











Upaya Pengurangan Emisi Sektor Industri dengan Penerapan Teknologi Rendah Karbon

Muhammad Dhifan Nabighdazweda

Research Analyst
Institute for Essential Services Reform (IESR)
2024

Seiring dengan kontribusi industri terhadap pertumbuhan ekonomi, upaya dekarbonisasi harus digunakan untuk mengakomodasi pertumbuhan

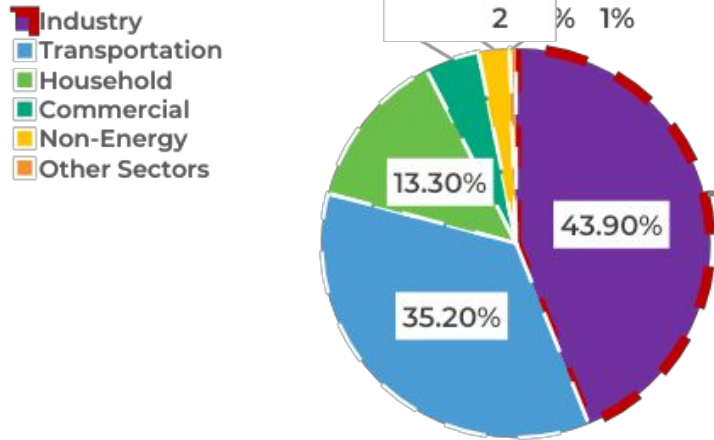


	Parameter	2022		2023	Catatan
	Kontribusi GDP	16.48%		16.48%	rata-rata 2018 – 2023: 17.32%
	Pertumbuhan Industri	5.0%		5.0%	rata-rata 2018 – 2023: 4.0%
	Jumlah Karyawan	19.1 juta karyawan		19.3 juta karyawan	tertinggi dari 2018 - 2023
	Nilai Ekspor Pangsa Ekspor	275.9 milyar USD 94.5% dari total ekspor		242.9 milyar USD 93.8% dari total ekspor	

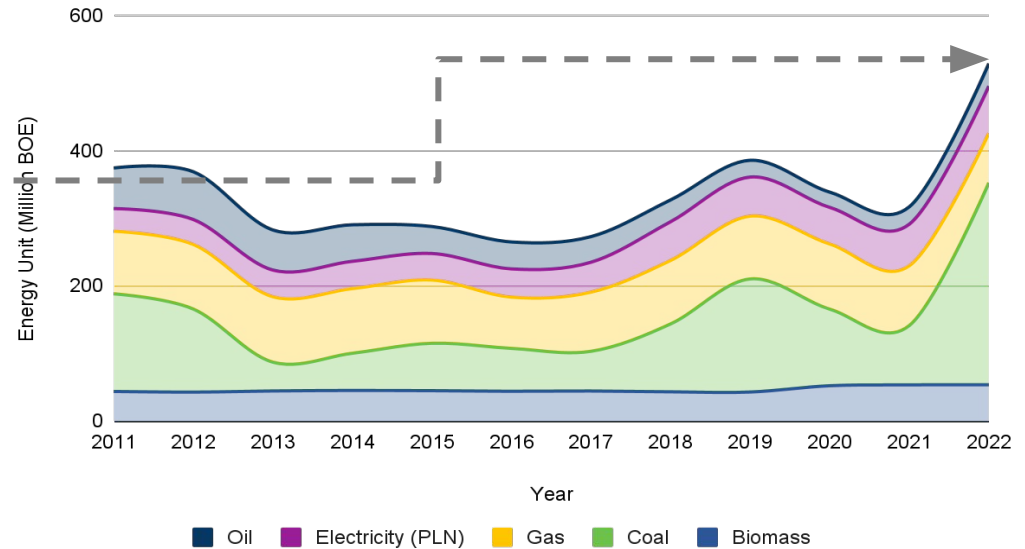
Source: [Mol, 2023](#); [2024 Bisnis, 2024a-b](#); [Kontan, 2024](#); [BPS, 2024](#)

