekerjaan perempuan dan ketersediaan sumber daya yang setara; manajemen yang baik dan benar; dan keamanan selama pekerjaan konstruksi adalah faktor yang memotivasi perempuan untuk berpartisipasi dalam sektor konstruksi di Indonesia.

Tabel 6: Aktor-aktor yang teridentifikasi terlibat dalam sektor konstruksi bangunan perumahan di Indonesia

Tata Kelola dan Perencanaan	Kebijakan Finansial	Rantai Pasok Bahan	Konstruksi dan Desain	Masyarakat Sipil dan Akademisi
■ Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan ■ Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat ■ Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral ■ Kementerian Perindustrian ■ Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional ■ Badan Standar Nasional ■ Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) ■ Gubernur DKI Jakarta ■ Badan Perencanaan Tata Ruang	■ Bank Indonesia ■ Bank yang berkomitmen terhadap keuangan berkelanjutan (misalnya Bank Mandiri, Bank BRI, BNI, BCA, BRI Syariah, Bank Muamalat, Bank Artha Graha, Bank BJB) ■ Bank internasional (misalnya, Bank Pembangunan Asia, Bank Central Asia)	■ Produsen semen (misalnya Semen Indonesia) ■ Produsen baja (misalnya PT-Krakatau Steel) ■ Produsen material lainnya (misalnya Toto Indonesia, Asahimas, Phillips, cat ICI, Dusaspun) ■ Pedagang grosir bahan ■ Pengecer bahan ■ Perusahaan transportasi	■ Pengembang Swasta (misalnya, PT Intiland Development Tbk, PT Ciputra Development Tbk, Sinar Mas Land, PT Summarecon Agung Tbk, PT Agung Podomoro Land Tbk, Springhill) ■ Arsitek ■ Insinyur (Sipil, HVAC, Listrik/Elektro) ■ Konsultan ■ Kontraktor ■ Perusahaan pembongkaran	■ Dewan Bangunan Hijau Indonesia atau <i>Green Building Council Indonesia</i> (GBCI) ■ Institut Arsitek Indonesia (IAI) ■ Ikatan Arsitek Lanskap Indonesia – (IALI) ■ Ikatan Ahli Perencanaan Indonesia (IAP) ■ Ikatan Ahli Rancang Kota Indonesia (IARKI)

Di sektor-sektor seperti kehutanan, perempuan memiliki peran kepemimpinan penting dalam praktik pengelolaan sumber daya serta konservasi keanekaragaman hayati secara global (Shiva 1992; Kiptot and Franzel 2012). Di Indonesia, perempuan juga baru-baru ini memainkan peran aktif dalam melindungi hutan dari industri ekstraktif melalui proyek seperti REDD+ (*Reducing Emission from Deforestation and forest Degradation*), meskipun ada perlawanan kaum patriarkal dari warga setempat (Yang and Rieger 2023). Partisipasi perempuan dalam proyek-proyek seperti REDD+ merupakan hasil dukungan dari LSM lokal HAKA. Belajar dari pengalaman positif seperti REDD+, Arwida et al. (2016) menyarankan untuk memprioritaskan analisis gender dalam berbagai proyek melalui pengumpulan data yang dibagi berdasarkan gender, pengintegrasian isu gender, dan bekerja sama dengan pemangku kepentingan yang relevan di tingkat sub-nasional untuk meningkatkan taraf hidup perempuan dan laki-laki. Memastikan peningkatan partisipasi perempuan dalam badan-badan pengambilan keputusan dan perencanaan lokal dan nasional sepanjang siklus hidup bangunan hunian akan memajukan kesetaraan gender (United Nations Development Programme 2021). Selain itu, mempertimbangan kesetaraan di seluruh sektor, termasuk institusi nasional dan subnasional yang tercantum dalam bagian-bagian berikut dari dokumen ini akan menjadi kunci untuk mewujudkan kesetaraan gender di Indonesia.

6.1 Tata Kelola dan Perencanaan

Sektor pemerintah dan perencanaan meliputi berbagai lembaga negara dan aktor, termasuk kementerian, lembaga nasional, pemerintah subnasional, dan pemerintah daerah setempat. Peran utama sektor pemerintah dan perencanaan adalah mengatur dan memantau seluruh rantai pasokan bahan yang digunakan dalam bangunan hunian. Hal ini termasuk mengatur ekstraksi sumber daya, produksi dan manufaktur bahan bangunan, transportasi dan pengadaan oleh industri konstruksi, pengelolaan selama penggunaan bangunan, daur ulang, penggunaan kembali, serta pengurangan bahan pada akhir masa pakainya. Berikut adalah para aktor yang saat ini terlibat dalam mengatur dan memantau konstruksi bangunan hunian di Indonesia dan berpotensi untuk mengambil peran dalam mengatur serta memantau peralihan ke net-zero di sektor bangunan hunian.

- a. **Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK)** bertanggung jawab pada urusan pemerintah di sektor lingkungan dan kehutanan dengan merumuskan dan mengimplementasikan kebijakan terkait keberlanjutan, sumber daya alam dan ekosistemnya, pengelolaan limbah, dan pengendalian perubahan iklim. KLHK juga mengoordinasikan dan menyelaraskan pelaksanaan pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan serta mengelola properti negara.
- b. **Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM)** merumuskan dan mengimplementasikan kebijakan di bidang pengembangan, pengendalian, dan pengawasan minyak dan gas bumi, listrik, mineral dan batu bara, energi baru dan terbarukan, konservasi energi, dan geologi. Kementerian ESDM juga melakukan penelitian dan pengembangan di bidang energi dan sumber daya mineral.

- c. Kementerian Perindustrian (Kemenperin) bertugas mendukung industri yang kompetitif, maju, dan ramah lingkungan dengan mengembangkan industri berbasis sumber daya alam, mengendalikan ekspor bahan baku dan sumber energi, meningkatkan penguasaan teknologi dan kualitas sumber daya manusia industri, mengembangkan fasilitas industri dan infrastruktur, meningkatkan penggunaan produk dalam negeri, dan berpartisipasi dalam kerja sama internasional. Bersama-sama, KLHK, ESDM, dan Kemenperin dapat mengambil peran dalam pengembangan dan pelaksanaan kebijakan yang berkaitan dengan pengurangan karbon dalam produksi dan proses manufaktur bahan, seperti hutan keberlanjutan untuk penyediaan *bio-based materials* atau bahan berbasis alam, peralihan bahan bakar untuk produksi semen dan baja, atau daur ulang bahan bangunan pada akhir masa pakainya.
- d. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) mendukung pelaksanaan Rencana Strategis untuk mencapai target pembangunan nasional, termasuk percepatan pengembangan kedaulatan air, kedaulatan pangan, kedaulatan energi, infrastruktur jalan, infrastruktur permukiman, dan perumahan publik.
- e. **Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS)** bertujuan untuk menyusun perencanaan pembangunan nasional berkualitas tinggi dan kredibel, dengan mengembangkan tujuan makroekonomi, memprioritaskan proyek-proyek pembangunan, menyusun rencana infrastruktur, mendukung koordinasi alokasi keuangan dan investasi, mendukung dan mengontrol pembangunan, mengembangkan kebijakan pembangunan inovatif antarlembaga, menyelaraskan dan mengoordinasikan kebijakan dan kegiatan strategis nasional dan kegiatan antarlembaga, meningkatkan kemitraan dan peran lembaga non-negara, dan mengembangkan rencana inovatif dan visioner. Bersama-sama, PUPR dan BAPPENAS dapat mendukung pengembangan kebijakan dan implementasi dalam hubungannya dengan teknik konstruksi, pengembangan kebijakan perencanaan, dan pengembangan infrastruktur.
- f. Badan Standardisasi Nasional (BSN) memegang peran penting dalam menetapkan standar pelabelan untuk efisiensi material dalam konstruksi bangunan hunian. Sebagai lembaga pemerintah, BSN berusaha memperkuat struktur ekonomi yang produktif, mandiri, dan kompetitif melalui pengelolaan standarisasi dan penilaian kesesuaian. Beberapa tugas BSN saat ini termasuk mengembangkan dan melaksanakan standar, mengelola sistem akreditasi, satuan ukuran standar nasional, sumber daya manusia di bidang standarisasi dan penilaian kesesuaian, serta melaksanakan reformasi birokrasi BSN. Mandat dan misi BSN sesuai untuk mendukung pengembangan dan implementasi standar pelabelan material.
- g. Terakhir, berbagai pemerintah daerah, seperti **Pemerintah Provinsi DKI Jakarta**, telah mengambil inisiatif menuju keberlanjutan konstruksi bangunan hunian. Badan administrasi tingkat kota dapat mendukung pengembangan kebijakan, implementasi, dan implementasi praktik terbaik melalui proyek percontohan tingkat lokal.

6.2 Kebijakan Finansial

Sektor keuangan secara langsung atau tidak langsung memengaruhi konstruksi bangunan hunian di Indonesia. Sektor keuangan melibatkan berbagai aktor seperti bank internasional, bank nasional, perusahaan investasi, penyedia dana pensiun, dan perusahaan asuransi. Saat ini, lembaga keuangan masih kurang terlibat dalam pembiayaan efisiensi material dan proses pengurangan karbon. Namun, kerja sama yang sudah ada dengan sektor manufaktur material dan konstruksi bangunan dapat dimanfaatkan untuk mendukung agenda efisiensi material.

Meskipun pembiayaan untuk dekarbonisasi material masih kurang, sektor keuangan di Indonesia telah mulai berinvestasi dalam pencapaian NDC secara lebih luas. Dalam rangka ini, *International Information Hub* Otoritas Jasa Keuangan Indonesia telah menerbitkan peta jalan Keuangan Berkelanjutan untuk tahun 2015 – 2019 (Fase 1) dan 2021 – 2025 (Fase 2). Agar dapat selaras dengan *Increased* NDC yang diterbitkan pada tahun 2022, Fase 2 dari peta jalan Keuangan Berkelanjutan mengusulkan untuk melakukan aksi-aksi berikut: (1) pengembangan taksonomi hijau untuk mengklasifikasikan kegiatan pembiayaan dan investasi berkelanjutan di Indonesia; (2) implementasi aspek-aspek lingkungan, sosial, dan tata kelola; (3) pengembangan program nyata untuk mempresentasikan keberhasilan program; (4) inovasi dalam produk dan jasa keuangan berkelanjutan; dan (5) kampanye nasional untuk keuangan berkelanjutan.

Hingga saat ini, delapan bank telah berkomitmen untuk menjadi pelopor dalam Perbankan Berkelanjutan di Indonesia, yaitu: Bank Mandiri, Bank BRI, BNI, BCA, BRI Syariah, Bank Muamalat, Bank Artha Graha, dan Bank BJB (Ruhayat dan Murwaningsari 2019). Sejalan dengan itu, lembaga keuangan swasta non-bank *Indonesia Infrastructure Finance (IIF)* menerbitkan *Sustainability Bond* atau Obligasi Keberlanjutan pertama mereka untuk infrastruktur berkelanjutan dengan bantuan Bank Dunia pada tahun 2022 (Bank Dunia 2022a). Dorongan sektor keuangan perbankan dan non-perbankan untuk mendukung inisiatif ramah lingkungan harus dimanfaatkan dalam implementasi strategi efisiensi material guna mempercepat terwujudnya masa depan rendah karbon.