Kontribusi sektor industri diikuti juga dengan penggunaan energi yang tinggi, yang didominasi dari penggunaan bahan bakar fosil

Konsumsi Energi Nasional



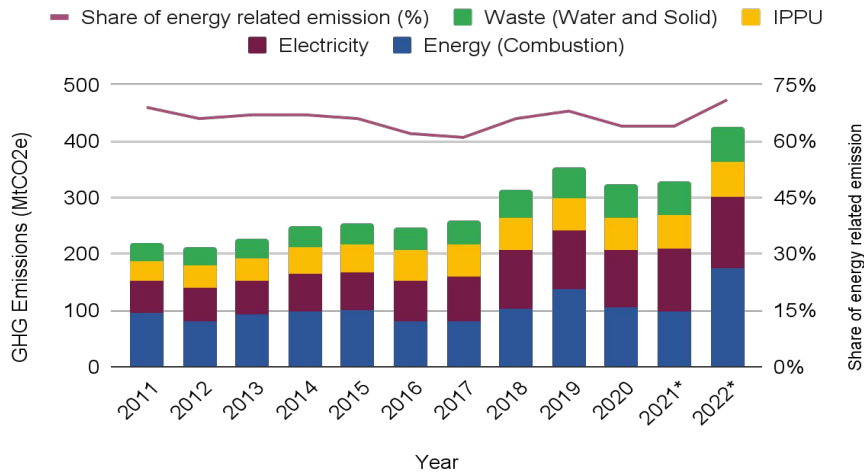
Konsumsi Energi di Sektor Industri



Dari 2011 – 2022, emisi sektor Industri di Indonesia naik dua kali lipat – dan diproyeksikan akan terus naik seiring pertumbuhan ekonomi



Emisi dari Sektor Industri

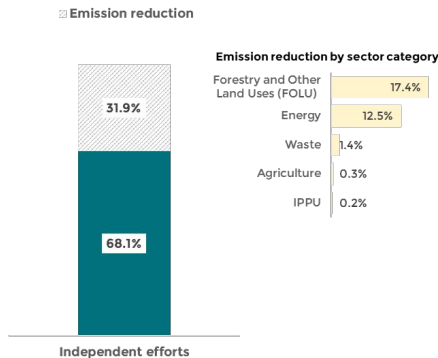


- ❖ Emisi tahun 2022 mencapai lebih dari 400 million ton CO₂e. Sekitar 60 – 70% emisi didapatkan dari penggunaan energi dari pembakaran langsung ataupun dari listrik yang dihasilkan dari bahan bakar fosil.
- ❖ Emisi dari *industrial process and product use* (IPPU) berasal dari reaksi kimia pada proses industri – seperti industri semen (50% emisi IPPU), amonia, dan besi dan baja cement.
- ❖ Emisi tahun 2022 naik sekitar 30% dibandingkan 2021. Hal tersebut mengindikasikan kenaikan proses industri yang membutuhkan energi panas yang tinggi. Hal tersebut berefek ke kebutuhan batu bara yang berkontribusi ke sekitar 174 million ton CO₂e.

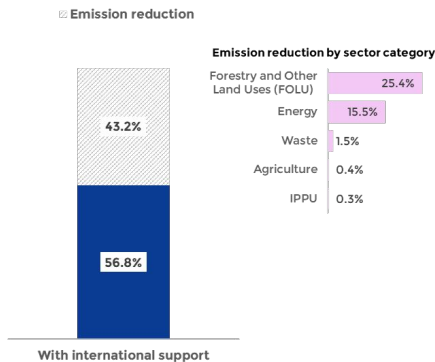
Pemerintah telah berkomitmen untuk mengurangi emisi – tapi hal ini masih perlu ditingkatkan untuk menyeleraskan dengan target Paris Agreement



Target E-NDC Indonesia *Unconditional* dengan basis emisi 2030 BAU

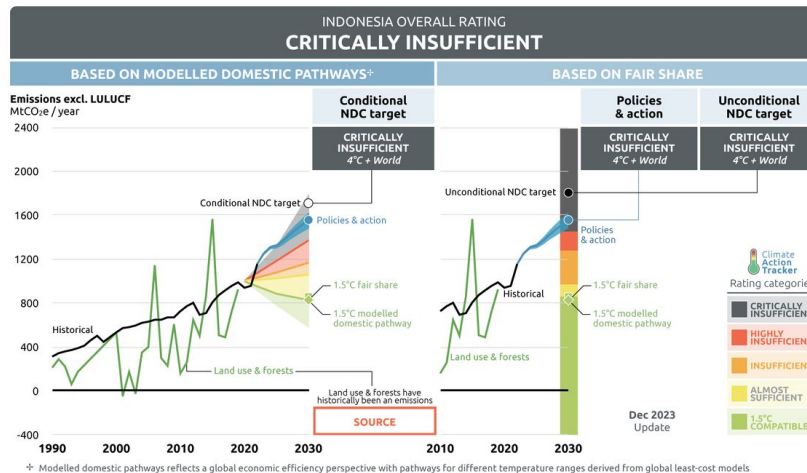


Target E-NDC Indonesia *Conditional* dengan basis emisi 2030 BAU



Sumber: Enhanced NDC Indonesia, 2022

Fokus industri: industri semen, ammonia, aluminium, asam nitrat, besi dan baja (semua masih kontribusi IPPU)



* Modelled domestic pathways reflects a global economic efficiency perspective with pathways for different temperature ranges derived from global least-cost models

Untuk mencapai target pengurangan emisi di sektor industri, perlu target dekarbonisasi yang lebih ambisius dan mengikat untuk semua sektor industri dan didukung oleh regulasi dan insentif bagi industri yang bertransisi

Dalam penerapan teknologi rendah karbon – secara prinsip ada lima pilar dekarbonisasi industri yang telah dianalisis

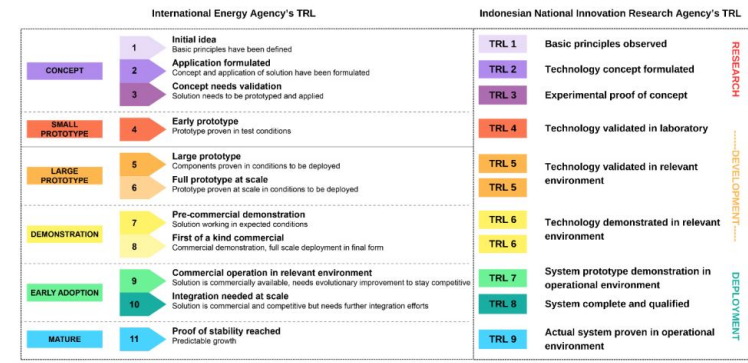


Lima Pilar Dekarbonisasi Industri

Efisiensi Sumber Daya	Efisiensi Energi	Elektrifikasi Industri	Bahan Bakar, Bahan Baku, dan Sumber Energi Rendah Karbon	Penangkapan, Pemanfaatan, dan Penyimpanan Karbon (CCS/CCUS)
Efisiensi bahan / <i>material efficiency</i>	Peningkatan efisiensi energi komponen dan sistem	Memperluas penggunaan listrik di aplikasi <i>end-use</i> industri	Bahan bakar alternatif (e.g., limbah industri, <i>municipal solid wastes (MSW)</i>)	Penyerap kimia pasca pembakaran CO ₂
Substitusi bahan / <i>material substitution</i>	<i>Recovery</i> dari waste heat dan <i>waste pressure</i>	Elektrifikasi panas bersuhu rendah	Penggunaan <i>biomassa/bio gas/biofuel; solarthermal; geothermal</i>	Pemanfaatan karbon (menjadi etanol dan bahan kimia lainnya)
Penggunaan kembali dan daur ulang bahan / <i>material reuse and recycling</i>	Manajemen energi	Elektrifikasi panas bersuhu hingga tinggi	Penggunaan hydrogen sebagai bahan baku dan bahan bakar	
	Desain integrative dan optimasi sistem		<i>On-site</i> ataupun <i>grid power generation</i> menggunakan energi terbarukan	