6.3 Rantai Pasokan Material

Rantai pasokan material mencakup berbagai aktor mulai dari perusahaan produksi dan manufaktur material hingga pedagang grosir dan eceran, serta lembaga pembongkaran dan daur ulang. Para aktor yang terlibat dalam rantai pasokan material dapat mendukung efisiensi material dengan mengurangi kandungan karbon yang melekat pada material. Para aktor rantai pasokan material dapat mendukung dekarbonisasi dengan mengurangi energi yang digunakan dalam produksi, manufaktur, pengiriman, dan daur ulang material bangunan. Di antara berbagai material bangunan, dekarbonisasi harus diprioritaskan pada material-material paling banyak menghasilkan emisi karbon, yaitu semen dan baja. Dengan adanya pedagang grosir dan eceran, Indonesia punya peluang untuk meningkatkan jumlah lembaga daur ulang guna memperpanjang masa pakai material.

Produsen semen terbesar di Indonesia adalah perusahaan milik negara *Semen Indonesia Group*. Semen Indonesia yang didirikan pada tahun 1991 menguasai sekitar 53% penjualan semen dalam negeri di Indonesia. Perusahaan ini memproduksi sekitar 51 juta ton semen per tahun dan mengekspor ke berbagai negara di Asia. Perusahaan ini memiliki pabrik semen di seluruh Indonesia dan melakukan pertambangan batu bara, batu kapur, dan tanah liat, manufaktur karung semen, manufaktur beton siap pakai, dan berbagai aktivitas lainnya. Sedangkan untuk baja, produsen baja terbesar di Indonesia juga merupakan perusahaan milik negara, yaitu *PT Krakatau Steel* yang didirikan sejak tahun 1970-an. Perusahaan ini memproduksi sekitar 2 juta metrik ton besi dan baja dan bermaksud untuk meningkatkan produksi hingga 10 juta metrik ton pada tahun 2027 melalui kemitraan dengan perusahaan Korea Selatan, Posco. Dengan tujuan menjadi pemimpin di Asia Tenggara dalam penyediaan layanan industri inovatif dan berkelanjutan, PT Krakatau Steel juga bermaksud mendukung pertumbuhan dan keberlanjutan industri serta infrastruktur nasional. Mengingat, besarnya produksi dan penjualan material, penerapan strategi ME dalam proses produksi, serta distribusi Semen Indonesia Group dan PT Krakatau Steel akan menghasilkan dampak besar pada pengurangan emisi gas rumah kaca. Sebagai perusahaan milik negara, perusahaan-perusahaan ini juga dapat menjadi contoh bagi perusahaan manufaktur swasta lainnya.

6.4 Sektor Konstruksi dan Desain

Sektor konstruksi dan desain juga memiliki peran penting dalam mencapai efisiensi material khususnya pada konstruksi bangunan perumahan. Karbon yang terkandung dalam bangunan atau *embodied carbon* termasuk karbon yang digunakan selama konstruksi bangunan. Oleh karena itu, dengan mengurangi energi yang digunakan selama konstruksi, misalnya dengan mengurangi bahan yang digunakan untuk perancah atau steger dan rangka, mengurangi transportasi dan limbah, atau merancang bangunan untuk umur yang lebih panjang akan mengurangi karbon yang terkandung dalam bangunan dan mencapai efisiensi material.

Pihak-pihak yang terlibat dalam sektor konstruksi dan desain antara lain pengembang, kontraktor, pekerja konstruksi, desainer seperti arsitek, insinyur sipil, konsultan HVAC, desainer lanskap dan interior, operator bangunan, dan perusahaan pembongkaran. Dengan bertambahnya jumlah fakultas arsitektur dan teknik di Indonesia, semakin banyak pula desainer dan konsultan di seluruh Indonesia. Terdapat kontraktor formal dan informal yang terlibat dalam pembangunan bangunan perumahan di Indonesia. Ikatan Arsitek Indonesia (IAI), Ikatan Arsitek Lanskap Indonesia – (IALI), Ikatan Ahli Perencanaan Indonesia (IAP), Ikatan Ahli Rancang Kota Indonesia (IARKI) adalah beberapa organisasi yang dapat mengambil peran dalam pengembangan kode etik profesional, kebijakan, repositori praktik baik, pelatihan dan penyebaran pengetahuan di antara berbagai desainer, konsultan, dan kontraktor.

6.5 Sektor Perumahan Informal

Pada mulanya, perumahan di Indonesia didominasi oleh perumahan informal. Perumahan tersebut biasanya kekurangan akses terhadap berbagai fasilitas perkotaan seperti listrik, air bersih, dan saluran pembuangan air limbah yang sehat dan layak. Pada tahun 2007, ditetapkan Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional 2005 – 2025, termasuk target *zero slums* pada tahun 2015. Pada tahun 2011, Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Permukiman menetapkan bahwa “setiap warga negara Indonesia harus hidup dalam permukiman yang layak dan terjangkau dalam lingkungan yang sehat, aman, harmonis, teratur, terpadu, dan berkelanjutan” (Roberts et al. 2019). Pada tahun 2011, diperkirakan lebih dari 27 juta orang di lebih dari 7 juta rumah tangga tinggal di lebih dari 57.000 ha kawasan kumuh di Indonesia (Sucahyono 2019). Oleh karena itu, program-program seperti Program Perbaikan Kampung, Pengembangan Lingkungan, Penataan Kawasan Kumuh Perkotaan, Rusunawa, dan Revitalisasi Permukiman Tradisional pun dimulai (Sucahyono 2019).

Program Perbaikan Kampung (KIP) yang dimulai tahun 1969 merupakan salah satu program tertua di antara program sejenisnya dan dianggap sebagai salah satu program terbesar di dunia pada masanya dan mungkin merupakan program yang paling berhasil dalam memenuhi kebutuhan perumahan masyarakat miskin perkotaan. Program ini didanai seluruhnya oleh Pemerintah Provinsi Jakarta. Bank Dunia berkontribusi terhadap keberhasilan ini melalui pinjaman lunak atau *concessionary loans*, sementara Yayasan Aga Khan memberikan penghargaan pada program tersebut pada tahun 1980 (Devas 1981). Kini, semakin sedikit penduduk yang tinggal di daerah kumuh di Indonesia, meskipun pada tahun 2019, sekitar 19 persen penduduk Indonesia masih tinggal di daerah kumuh perkotaan (Bank Dunia 2023).



KERANGKA AKSI PRIORITAS

Efisiensi material dalam sektor konstruksi bangunan residensial dapat dicapai dengan melibatkan berbagai pihak dan pendekatan siklus hidup bangunan secara keseluruhan. Hal ini dikarenakan konstruksi bangunan residensial bergantung pada berbagai pemangku kepentingan sepanjang masa pakai bangunan. Maka, untuk mendekarbonisasi sektor ini memerlukan keterlibatan dari semua pemangku kepentingan yang terkait. Bagian berikut ini menguraikan peran dan tanggung jawab berbagai pemangku kepentingan yang terlibat dalam konstruksi bangunan residensial di Indonesia.

Berdasarkan empat tahap siklus hidup bangunan, terdapat lima tujuan dan aksi yang relevan yang diusulkan untuk mewujudkan efisiensi material pada sektor konstruksi bangunan residensial di Indonesia. Semua tujuan dan tindakan yang diusulkan dalam proses dekarbonisasi bahan konstruksi diuraikan dalam LAMPIRAN 1: Detail Kerangka Aksi. Lima tujuan yang diusulkan tersebut berkaitan erat dengan strategi ME yang disajikan di Bagian 5. Strategi ME yang disajikan di Bagian 5 didasari oleh pertimbangan pemodelan, sedangkan lima tujuan yang disajikan di bagian ini dirancang untuk memfasilitasi diskusi kelompok yang efektif selama konsultasi dengan para pemangku kepentingan. Secara khusus, tabel yang disertakan dalam bagian ini menguraikan aksi-aksi utama yang perlu diprioritaskan dalam proses implementasi agenda net-zero yang efektif dan efisien. Lebih lanjut, dalam tabel-tabel berikut, aksi-aksi yang direkomendasikan untuk setiap pemangku kepentingan diuraikan secara rinci. Tabel-tabel berikut juga menjelaskan peluang bagi setiap pemangku kepentingan untuk mengatasi hambatan yang kemungkinan muncul. Selain itu, tabel-tabel berikut juga menguraikan solusi yang dapat diimplementasikan untuk mengurangi hambatan dan memaksimalkan peluang dalam mencapai tujuan. Kelima tujuan yang diusulkan adalah sebagai berikut.

TUJUAN 1: Menggunakan Material Rendah Karbon

Untuk mencapai efisiensi material, bahan-bahan rendah karbon harus diproduksi secara luas dan digunakan dalam bangunan residensial. Tujuan ini berhubungan dengan dua tahap pertama dalam siklus hidup bangunan, yaitu 1) Produksi bahan dan 2) Konstruksi bangunan. Keberhasilan strategi ini bergantung pada insentif yang diberikan kepada produsen bahan untuk memproduksi bahan rendah karbon dan untuk pengembang swasta, pemilik bangunan, serta pengguna untuk menggunakannya selama konstruksi. Sesuai dengan komitmen NDC Indonesia, diharapkan lembaga pemerintah dan industri manufaktur berkomitmen untuk mengurangi emisi karbon yang terkandung dari bahan konstruksi atau *embodied carbon*. Dukungan keuangan juga diperlukan untuk mendorong dan memenuhi komitmen terhadap penurunan emisi *embodied carbon*. Untuk membuat produksi dan penggunaan bahan rendah karbon merata secara nasional, proyek percontohan dan pengadaan publik menjadi cara paling efektif. Ibukota baru Indonesia dapat bertindak sebagai proyek percontohan. Agar tujuan ini diketahui lebih luas, semua pemangku kepentingan harus diinformasikan tentang bahan dan teknologi yang sesuai dan tersedia.

TUJUAN 2: Menghemat Material Berdasarkan Desain

Efisiensi material dapat dicapai dengan menghemat material selama fase kedua dalam siklus hidup bangunan, yaitu konstruksi bangunan. Dengan menggunakan material yang lebih sedikit, permintaan akan bahan mentah dan bahan olahan akan berkurang sehingga dapat mengurangi *embodied carbon* secara efektif. Untuk mencapai tujuan ini, para desainer seperti arsitek, insinyur sipil, desainer interior, konsultan HVAC perlu menggabungkan strategi untuk menghemat material saat merancang bangunan residensial. Strategi tersebut termasuk menggunakan standar minimum untuk baja dan beton agar tetap mendapatkan bangunan yang kuat secara struktural serta tahan bencana atau menggunakan material seminimum mungkin untuk selubung bangunan tapi tetap mampu menciptakan ruangan yang nyaman. Selain itu, menghemat material juga berarti merancang bangunan yang berumur panjang – tanpa mengorbankan ketahanan bangunan terhadap bencana dan bahaya. Bangunan yang dirancang harus dapat beradaptasi dengan pola penggunaan yang berubah, dan struktur harus dirancang untuk menahan kerusakan dalam periode selama mungkin. Secara bersamaan, metode dekarbonisasi berkualitas tinggi seperti mengoptimalkan manajemen konstruksi untuk mengurangi pemborosan material perlu dimasukkan ke dalam semua konstruksi perumahan. Selain itu, teknik konstruksi harus dioptimalkan untuk penggunaan material seminimum mungkin – termasuk penggunaan material yang efisien pada kerangka dan perancah atau steger, menggunakan material pra-fabrikasi dan modular untuk mengurangi penggunaan material pengecoran di lokasi konstruksi, atau menggunakan pemodelan bangunan. Dengan penggunaan material yang paling efisien, proses desain dapat secara signifikan mengurangi karbon terikat dalam bangunan.

TUJUAN 3: Dekarbonisasi dan Penggantian Material

Semen dan baja merupakan kontributor terbesar dalam emisi gas rumah kaca, terutama dalam penggunaan material bangunan secara global. Saat ini, belum ada material yang dapat menggantikan semen dan baja dalam sektor konstruksi bangunan. Oleh karena itu, sangat penting untuk mempercepat dekarbonisasi sektor semen dan baja di semua tahap siklus hidupnya. Hal ini mencakup langkah-langkah untuk mendekarbonisasi proses ekstraksi, manufaktur, transportasi, perakitan, serta daur ulang dan penggunaan kembali. Semen dan baja memerlukan energi yang tinggi untuk proses produksinya. Oleh karena itu, penggantian bahan bakar dapat mengurangi *embodied carbon* dari semen dan baja secara signifikan. Langkah-langkah serupa dapat diambil untuk mengurangi jejak karbon dari pengolahan material bangunan lain seperti aluminium atau plastik. Selain mendekarbonisasi pengolahan material, mengurangi *downcycling*, atau daur ulang material menjadi material dengan kualitas yang lebih rendah, akan meningkatkan umur material dan dengan demikian mengurangi emisi karbon. Terlebih lagi, material dengan emisi karbon tinggi seperti beton dan baja harus diganti dengan material rendah karbon. Material rendah karbon meliputi material alami seperti kayu dari hutan dan bambu, serta material berbasis tanah seperti tanah liat atau tanah kompak atau rammed earth. Meskipun sebagian besar material alami dan tanah tidak memungkinkan untuk konstruksi bangunan tinggi dan berat, teknologi material baru dan campuran seperti bambu olahan atau tanah kompak yang diperkuat dapat dikembangkan lebih lanjut dan digunakan untuk meminimalkan penggunaan material dengan emisi karbon tinggi seperti beton dan baja.

TUJUAN 4: Dekarbonasi Proses Manufaktur

Proses manufaktur berkontribusi pada *embodied carbon* pada material bangunan. Oleh karena itu, dekarbonisasi proses manufaktur material merupakan hal yang penting untuk mencapai efisiensi material dalam sektor konstruksi bangunan hunian. Untuk mencapai hal ini, produsen perlu dilatih untuk memanfaatkan teknologi manufaktur material beremisi rendah yang paling efisien. Namun, tantangan yang lebih besar yaitu teknologi manufaktur beremisi rendah saat ini belum tersedia. Oleh karena itu, investasi untuk inovasi dan pengembangan produk harus ditingkatkan. Beberapa proses dekarbonisasi yang dikenal, yaitu penggunaan rasio clinker yang lebih tinggi atau penggunaan karbon yang lebih sedikit dalam memproduksi baja. Potensi besar juga terletak pada peralihan bahan bakar beremisi tinggi ke bahan bakar yang berkelanjutan, serta menggunakan bahan bakar secara lebih efisien dalam manufaktur material konstruksi. Upaya ini dapat dilaksanakan dengan kebijakan yang lebih jelas untuk dekarbonisasi material.

TUJUAN 5: Mengurangi Limbah dan Meningkatkan Guna Ulang dan Daur Ulang

Salah satu upaya penting dari efisiensi material adalah penggunaan ulang dan daur ulang material. Bangunan hunian saat ini tidak didesain untuk dapat didaur ulang sehingga menghasilkan banyak limbah ketika mencapai akhir masa pakainya. Seringkali bangunan dirobohkan dengan cara yang tidak memungkinkan untuk kemudian terjadi penggunaan ulang material. Oleh karena itu, untuk mewujudkan efisiensi material, perancangan bangunan perlu dilakukan sedemikian rupa sehingga mengurangi limbah dan memungkinkan penggunaan ulang serta daur ulang material. Untuk mencapai hal ini, renovasi dan peralihan fungsi bangunan harus didorong untuk memperpanjang masa pakai bangunan. Bangunan harus didesain sedemikian rupa sehingga memungkinkan untuk dibongkar pada akhir masa pakai dan memungkinkan penggunaan ulang dan alih fungsi material, dengan menggunakan material seperti panel beton pracetak. Untuk memfasilitasi penggunaan ulang material yang efektif, perusahaan daur ulang harus diberikan insentif serta diintegrasikan ke dalam rantai pasokan material untuk konstruksi bangunan.



Tabel 7: Kerangka Aksi Prioritas untuk Tujuan 1

TUJUAN 1: MENGGUNAKAN MATERIAL RENDAH KARBON				
	Aksi Prioritas	Peluang	Hambatan	Solusi
A: Pemerintah Nasional, Subnasional dan Daerah	1.1 Memberikan insentif untuk efisiensi material yang tinggi	Insentif untuk energi terbarukan/bahan lokal.	- Database produk ramah lingkungan belum tersedia. - Kurangnya pemasaran produk.	Mengembangkan Inventarisasi Daur Hidup atau <i>Life Cycle Inventory</i> (LCI) nasional untuk bahan konstruksi.
	1.2 Membuat komitmen untuk menurunkan <i>embodied carbon</i> atau emisi karbon yang terkandung dalam material	Ibu Kota Baru sebagai proyek percontohan.	Pelabelan/standar ramah lingkungan belum tersedia untuk semua bahan ramah lingkungan.	- Mewajibkan penggunaan material lokal. - Meningkatkan standar bangunan ramah lingkungan. - Mengembangkan standar jejak karbon. - Menegakkan persyaratan hukum untuk komitmen pengurangan karbon. - Mengumpulkan data terkait material rendah karbon.
	1.4 Meningkatkan kesadaran akan manfaat konstruksi rendah karbon	Perumahan ramah lingkungan sedang dikembangkan di Ibu Kota Baru sebagai proyek percontohan.	Proyek-proyek yang dikelola negara saat ini kurang dimanfaatkan untuk menunjukkan potensi transisi <i>net-zero</i>.	Menanamkan prinsip pengembangan perumahan ramah lingkungan di semua proyek baru.
B: Lembaga Keuangan	1.1 Memberikan insentif untuk efisiensi material yang tinggi 1.2 Membuat komitmen untuk menurunkan emisi karbon yang terkandung dalam material	Pembiayaan ramah lingkungan tersedia.	Informasi tentang produk ramah lingkungan kurang atau tidak tersedia bagi pengambil keputusan.	Mengembangkan database LCI nasional untuk material bangunan/perumahan.
C: Produsen, Pengecer, dan Pemasok	1.2 Membuat komitmen untuk menurunkan emisi karbon yang terkandung dalam material	<i>Fly ash</i> dan <i>bottom ash</i> (FABA) – limbah pembangkit listrik tenaga uap – diperbolehkan digunakan dalam industri semen.	- Sulit untuk mendapatkan bahan rendah karbon. - Menggunakan material rendah karbon yang baru dikembangkan berisiko secara finansial.	Memberikan insentif untuk memproduksi bahan rendah karbon.
D: Pengembang dan Kontraktor Swasta	1.2 Membuat komitmen untuk menurunkan emisi karbon yang terkandung dalam material	Permintaan akan konstruksi berkelanjutan semakin meningkat.	- Sulit untuk mendapatkan bahan rendah karbon. - Menggunakan material rendah karbon yang baru dikembangkan berisiko secara finansial.	Memberikan insentif untuk pemanfaatan bahan rendah karbon secara efisien.
H: Akademisi dan Lembaga Penelitian	1.2 Membuat komitmen untuk menurunkan emisi karbon yang terkandung dalam material	Kapasitas untuk penelitian dan pengembangan.	Kurangnya data mengenai material rendah karbon dan pemanfaatannya.	Mengumpulkan data mengenai material rendah karbon dan pemanfaatannya.
I: Masyarakat Sipil	1.2 Membuat komitmen untuk menurunkan emisi karbon yang terkandung dalam material	Banyak organisasi masyarakat sipil sudah berkomitmen terhadap pembangunan berkelanjutan.	Perubahan perilaku sulit terjadi.	Meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai bahan-bahan rendah karbon.

Tabel 8: Kerangka Aksi Prioritas untuk Tujuan 2

TUJUAN 2: MENGHEMAT MATERIAL BERDASARKAN DESAIN				
	Aksi prioritas	Peluang	Hambatan	Solusi
A: Pemerintah Nasional, Subnasional dan Daerah	2.2 Mengadopsi kebijakan desain untuk mendorong umur bangunan yang panjang	- Industri konstruksi akan menjadi berkelanjutan. - Potensi keuntungan dalam hal finansial dan reputasi.	- Sulit mendorong kontraktor untuk mematuhi peraturan. - Penilaian terhadap struktur dan bangunan seringkali bersifat subjektif. - Banyak daerah rawan bencana. - Kurangnya peraturan retrofit.	- Pengembangan dan penegakan peraturan - Memberikan pendidikan dan pelatihan. - Memberikan peningkatan kapasitas secara gratis kepada arsitek, desainer, dan konsultan. - Menerapkan metode obyektif untuk penilaian bangunan dan struktur.
	2.2 Mengadopsi kebijakan desain untuk mendorong umur bangunan yang panjang	Efisiensi anggaran pemerintah.	Kurangnya anggaran yang tersedia.	- Melibatkan pihak ketiga untuk memastikan bahwa penilaian perumahan ramah lingkungan mengarah pada akses pinjaman. - Hasil penilaian diusulkan kepada pemerintah untuk diterbitkan surat rekomendasi.
C: Produsen, Pengecer, dan Pemasok	2.1 Meningkatkan kapasitas desainer	- Meningkatkan ketersediaan produk yang memiliki emisi karbon rendah. - Menghemat material.	Kurangnya pengetahuan tentang desain produk dan permintaan pasar.	- Peraturan - Pendidikan dan Pelatihan
	2.5 Mengoptimalkan teknik konstruksi	Teknologi baru untuk optimalisasi penggunaan material	Kurangnya pengetahuan, waktu, dan anggaran.	- Mendorong penemuan teknologi dan metode konstruksi baru. - Memulai strategi pembangunan hijau.
D: Pengembang dan Kontraktor Swasta	2.5 Mengoptimalkan teknik konstruksi	Teknologi baru untuk optimalisasi penggunaan material	Kurangnya pengetahuan, waktu, dan anggaran.	- Menggunakan teknologi dan metode konstruksi baru. - Memulai konsep dan strategi pembangunan hijau
E: Arsitek, Desainer, dan Konsultan	2.1 Meningkatkan kapasitas desainer	Lebih banyak desainer ramah lingkungan	- Desainer kurang memberikan perhatian pada produk ramah lingkungan. - Biaya tinggi dan tenggat waktu implementasi. - Kesadaran rendah	- Penegakan peraturan. - Mengizinkan dan memberi insentif pada sertifikasi desain ramah lingkungan. - Memberikan peningkatan kapasitas secara gratis.
	2.2 Mengadopsi kebijakan desain untuk mendorong umur bangunan yang panjang	- Dapat diaplikasikan di lapangan - Penggunaan yang sesuai - Biaya jangka panjang yang rendah	Kurangnya tenaga profesional yang terampil dan berpengetahuan.	- Meningkatkan keterampilan dan pengetahuan. - Peningkatan kapasitas dalam implementasi kebijakan.
H: Akademisi dan Lembaga Penelitian	2.3 Menyediakan metode dekarbonisasi yang berkualitas tinggi dan lebih baik	Penelitian dan pengembangan tersedia tetapi perlu ditingkatkan.	Hal ini belum dilaksanakan karena masyarakat tidak yakin apakah hal ini cukup kompetitif.	Mengembangkan proyek percontohan, misalnya ibu kota baru.
	2.5 Mengoptimalkan teknik konstruksi	Teknologi baru untuk optimalisasi penggunaan material.	Kurangnya pengetahuan, waktu, dan anggaran.	- Menggunakan teknologi dan metode konstruksi baru. - Mengembangkan konsep dan strategi hijau.

Tabel 9: Kerangka Aksi Prioritas untuk Tujuan 3

TUJUAN 3: DEKARBONISASI DAN PENGGANTIAN MATERIAL				
	Aksi prioritas	Peluang	Hambatan	Solusi
A: Pemerintah Nasional, Subnasional dan Daerah	3.1 Mempercepat berbagai jalur menuju dekarbonisasi di sektor semen / 3.4 Mempromosikan adopsi bahan berbasis bio	Peraturan penggunaan bahan berbahaya.	- Kurangnya insentif. - Pemanfaatan bahan berbahaya untuk bahan baku.	- Memberikan insentif kepada pabrik-pabrik rendah karbon. - Menegakkan peraturan penggunaan semen PPC. - Penghapusan bertahap semen OPC. - Memberikan insentif pajak untuk menutupi kenaikan biaya produksi akibat efisiensi karbon. - Penjadwalan berkala dan pengendalian produk dan pengiriman. - Memasukkan spesifikasi material dekarbonisasi dalam spesifikasi bangunan ramah lingkungan. - Dukungan untuk penelitian, pendanaan, promosi, proyek percontohan desain dan teknologi perumahan bambu.
B: Lembaga Keuangan	3.1 Mempercepat berbagai jalur menuju dekarbonisasi di sektor semen / 3.4 Mempromosikan adopsi penggunaan material alami	- Lembaga keuangan dapat memberikan pinjaman kepada produsen semen dan baja dengan bunga rendah jika mereka menerapkan efisiensi karbon dalam proses produksinya. - Peraturan penggunaan bahan berbahaya. - Dukungan finansial untuk rantai pasokan.	"Bankability" proyek (bagaimana memastikan bahwa proyek tersebut layak mendapat pendanaan) rendah.	- Peningkatan kapasitas dan pembinaan untuk proyek pembangunan rendah karbon hingga persetujuan proposal. - Pembebasan pajak untuk energi hijau di pabrik besi dan baja.
C: Produsen, Pengecer, dan Pemasok	3.1 Mempercepat berbagai jalur menuju dekarbonisasi di sektor semen / 3.2 Mengurangi jejak karbon di sektor pembuatan baja	- Lokalisasi pabrik semen untuk mengurangi emisi transportasi. - Peningkatan produk. - Implementasi CCUS. - Modifikasi bahan baku.	- Kurangnya penegakan hukum terhadap teknologi rendah karbon untuk produksi baja dan semen. - Tingginya biaya produksi semen dan baja rendah karbon. - Produksi yang tidak diatur. - Hanya sedikit pabrik semen yang menggunakan material rendah karbon seperti <i>fly ash</i>, <i>bottom ash</i>, atau <i>limestone clay</i>. - Biaya produksi CCUS yang tinggi.	- Penambahan instalasi CCUS. - Menanamkan efisiensi energi di sepanjang siklus hidup. - Mengembangkan kebijakan untuk mendukung penggunaan material ramah lingkungan. - Memanfaatkan dukungan keuangan internasional untuk proyek energi hijau. - Memproduksi bahan ramah lingkungan.
D: Pengembang dan Kontraktor Swasta	3.4 Mempromosikan adopsi penggunaan material alami	Permintaan yang lebih besar terhadap semen rendah karbon dan material alami	Banyak kontraktor yang masih enggan menggunakan semen ramah lingkungan.	Memasukkan spesifikasi material dekarbonisasi dalam spesifikasi bangunan ramah lingkungan.
E: Arsitek, Desainer, dan Konsultan	3.1 Mempercepat berbagai jalur menuju dekarbonisasi di sektor semen / 3.2 Mengurangi jejak karbon di sektor pembuatan baja	- Promosi penggunaan material rendah karbon melalui persetujuan dan konsultasi dengan pemilik rumah. - Nilai bangunan yang menggunakan material ramah lingkungan tergolong tinggi.	Banyak kontraktor yang masih enggan menggunakan semen ramah lingkungan.	Mempromosikan penggunaan bahan ramah lingkungan di kalangan kontraktor dan pengguna.
	3.4 Mempromosikan adopsi penggunaan material alami	Penggunaan biomaterial untuk bangunan.	- Ekosistem untuk penggunaan material alami tidak tersedia. - Kurangnya inventaris database atau jejak karbon material.	Memberikan dukungan desain hijau.

TUJUAN 3: DEKARBONISASI DAN PENGGANTIAN MATERIAL

	Aksi prioritas	Peluang	Hambatan	Solusi
F: Perusahaan Pembongkaran dan Daur Ulang	3.1 Mempercepat berbagai jalur menuju dekarbonisasi di sektor semen	• Retrofit bangunan lama.	• Kurangnya peraturan dan insentif. • Kurangnya perencanaan tata ruang.	• Inspeksi bangunan.
G: Pemilik, Penyewa, atau Penghuni Gedung	3.1 Mempercepat berbagai jalur menuju dekarbonisasi di sektor semen	• Meningkatkan harga jual dan nilai bangunan yang menggunakan material ramah lingkungan.	• Meningkatkan harga jual dan nilai bangunan yang menggunakan material ramah lingkungan. • Pemeliharaan bahan bangunan (pencegahan korosi).	• Insentif perpajakan agar tidak menaikkan harga jual.
	3.4 Mempromosikan adopsi penggunaan material alami	• Ketersediaan banyak sumber material seperti bambu; sekam padi; Pencetakan 3D terbuat dari bahan alami atau limbah pembongkaran.	• Bangunan bambu sering dianggap sebagai "rumah orang miskin" dan tidak aman. • Bahan kayu untuk rangka struktural bisa lebih mahal dibandingkan beton. • Struktur kayu mungkin memerlukan AC untuk menjaga tingkat kelembapan tetap rendah guna mencegah penyusutan dan pembengkakan. • Serangan rayap pada beberapa produk kayu bahkan setelah dirawat	• Memasukkan spesifikasi material dekarbonisasi dalam spesifikasi bangunan ramah lingkungan.
H: Akademisi dan Lembaga Penelitian	3.1 Mempercepat berbagai jalur menuju dekarbonisasi di sektor semen / 3.2 Mengurangi jejak karbon di sektor pembuatan baja / 3.4 Mempromosikan adopsi material alami	• Penelitian dan pengembangan bahan baku semen yang ramah lingkungan. • Penelitian dan Pengembangan untuk CCUS. • Penelitian konservasi energi pada industri baja. • Penelitian dan Pengembangan bambu untuk bahan bangunan.	• Kesenjangan antara penelitian dan kurikulum pendidikan tinggi.	• Penelitian tentang dekarbonisasi & substitusi materi untuk diinternalisasikan dalam kurikulum pendidikan tinggi.

Tabel 10: Kerangka Aksi Prioritas untuk Tujuan 4

TUJUAN 4: DEKARBONISASI PROSES MANUFAKTUR				
	Aksi prioritas	Peluang	Hambatan	Solusi
A: Pemerintah Nasional, Subnasional dan Daerah	4.1 Meningkatkan kapasitas produsen	• Peningkatan kapasitas untuk industri terkait + industri konstruksi (baja, semen, kaca, keramik). • Pengembangan modul penurunan emisi GRK.	• Belum menjadi prioritas, anggaran terbatas. • Sumber daya manusia terbatas.	• Perlu pendanaan dari luar APBN. • Pembiayaan campuran/kreatif. • Memberikan insentif kepada produsen.
	4.3 Mempromosikan peralihan bahan bakar dan efisiensi yang lebih tinggi dalam pembuatan bahan konstruksi	• Rencana dekarbonisasi sudah tertuang dalam RUPTL (rencana usaha penyediaan tenaga listrik). • Pemerintah sudah memiliki rencana pengurangan emisi.	• Belum terinternalisasi di tingkat subnasional.	• Mengintensifkan sosialisasi untuk industri dan institusi di tingkat subnasional.
C: Produsen, Pengecer, dan Pemasok	4.1 Meningkatkan kapasitas produsen	• Nilai tambah bagi perusahaan. • Pembiayaan ramah lingkungan.	• Biaya investasi yang tinggi. • Kurangnya kesadaran. • Bisnis seperti biasa.	• Akses pendanaan investasi dari bank. • Gunakan teknologi baru di pabrik lama dan baru. • Mendorong produksi produk lokal dengan prinsip rendah karbon. • Meningkatkan TKDN (tingkat komponen dalam negeri) untuk bahan produksi produk tertentu. • Gunakan lebih banyak bahan daur ulang.
	4.3 Mempromosikan peralihan bahan bakar dan efisiensi yang lebih tinggi dalam pembuatan bahan konstruksi	• Meningkatkan nilai tambah dan daya saing. • Mengurangi biaya energi (penggunaan energi) • Memulai kerja sama dengan negara lain yang telah menerapkan dekarbonisasi. • Memanfaatkan peraturan penetapan harga karbon. • Menghasilkan material yang ramah lingkungan (tersedia surat keputusan).	• Investasi untuk peralatan tambahan relatif tinggi. • Ketersediaan bahan bakar alternatif yang dapat diandalkan. • Mendapatkan izin untuk beberapa bahan energi alternatif relatif sulit. • Peraturan mengenai pajak karbon bagi produsen belum tersedia.	• Meningkatkan penggunaan energi alternatif di industri. • Pembiayaan campuran. • Insentif pemerintah bagi industri untuk mematuhi.

TUJUAN 4: DEKARBONISASI PROSES MANUFAKTUR

	Aksi prioritas	Peluang	Hambatan	Solusi
D: Pengembang dan Kontraktor Swasta	4.3 Mempromosikan peralihan bahan bakar dan efisiensi yang lebih tinggi dalam pembuatan bahan konstruksi	- Standar industri hijau tersedia untuk komoditas tertentu di sektor konstruksi. - Kerja sama yang baik antara produsen dan pengguna dalam penggunaan material ramah lingkungan.	Persaingan ketat antara produk lokal dan impor.	- Memprioritaskan produk bersertifikat dalam pengadaan. - Pengawasan ketat dari pemerintah terhadap material yang telah memenuhi standar nasional (SNI).
H: Akademisi dan Lembaga Penelitian	4.1 Meningkatkan kapasitas produsen	- Sekolah kejuruan tersedia. - Unit studi yang relevan dapat ditemukan di perguruan tinggi. - Kerjasama dengan universitas dan lembaga penelitian.	- Topik dekarbonisasi belum menjadi bagian dari kurikulum. - Kebutuhan industri dan lembaga penelitian belum seimbang. - Tidak semua industri bisa menyelenggarakan pelatihan	- Memasukkan dekarbonisasi ke dalam kurikulum pendidikan. - Sosialisasi dari pemerintah kepada industri. - Pendanaan dari kerjasama.
	4.3 Mempromosikan peralihan bahan bakar dan efisiensi yang lebih tinggi dalam pembuatan bahan konstruksi	- Banyak penelitian tentang dekarbonisasi. - Rendah karbon dari industri manufaktur.	Mekanisme pendanaan dalam pelaksanaan penelitian.	- Meningkatkan anggaran penelitian dari pemerintah. - Kerja sama penelitian dengan industri manufaktur. - Pencocokan antara industri dan universitas/lembaga penelitian. - Kerja sama antara pemerintah dan swasta dalam hal penyediaan energi alternatif.

Tabel 11: Kerangka Aksi Prioritas untuk Tujuan 5

TUJUAN 5: MENGURANGI LIMBAH DAN MENINGKATKAN GUNA ULANG DAN DAUR ULANG				
	Aksi prioritas	Peluang	Hambatan	Solusi
A: Pemerintah Nasional, Subnasional dan Daerah	5.1 Memberikan insentif pada renovasi dan penggunaan kembali bangunan untuk memperpanjang masa pakainya	- Kesadaran masyarakat mengenai perumahan ramah lingkungan (daur ulang dan penggunaan kembali material). - Memiliki alat pemeringkatan untuk penilaian.	Belum ada informasi & sosialisasi perumahan ramah lingkungan (EDGE & GBCI).	- Membuat alat pemeringkatan yang mudah digunakan untuk perumahan ramah lingkungan. - Kebijakan renovasi dan penggunaan kembali tentang insentif.
B: Lembaga Keuangan	5.1 Memberikan insentif pada renovasi dan penggunaan kembali bangunan untuk memperpanjang masa pakainya	- Nilai tambah bagi perumahan ketika akan dibangun (lebih nyaman dan hijau). - Terus mengurangi emisi GRK.	Tidak ada insentif untuk membangun kembali dan menggunakan kembali rumah.	- Kredit perumahan dengan bunga rendah (4%). - Konsultasi gratis (program Penyusunan) tentang renovasi dan penggunaan kembali bahan daur ulang.
E: Arsitek, Desainer, dan Konsultan	5.1 Memberikan insentif pada renovasi dan penggunaan kembali bangunan untuk memperpanjang masa pakainya	- Peluang bisnis baru untuk konsultan. - Peluang kerja dan bisnis baru untuk produksi material ramah lingkungan dan limbah pembongkaran.	- Biaya konsultasi lebih tinggi. - Terbatasnya kapasitas arsitek dalam menentukan kriteria perumahan ramah lingkungan (saat memilih material dari guna ulang dan daur ulang).	- Peningkatan kapasitas bagi para arsitek di Indonesia mengenai produk ramah lingkungan atau produk pembongkaran. - Konsep "konstruksi untuk menghancurkan", masyarakat perlu memikirkan tahap dekonstruksi sejak awal (tahap desain).
	5.3 Meningkatkan proses pembongkaran untuk memungkinkan penggunaan kembali	Ketersediaan bahan modular.	Rancangan arsitek sulit untuk dibongkar/didekonstruksi.	Menggabungkan desain modular.
F: Perusahaan Pembongkaran dan Daur Ulang	5.3 Meningkatkan proses dekonstruksi untuk memungkinkan penggunaan kembali	- Pengetahuan yang ada tentang proses dekonstruksi di antara rumah-rumah yang dibangun sendiri. - Konstruksi modular semakin banyak digunakan.	- Hanya sedikit perusahaan kontraktor yang fokus pada pembongkaran. - Biaya pembongkaran yang tinggi. - Hanya sedikit perusahaan yang mengolah/mengelola limbah pembongkaran.	- Manfaatkan pengetahuan dekonstruksi dari sektor yang dibangun sendiri. - Bermitra dengan perusahaan konstruksi modular untuk mengembangkan proses dekonstruksi.
G: Pemilik, Penyewa, atau Penghuni Gedung	5.1 Memberikan insentif pada renovasi dan penggunaan kembali bangunan untuk memperpanjang masa pakainya	Rumah akan menjadi lebih nyaman, lebih modern, lebih hijau, dan berkontribusi terhadap penurunan emisi GRK.	- Kurangnya dana. - Kurangnya pengetahuan. - Kurangnya produk ramah lingkungan. - Kesulitan dalam mengajukan IMB (Izin Mendirikan Bangunan) dan RTB (Rencana Teknis Pembongkaran) yang memerlukan gambar teknis, dll.	- Kebijakan Rencana Teknis Pembongkaran. - Sosialisasi perumahan ramah lingkungan untuk konsultan & masyarakat. - Database produk ramah lingkungan.
H: Akademisi dan Lembaga Penelitian	5.3 Meningkatkan proses dekonstruksi untuk memungkinkan penggunaan kembali	Banyak universitas dan institusi yang berupaya dalam bidang keberlanjutan.	Terbatasnya penelitian mengenai perumahan ramah lingkungan dan proses pembongkaran yang berlaku di Indonesia.	Mendukung pengembangan teknis dan manajerial proses dekonstruksi.



© Atinun / AdobeStock

AKSI-AKSI PERCEPATAN DEKARBONASI MATERIAL

Kerangka aksi prioritas yang dihasilkan melalui lokakarya partisipatif dengan pemangku kepentingan nasional di Indonesia menunjukkan bahwa semua pemangku kepentingan perlu mengambil tindakan sehingga peluang yang ada untuk mencapai efisiensi bahan dapat dimanfaatkan dan hambatan dapat dihapuskan. Namun, mengingat tingkat percepatan perubahan iklim, sangat penting untuk mempercepat agenda *net-zero* di sektor konstruksi bangunan residensial di Indonesia. Untuk mencapai tujuan ini, tabel-tabel berikut menunjukkan tindakan tertentu yang perlu diambil untuk mempercepat setiap aksi prioritas yang diuraikan dalam bagian sebelumnya. Aksi-aksi yang diuraikan dalam tabel berikut berasal dari lokakarya nasional kedua melalui diskusi terpisah dengan pemangku kepentingan nasional.

Realisasi aksi prioritas dalam tabel berikut diperkirakan membutuhkan waktu yang sama di seluruh Indonesia. Penyusunan kerangka waktu diperlukan untuk mempercepat proses dekarbonisasi. Dalam kurun waktu lima tahun, peserta menyarankan pengumpulan data, memberikan dukungan keuangan, memberikan dukungan teknis untuk pengembangan standar, serta melakukan penelitian dan memberikan pelatihan. Tindakan jangka menengah (antara 5 – 10 tahun) termasuk pencapaian indikator kinerja utama, disusul dengan penyusunan peraturan pajak karbon, peningkatan konsultasi pemangku kepentingan, dan dekarbonisasi industri berat. Aksi-aksi ini diharapkan dapat membantu dekarbonisasi sektor konstruksi bangunan residensial di Indonesia dalam waktu 10 tahun.



Tabel 12: Peta jalan percepatan proses dekarbonisasi

Aksi Prioritas	< 5 tahun	5 – 10 tahun
TUJUAN 1: GUNAKAN MATERIAL RENDAH KARBON		
G.1.1 Memberikan insentif untuk efisiensi material yang tinggi	• Pengumpulan data dan pelaporan wajib mengenai bahan rendah karbon. • Berikan dukungan finansial. • Memberikan dukungan teknis untuk pengembangan kebijakan & standar. • Penelitian material rendah karbon (jenis, penggunaan, dan model proyek).	• Mencapai <i>Key Performance Indicator</i> (KPI) pengembangan kota pintar pada tahun 2045.
G.1.2 Membuat komitmen untuk menurunkan emisi karbon yang terkandung dalam material	• Penelitian material rendah karbon (jenis, penggunaan, dan model proyek) • Memfasilitasi sektor ini dalam mengurangi kandungan karbon yang terkandung dalam bahan. • Menghasilkan data yang lebih akurat.	
TUJUAN 2: MENGHEMAT MATERIAL BERDASARKAN DESAIN		
G.2.1 Meningkatkan kapasitas desainer	Pendidikan di tingkat akademik • Mengintegrasikan kurikulum keberlanjutan di universitas. • Pelatihan dosen, sivitas akademika, dan pelatih • Mengembangkan program untuk produsen dan desainer	Regulasi • Meningkatkan konsultasi pemangku kepentingan.
G.2.2 Mengadopsi kebijakan desain untuk mendorong umur bangunan yang panjang	• Mengikuti perencanaan pembangunan jangka panjang nasional (KLHS = kajian lingkungan hidup strategis) • Mengembangkan standarisasi dan Bimbingan Teknis • Sosialisasikan sektor swasta.	
G.2.5 Mengoptimalkan teknik konstruksi	• Teknologi berkembang pesat. • Kesadaran masyarakat akan keberlanjutan semakin meningkat. • Penelitian dan Pengembangan akan mempercepat proses tersebut.	
TUJUAN 3: DEKARBONISASI DAN PENGANTIAN MATERIAL		
G.3.1 Mempercepat berbagai jalur menuju dekarbonisasi di sektor semen	• Mengembangkan implementasi dan bimbingan teknis. • Dukung pemerintah untuk membuat prioritas. • Mendorong penggunaan teknologi baru seperti CCUS. • Berikan dukungan finansial. • Mengembangkan daur ulang material.	
G.3.3 Berinvestasi dalam transformasi radikal pada tahap pemrosesan bahan bangunan dan mengurangi <i>downcycling</i>	• Pemerintah harus melibatkan seluruh pemangku kepentingan sebelum membuat peraturan. • Industri perlu mengadopsi teknologi dan peraturan.	

Aksi Prioritas	< 5 tahun	5 – 10 tahun
TUJUAN 4: DEKARBONISASI PROSES MANUFAKTUR		
G.4.1 Meningkatkan kapasitas produsen	• Peningkatan kapasitas untuk pelatih di bidang manufaktur dan akademisi • Peraturan mengenai pelabelan ramah lingkungan (Kementerian Tenaga Kerja dan Kementerian Perindustrian) • Dukungan finansial untuk industri hijau	
G.4.3 Mempromosikan peralihan bahan bakar dan efisiensi yang lebih tinggi dalam pembuatan bahan konstruksi	• Dukungan teknologi • Transfer pengetahuan untuk peningkatan kapasitas • Pinjaman lunak untuk program efisiensi atau energi terbarukan • Kebijakan/peraturan pembiayaan proyek ramah lingkungan di industri berat • Pembinaan/pendampingan/sosialisasi bagi lembaga keuangan • Menerapkan kebijakan perpajakan karbon.	
TUJUAN 5: MENGURANGI SAMPAH DAN MENINGKATKAN GUNA ULANG DAN DAUR ULANG		
G.5.1 Memberikan insentif pada renovasi dan penggunaan kembali bangunan untuk memperpanjang masa pakainya	• Koordinasi antar pemangku kepentingan terkait (akademisi, peneliti, LSM, GBCI) • Mengembangkan panduan teknis dan prosedur operasi standar sebelum konsultasi dengan pemangku kepentingan. • Instruksi Presiden harus dikeluarkan untuk menghasilkan implementasi. • Diskusikan dengan pengguna/pemilik bangunan mengenai keinginan dan permasalahannya mengenai renovasi dan penggunaan kembali. • Memberikan konsultasi gratis untuk merumuskan rekomendasi kredit perumahan, contoh gambar konsep material ramah lingkungan, rekomendasi renovasi, penataan ulang, dan pembongkaran yang lebih ramah lingkungan. • Memberikan penunjukan/penghargaan langsung.	



REKOMENDASI PETA JALAN

Berikut adalah rekomendasi berdasarkan hambatan dan peluang yang dihadapi oleh berbagai pemangku kepentingan dalam sektor konstruksi bangunan residensial, serta saran pemangku kepentingan untuk mempercepat agenda masa depan nol emisi.

- 1) Gunakan proyek-proyek besar yang sedang berjalan, seperti kota Ibukota Baru, sebagai proyek uji coba untuk menguji dan mempromosikan strategi ME serta teknologi berkarbon rendah.
- 2) Kumpulkan dan pertahankan data akurat tentang bahan berkarbon rendah dan penggunaannya untuk memberikan dasar yang kuat bagi pelaksanaan strategi ME yang berdasarkan bukti, pengembangan kebijakan, praktik desain, dan prioritas tindakan.
- 3) Berikan dukungan teknis dan finansial untuk pengembangan kebijakan melalui proses konsultasi antara akademisi, pelaku industri, lembaga keuangan, dan pembuat kebijakan.
- 4) Berikan dukungan teknis dan finansial untuk penerapan strategi ME dengan memberikan pelatihan kepada arsitek, insinyur, konsultan, kontraktor, serta pembuat kebijakan.
- 5) Investasikan dalam riset dan pengembangan untuk teknologi serta bahan berkarbon rendah baru, berkolaborasi dengan lembaga akademik, lembaga riset, serta industri profesional
- 6) Tingkatkan konsultasi dengan pemangku kepentingan, termasuk akademisi, pelaku industri, lembaga keuangan, pembuat kebijakan, pengguna bangunan, dan masyarakat sipil untuk mendapatkan pandangan warga dan meningkatkan kesadaran publik tentang efisiensi material dalam sektor konstruksi.
- 7) Institusikan dan dukung kesetaraan gender dengan memberikan akses yang adil terhadap sumber daya dan fasilitas, partisipasi yang adil dalam proses pengambilan keputusan, dan pembagian manfaat yang setara antara perempuan dan laki-laki untuk menciptakan iklim adopsi strategi ME yang lebih berkelanjutan dan luas.
- 8) Masukkan pembongkaran bangunan dan penggunaan ulang serta daur ulang material ke dalam kerangka kebijakan, manajemen konstruksi, dan kurikulum universitas, serta mendukung pengintegrasian perusahaan "pembongkar" ke dalam rantai pasokan material.



© Creativa Images / AdobeStock

PERTIMBANGAN LEBIH LANJUT

Laporan ini mengidentifikasi aksi prioritas kunci untuk mendukung dekarbonisasi sektor konstruksi bangunan residensial di Indonesia melalui pemodelan, analisis kebijakan, pemetaan sistem dinamis, dan konsultasi dengan pemangku kepentingan. Berdasarkan hasil dari laporan ini, pertimbangan-pertimbangan berikut dapat diambil ke depan:

- NDC yang diperbarui di Indonesia memberikan mandat yang menginstruksikan untuk mengurangi emisi GHG sebesar 32 persen di bawah skenario bisnis biasa, yang mendukung tujuan-tujuan efisiensi material yang diusulkan dalam laporan ini.
- Dengan meningkatnya GNI dan perumahan, permintaan bahan konstruksi akan meningkat di masa depan. Oleh karena itu, dekarbonisasi sektor konstruksi Indonesia memiliki potensi besar untuk mencapai target pengurangan emisi nasional.
- Ambisi untuk mengimplementasikan ME memerlukan upaya yang serius dan kolaboratif.
- Perusahaan-perusahaan yang melakukan pemusnahan dan daur ulang bangunan belum terintegrasi dengan baik dalam rantai pasokan material dan manajemen konstruksi. Mengintegrasikan pemusnahan bangunan, daur ulang, dan penggunaan ulang material memiliki potensi besar dalam mengurangi permintaan material.
- Kebijakan negara saat ini difokuskan pada efisiensi energi bangunan dan oleh karena itu secara tidak langsung memengaruhi permintaan material berkarbon rendah. Mengembangkan kebijakan berfokus pada ME akan menghasilkan perubahan cepat.
- Sektor keuangan telah mulai berkomitmen untuk menyediakan pembiayaan berkelanjutan di Indonesia yang dipimpin oleh delapan bank dan lembaga non-bank lainnya. Momentum ini harus dimanfaatkan oleh pelaku swasta dan publik dan dipertahankan melalui dukungan nasional serta internasional.
- Industri manufaktur bahan konstruksi Indonesia didominasi oleh perusahaan semen dan baja milik negara yang besar. Dekarbonisasi perusahaan-perusahaan ini akan menghasilkan dampak besar pada pengurangan emisi GHG dan menetapkan preseden bagi perusahaan-perusahaan kecil.
- Sektor perumahan informal memiliki potensi besar, meskipun belum terdokumentasi dengan baik, untuk berkontribusi pada pengurangan emisi GHG. Secara besar-besaran, perumahan informal sudah menerapkan banyak strategi ME seperti penggunaan material yang lebih sedikit dengan desain dan daur ulang serta penggunaan ulang material. Strategi-strategi ini harus diakui sebagai kontribusi untuk mencapai target pengurangan emisi GHG nasional.
- Dalam hal prosedural, laporan ini mengandalkan pemetaan sistem partisipatif dan lokakarya pemetaan aksi prioritas, dan hasilnya dirumuskan berdasarkan sudut pandang peserta lokakarya, pemodelan kuantitatif, serta tinjauan literatur dan kebijakan. Proses ini dapat diulang untuk memantau kemajuan menuju masa depan berkarbon rendah dan memperbarui tindakan berdasarkan perubahan keadaan.
- Selama sesi partisipatif, para pemangku kepentingan nasional terlihat antusias dan optimis tentang pelaksanaan strategi ME dalam periode 5-10 tahun di Indonesia. Pandangan peserta bergantung pada efektivitas implementasi tindakan yang diusulkan dan dukungan dari semua pihak yang relevan.

LAMPIRAN

Lampiran I: Detail Kerangka Aksi

1	TUJUAN 1: GUNAKAN MATERIAL RENDAH KARBON	
1.1	Memberikan insentif untuk efisiensi material yang tinggi	• Mengurangi permintaan bahan berkarbon tinggi. • Memberikan insentif untuk bahan berkarbon rendah. • Mendorong penggunaan bahan yang didaur ulang dan dipulihkan.
1.2	Membuat komitmen untuk menurunkan emisi karbon yang terkandung dalam material	• Mewajibkan penilaian emisi karbon terperangkap atau LCA (<i>Life Cycle Assessment</i>) untuk investasi baru yang besar dan proyek publik. • Mewajibkan badan publik untuk mengungkapkan informasi tentang emisi karbon terperangkap pada portofolio dan/atau tingkat aset. • Memberikan insentif keuangan untuk produk berkarbon rendah dan model bisnis berkarbon rendah. • Mendukung penggunaan pinjaman atau hipotek preferensial untuk merangsang pasar bahan berkarbon rendah.
1.3	Mempromosikan emisi karbon terperangkap rendah melalui pengadaan publik dan proyek percontohan	• Mengembangkan jaringan penyedia bahan hijau. • Menyertakan masalah yang terkait dengan emisi karbon terperangkap dalam perencanaan dan peraturan bangunan. • Mewajibkan sosialisasi pada proyek konstruksi baru dan renovasi besar. • Menginisiasi proyek percontohan menggunakan bahan berkarbon rendah dan memberikan insentif kepada pengembang. • Menyertakan persyaratan dalam kontrak tender publik untuk menggunakan bahan berkarbon rendah dalam pengadaan publik.
1.4	Meningkatkan kesadaran tentang manfaat konstruksi rendah karbon	• Menyediakan informasi dan meningkatkan kesadaran. • Mempromosikan alat, pelatihan, dan peningkatan kapasitas terkait bahan dan teknologi berkarbon rendah. • Melakukan dan membiayai penelitian serta studi kasus tentang bahan dan pendekatan berkarbon rendah. • Menyediakan pelatihan kepada lembaga pemerintah mengenai pengumpulan data tentang emisi karbon terperangkap dari bahan dan proyek konstruksi, serta pembuatan portofolio kebijakan terintegrasi. • Menyediakan pelatihan tentang cara mengembangkan alat informasi dan penilaian bagi pengembang proyek, perancang, dan konsumen seperti pengungkapan emisi karbon terperangkap, LCA, label, dan EPD (<i>Environmental Product Declarations</i>).

2	TUJUAN 2: MENGHEMAT MATERIAL BERDASARKAN DESAIN	
2.1	Meningkatkan kapasitas desainer	• Pelatihan profesional (arsitek, insinyur, kontraktor, dll.) • Pelatihan untuk mematuhi kebijakan seperti pelabelan. • Mengembangkan sistem akreditasi bagi para profesional dengan keterampilan desain yang efisien material.
2.2	Mengadopsi kebijakan desain untuk mendorong umur bangunan yang panjang	• Incentivise appropriate design, more durable materials, modularity and renovation/upgrading.
2.3	Menyediakan metode dekarbonisasi yang berkualitas tinggi dan lebih baik	• Mempromosikan pemilihan material berbasis bukti. • Memanfaatkan penilaian karbon seumur hidup untuk menginformasikan keputusan dekarbonisasi.
2.4	Membuat peraturan untuk konstruksi yang tahan bencana dan bahaya	• Pastikan bangunan dapat tahan terhadap kejadian ekstrem. • Rekonstruksi pascabencana agar tahan lama.
2.5	Mengoptimalkan teknik konstruksi	• Optimalkan pemingkaian dan perancah. • Mengoptimalkan tulangan baja pada bangunan beton. • Gunakan teknik pemingkaian tingkat lanjut – kurangi redundansi dalam pemingkaian. • Gunakan pemodelan informasi bangunan (BIM). • Gunakan komponen bangunan prefabrikasi dan modular.

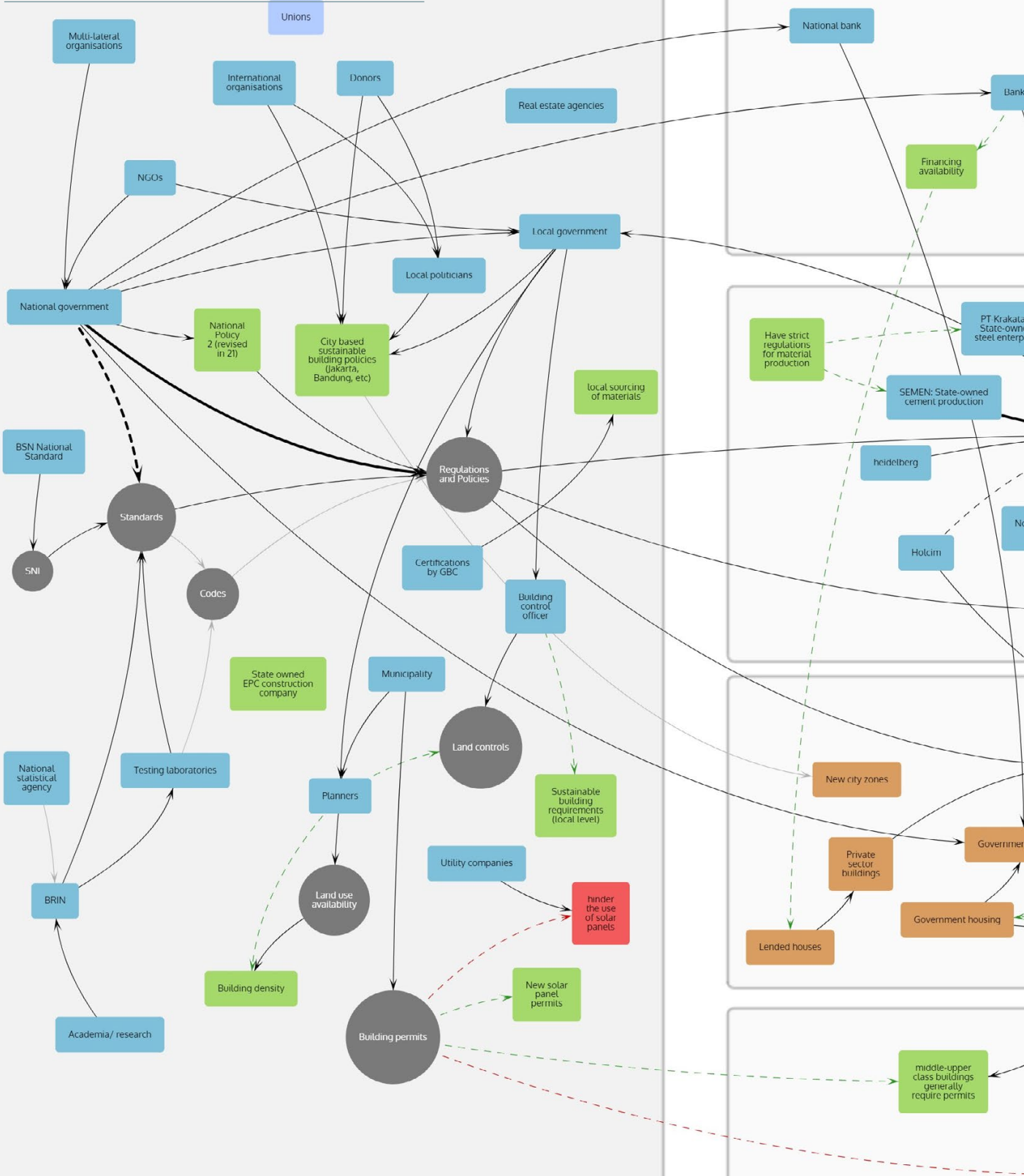
3	TUJUAN 3: DEKARBONISASI DAN PENGGANTIAN MATERIAL	
3.1	Mempercepat berbagai jalur menuju dekarbonisasi di sektor semen	• Meningkatkan pendanaan untuk kemitraan publik-swasta guna mempercepat pengembangan, demonstrasi, dan komersialisasi teknologi dan teknik dekarbonisasi yang nyata. • Berinvestasi dalam kapasitas ilmu material dalam teknologi dan praktik konkrit.
3.2	Mengurangi jejak karbon di sektor pembuatan baja	• Mendorong peningkatan pabrik yang ada ke teknologi terbaik yang tersedia dalam pembuatan baja. • Memberikan dukungan finansial dan struktural pada penelitian dan pengembangan teknologi rendah emisi tahap awal. • Memberikan insentif pada strategi efisiensi material di seluruh siklus hidup baja untuk meningkatkan sirkularitas baja dan mengurangi karbon yang terkandung di dalamnya.
3.3	Berinvestasi dalam transformasi radikal dalam pemrosesan bahan bangunan (misalnya aluminium) dan mengurangi <i>downcycling</i>	• Tingkatkan pengumpulan dan penyortiran kelas tertentu di akhir masa pakainya untuk memaksimalkan penggunaan barang bekas dalam produksi material di masa depan tanpa risiko daur ulang ke aplikasi bernilai rendah. • Berinvestasi dan membuka peluang transisi metode manufaktur digital di luar lokasi untuk mengurangi limbah material dan emisi kualitas udara yang tidak efisien dari teknik konstruksi di lokasi yang kuno dan tidak efisien.
3.4	Mempromosikan penggunaan material alami	• Memfasilitasi penggunaan bahan bangunan lokal yang rendah karbon dengan mengadakan praktik pembuatan batu bata secara intensif dengan tanah padat; mengganti material semen dan mortar; dan penggunaan produk samping limbah seperti <i>fly-ash</i> di industri batubara. • Gunakan kayu yang diproduksi secara lestari. • Meningkatkan kesadaran di kalangan profesional bangunan dengan bermitra dengan asosiasi industri.

4	TUJUAN 4: DEKARBONISASI PROSES MANUFAKTUR	
4.1	Meningkatkan kapasitas produsen	- Memberikan pelatihan tentang pengurangan emisi karbon pada material, meningkatkan efisiensi dalam proses manufaktur, dan prinsip desain melingkar. - Berikan pelatihan tentang kepatuhan terhadap kebijakan seperti pelabelan. - Meningkatkan kapasitas pada struktur berbobot ringan, mencapai pembangunan dengan kepadatan tinggi tanpa bergantung pada struktur tinggi (misalnya, mengurangi ketergantungan pada baja dan beton), menggunakan alat dan metodologi LCA yang sesuai.
4.2	Meningkatkan investasi untuk inovasi, penelitian, dan pengembangan	- Mengembangkan langkah-langkah untuk mendukung penelitian terapan terhadap bahan dan solusi rendah karbon, berbasis bio, dan bersumber secara lokal. - Mengembangkan strategi untuk melakukan dekarbonisasi pada sektor-sektor yang sulit dikurangi. - Menerapkan kebijakan yang mendukung peningkatan pembelian serta penentuan keputusan desain berdasarkan emisi karbon dan energi.
4.3	Mempromosikan peralihan bahan bakar dan efisiensi yang lebih tinggi dalam pembuatan bahan konstruksi	- Mengembangkan langkah-langkah untuk mempercepat penerapan dekarbonisasi di industri yang memproduksi bahan konstruksi. - Memasukkan industri manufaktur bahan bangunan sebagai bagian dari upaya manajemen sisi permintaan. - Mempromosikan manajemen energi dengan mengembangkan panduan praktik terbaik. - Mendukung pendirian/pelibatan fasilitas pengembangan/pelatihan/laboratorium material melalui akademi inovatif dan sektor swasta serta melibatkan lembaga sertifikasi produk dan material resmi.
4.4	Memiliki kebijakan yang jelas mengenai dekarbonisasi material	- Mempromosikan standar pelabelan karbon yang jelas dan konsisten. - Memastikan adanya persaingan yang adil untuk bahan bangunan rendah karbon melalui keterlibatan internasional dan multilateral.

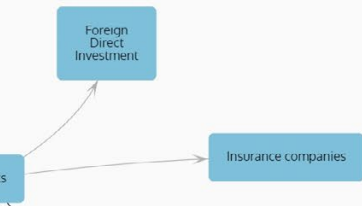
5	TUJUAN 5: MENGURANGI LIMBAH DAN MENINGKATKAN GUNA ULANG DAN DAUR ULANG	
5.1	Memberikan insentif pada renovasi dan penggunaan kembali bangunan untuk memperpanjang masa pakainya	- Desainer mampu mendesain untuk penggunaan kembali bangunan. - Desain dan material modular untuk memungkinkan penggunaan kembali untuk penggunaan baru. - Memiliki kebijakan pembangunan dan perencanaan yang memungkinkan dan memudahkan penggunaan kembali.
5.2	Menggunakan kembali dan mendaur ulang limbah bangunan setelah masa pakai bangunan berakhir	- Mengamankan rencana dan sistem pengumpulan dan penggunaan kembali/daur ulang konstruksi dan pembongkaran limbah. - Memberikan insentif pada desain bangunan dan pasar untuk penggunaan kembali material dan mengembangkan standar untuk memastikan kualitas dan kemandirian penggunaannya.
5.3	Meningkatkan proses pembongkaran untuk memungkinkan penggunaan kembali	- Mengembangkan pedoman atau protokol untuk dekonstruksi. - Mempromosikan pemilahan bahan dan sampah secara selektif. - Mempromosikan dan menstandarkan fasilitas pemulihan dan penyimpanan material. - Memfasilitasi keterlibatan pemangku kepentingan di antara para perancang dan pendaur ulang untuk mengidentifikasi titik-titik penghambat dan masalah kualitas pasokan.
5.4	Memberikan insentif ekonomi untuk meningkatkan volume daur ulang secara keseluruhan	- Berikan insentif pada proses pengumpulan dan penyortiran yang efisien untuk menciptakan pasar sekunder yang kompetitif. - Mengutamakan kebersihan aliran daur ulang untuk meminimalkan daur ulang. - Berinvestasi pada peralatan baru untuk mengumpulkan, memilah, dan mengubah sampah pada saat pembongkaran bangunan sehingga dapat digunakan kembali secara efisien ke dalam siklus hidup yang baru. - Menerapkan insentif pasar (kandungan daur ulang) dan peraturan (target pengumpulan) yang menjamin pengalihan polimer CRD yang dikumpulkan dari tempat pembuangan sampah ke arah daur ulang.

Lampiran II: Peta Dinamika Sektor

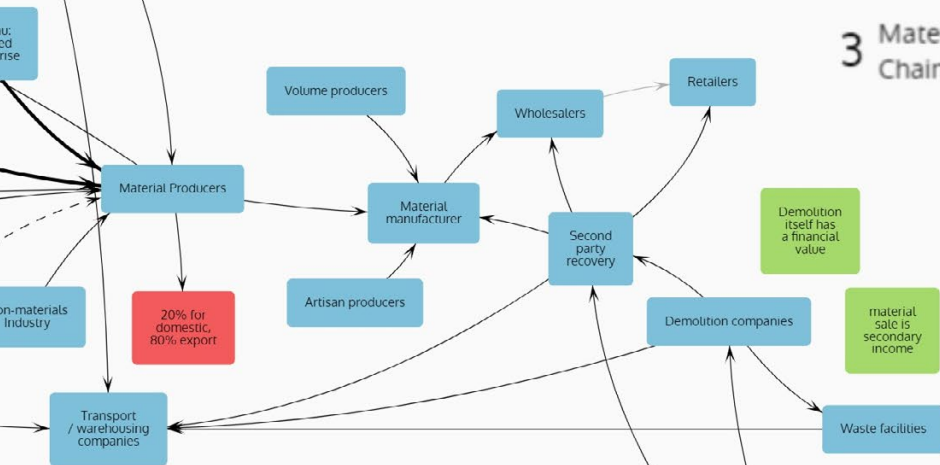
1 Governance and Regulation



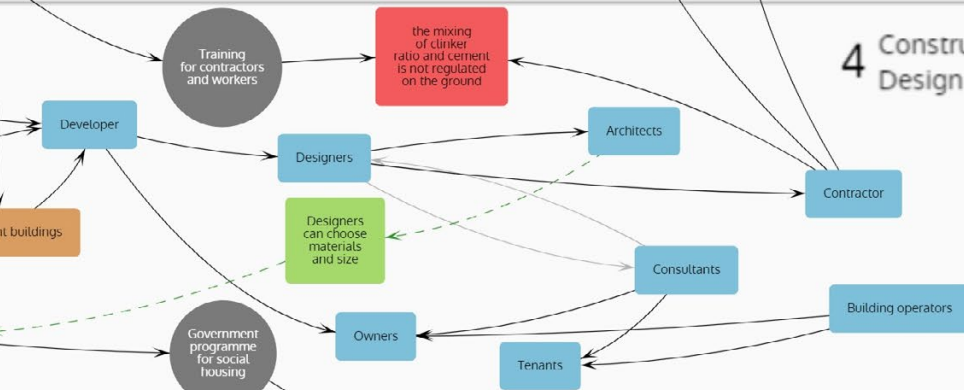
2 Financial Regulation



3 Materials Supply Chain



4 Construction and Design Sector



5 Self-built sector



DAFTAR PUSTAKA

- Akhlas, A.W. 2020. Indonesia now upper middle-income country, World Bank says. *The Jakarta Post*. 2 July.
- Arwida, S.D. et al. 2016. *Gender in Forestry and REDD+ in Indonesia*.
- Asian Development Bank. 2014. *Indonesia: Community-Driven Project Empowers Women*. Available at: <https://www.adb.org/results/indonesia-community-driven-project-empowers-women>.
- Devas, N. 1981. Housing Policies, Part I: Positive aspects of squatter settlements. *Ekistics* 48(286), pp. 19–36. G20. 2021. *G20 Environment Communiqué*. Napoli.
- Government of Indonesia. 2022. *Enhanced Nationally Determined Contribution to the Paris Agreement: Indonesia*. Jakarta.
- Hansen, S., Rostiyanti, S.F. and Nafthalie, A. 2020. A motivational framework for women to work in the construction industry: An Indonesian case study. *International Journal of Construction Supply Chain Management* 10(4), pp. 251–266.
- Indonesia Central Bureau of Statistics. 2020. *Population Census*. Jakarta.
- Indonesia Central Bureau of Statistics. 2022a. *Construction in Numbers 2022*. Jakarta.
- Indonesia Central Bureau of Statistics. 2022b. *Indonesian Statistical Data (Statistik Indonesia)*. Available at: <https://www.bps.go.id/publication/2022/02/25/0a2afea4fab72a5d052cb315/statistik-indonesia-2022.html> [Accessed: 31 May 2023].
- International Energy Agency. 2017. *Energy Technology Perspectives: Catalysing Energy Technology Transformations*.
- International Energy Agency. 2021. *Enhancing Indonesia's Power System: Pathways to meet the renewables targets in 2025 and beyond*.
- International Energy Agency. 2022. *Roadmap for Energy-Efficient Buildings and Construction in ASEAN: Timelines and actions towards net zero-carbon buildings and construction*.
- International Resource Panel. 2020. *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future*. Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S., and Heeren, N. eds. Nairobi, Kenya: A report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme.
- International Resource Panel. 2022. *2022 – 2025 Work Programme of the International Resource Panel*.
- Jiao, C., and Sihombing, G. 2021. Indonesia Loses Upper-Middle Income Status Amid Pandemic. *Bloomberg*. 8 July.
- Kiptot, E. and Franzel, S. 2012. Gender and agroforestry in Africa: A review of women's participation. *Agroforestry Systems* 84(1), pp. 35–58. doi: 10.1007/s10457-011-9419-y.
- Milford, R.L., Pauliuk, S., Allwood, J.M. and Müller, D.B. 2013. The Roles of Energy and Material Efficiency in Meeting Steel Industry CO₂ Targets. *Environmental Science & Technology* 47, pp. 3455–3462.
- Ministry of National Development Planning of the Republic of Indonesia. 2019. *Indonesia 2045: Berdaulat, Maju, Adil, dan Makmur (Indonesia 2045: Sovereign, Advance, Equitable, and Prosperous)*. Jakarta.
- Ministry of National Development Planning of the Republic of Indonesia. 2021. *A Green Economy for a Net-Zero Future: How Indonesia can build back better after COVID-19 with the Low Carbon Development Initiative (LCDI)*. Jakarta.
- Pauliuk, S., Fishman, T., Heeren, N., Berrill, P., Tu, Q., Wolfram, P. and Hertwich, E.G. 2021. Linking Service Provision to Material Cycles – A New Framework for Studying the Resource Efficiency-Climate Change (RECC) Nexus. *Journal of Industrial Ecology* (25), pp. 260–273.

- Pauliuk, S. and Heeren, N. 2020. OGYM — An Open Software Framework for Studying Dynamic Material Systems: Principles, Implementation, and Data Structures. *Journal of Industrial Ecology* 24(3), pp. 446 – 458.
- Pauliuk, S., Sjöstrand, K. and Müller, D.B. 2013. Transforming the Norwegian Dwelling Stock to Reach the 2 Degrees Celsius Climate Target: Combining Material Flow Analysis and Life Cycle Assessment Techniques. *Journal of Industrial Ecology* 17(4), pp. 542–554.
- Roberts, M., Sander, F.G. and Tiwari, S. 2019. *Promoting Sustainable Human Settlements in Indonesia*. Jakarta.
- Rostiyanti, S.F., Hansen, S. and Harison, S. 2020. Understanding the barriers to women's career in construction industry: Indonesian perspective. *International Journal of Construction Supply Chain Management* 10(4), pp. 267–283. doi: 10.14424/IJCSCM100420-267-283.
- Ruhayat, E. and Murwaningsari, E. 2019. Development of Sustainable Banking in Indonesia. *International Journal of Business, Economics and Law* 20(5).
- Shanks, W., Dunant, C.F., Drewniok, M.P., Lupton, R.C., Serrenho, A. and Allwood, J.M. 2019. How much cement can we do without? Lessons from cement material flows in the UK. *Resources, Conservation and Recycling* 141, pp. 441 – 454.
- Shiva, V. 1992. Women's Indigenous Knowledge and Biodiversity Conservation. *India International Centre Quarterly* 19(1/2), pp. 205–214.
- Sucahyono, H. 2019. *Promoting Sustainable Human Settlements in Indonesia*. Jakarta.
- Svendsen, A. and Cordova Schultz, P. 2022. *Roadmap for an Energy Efficient, Low-Carbon Buildings and Construction Sector in Indonesia*. Copenhagen.
- United Nations Development Programme. 2021. *Infrastructure Development and Women's Rights in Indonesia*. United Nations Environment Programme. 2023. *Building Materials and the Climate: Status and Solutions*. Nairobi.
- Utama A. and Gheewala S. H. 2008. Life cycle energy of single landed houses in Indonesia. *Energy & Buildings* 40, pp. 1911–1916.
- World Bank. 2019. *Aspiring Indonesia: Expanding the Middle Class*. Washington DC.
- World Bank. 2022a. *Indonesia's First Sustainability Bond by a Non-Bank Financial Institution Focuses on Green and Inclusive Development*. Available at: <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/07/21/indonesia-s-first-sustainability-bond-by-a-non-bank-financial-institution-focuses-on-green-and-inclusive-development> [Accessed: 31 May 2023].
- World Bank. 2022b. *Trade for Growth and Economic Transformation, Indonesia Economic Prospects*. Washington, DC. Available at: <http://documents.worldbank.org/curated/en/099440012142242417/P1795560cfe1930180bb46080253f7faa21> [Accessed: 31 May 2023].
- World Bank. 2023. *Population living in slums (% of urban population)*. Available at: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.POP.SLUM.UR.ZS> [Accessed: 31 May 2023].
- Yang, T. and Rieger, J. 2023. *The Women Defending Indonesia's Forests*.

TENTANG PANEL SUMBER DAYA INTERNASIONAL

Tujuan Panel

Panel Sumber Daya Internasional didirikan untuk memberikan penilaian ilmiah yang independen, koheren, dan berwenang tentang penggunaan sumber daya alam dan dampak lingkungan yang ditimbulkan sepanjang siklus hidupnya. Panel bertujuan untuk memberikan kontribusi pada pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana memisahkan pertumbuhan ekonomi dari degradasi lingkungan sambil meningkatkan kesejahteraan.

Panel ini melibatkan ilmuwan terkemuka dan ahli dari seluruh dunia, yang membawa keahlian multidisiplin mereka untuk mengatasi masalah pengelolaan sumber daya. Panel ini dapat diselenggarakan dengan memanfaatkan dukungan luas dari pemerintah dan komunitas ilmiah. Informasi yang terdapat dalam laporan-laporan Panel Sumber Daya Internasional dimaksudkan untuk:

- menjadi dasar perumusan kebijakan;
- menginformasikan pembentukan dan pengembangan kebijakan;
- mendukung evaluasi dan pemantauan efektivitas kebijakan.

Keluaran Panel

Sejak diluncurkan tahun 2007, lebih dari 33 penilaian telah diterbitkan oleh Panel Sumber Daya Internasional. Penilaian-penilaian dari Panel hingga saat ini menunjukkan berbagai peluang bagi pemerintah, bisnis, dan masyarakat secara luas untuk bekerja sama dalam menciptakan dan melaksanakan kebijakan yang pada akhirnya mengarah pada pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan, termasuk melalui perencanaan yang lebih baik, inovasi teknologi, insentif strategis, dan investasi.

Setelah didirikan, Panel pertama fokus pada penelitian terkait penggunaan, stok, dan kelangkaan sumber daya individu, serta pengembangan dan penerapan perspektif 'decoupling' pertumbuhan ekonomi dari penggunaan sumber daya alam dan degradasi lingkungan. Laporan-laporan ini mencakup studi khusus tentang sumber daya tertentu seperti biofuel, air, dan penggunaan serta daur ulang stok logam di masyarakat.

Berdasarkan dasar pengetahuan ini, Panel kemudian memperluas fokusnya untuk memeriksa pendekatan sistematis terhadap penggunaan sumber daya. Termasuk memeriksa dampak langsung dan tidak langsung atas perdagangan terhadap penggunaan sumber daya alam; hubungan antara sumber daya dan mobilitas manusia; masalah pengelolaan sistem tanah dan pangan yang berkelanjutan; sektor ekonomi dan bahan-bahan prioritas untuk pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan; manfaat, risiko, dan *trade-off* dari teknologi rendah karbon; *decoupling* pada tingkat kota; dan potensi yang belum dimanfaatkan untuk memisahkan penggunaan sumber daya dan dampak lingkungan terkait dari pertumbuhan ekonomi.

Kegiatan Mendatang

Dalam beberapa bulan mendatang, Panel Sumber Daya Internasional akan berfokus pada status, tren, prospek, dan solusi untuk manajemen sumber daya yang berkelanjutan, dampak sosial ekonomi dari efisiensi sumber daya dan ekonomi sirkular, hubungan antara keuangan dan penggunaan sumber daya yang berkelanjutan, serta ekonomi sirkular dalam produk elektronik konsumen, dan lain sebagainya.

Informasi lebih lanjut tentang Panel Sumber Daya Internasional:

Laman Web: www.resourcepanel.org

Twitter: <https://twitter.com/UNEPIRP>

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/resourcepanel>

Kontak: unep-irpsecretariat@un.org



© Luthfi Syahwal / AdobeStock



International
Resource
Panel

Untuk informasi selengkapnya:
International Resource Panel Secretariat
United Nations Environment Programme
1 rue Miollis - Building VII - 75015 Paris, France
Email: unep-irpsecretariat@un.org
www.resourcepanel.org
Twitter: @UNEPIRP
LinkedIn: www.linkedin.com/company/resourcepanel