- ❖ Sektor industri sangat beragam sehingga tidak ada opsi *silver bullet*
- ❖ Opsi teknologi untuk dekarbonisasi sektor industri sudah ada semua - namun ada yang masih tahap awal pengembangan dan ada yang masih tahap komersialisasi
- ❖ IEA memperkirakan bahwa 60% dari teknologi tersebut saat ini belum tersedia secara komersial, dan 35% berada pada tahap adopsi awal.
- ❖ Pemilihan opsi dekarbonisasi harus mempertimbangkan segi ekonomi, segi teknis, dan unik ke masing-masing sektor – dan harus dilakukan mulai dari sekarang untuk *future proofing*
- ❖ Pemerintah memiliki peran untuk mendukung R&D, mempersiapkan regulasi dan kebijakan pendukung, *capacity building*, dan arah ke depan

Technology Readiness Level (TRL)



Efisiensi Sumber Daya/*Material Efficiency* (ME) dan Efisiensi Energi (EE) dapat menjadi langkah awal yang *cost-effective*

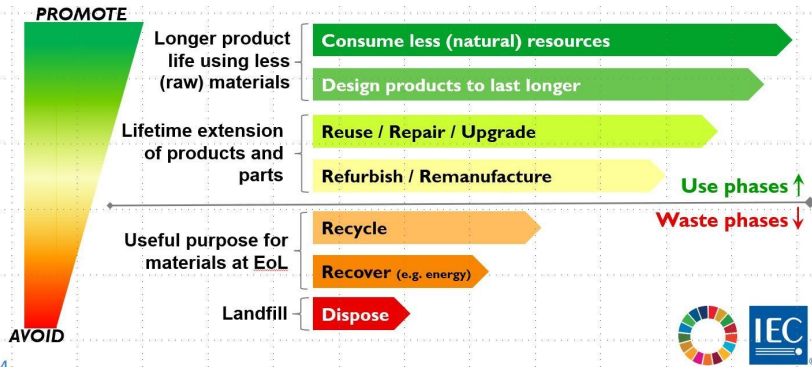


Upaya

Jumlah potensi penurunan emisi GRK dari efisiensi sumber daya (*material efficiency*) dan energi efisiensi masing-masing untuk mencapai net-zero pada 2050 – 2060 sekitar 10 – 25% berdasarkan studi LBNL and IESR, 2023 (spesifik pada industri)

- ❖ Efisiensi sumber daya tidak hanya berkontribusi positif terhadap emisi GRK, namun juga ketersediaan sumber daya, polusi dari produk industri
- ❖ Tantangannya adalah perubahan struktural, perlunya infrastruktur yang terintegrasi dan mendukung, dan dapat pengurangan kebutuhan produk

Hierarki Efisiensi dari Sumber Daya



Sumber: IEC, 2024

Potensi Pengurangan Emisi dari ME dan EE

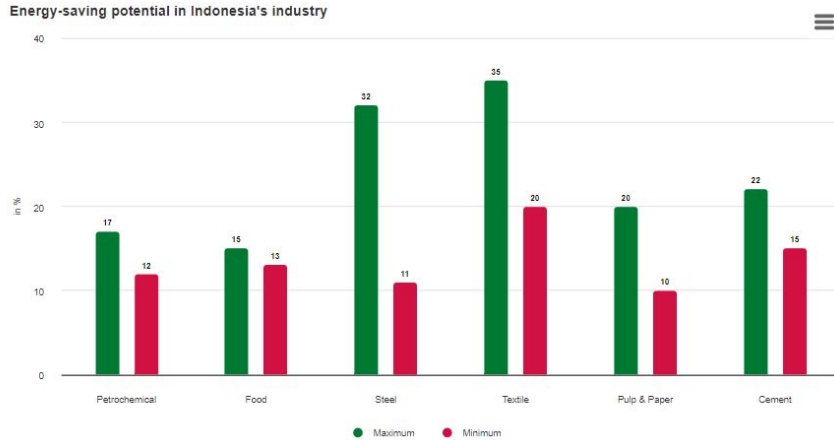
Sektor Industri	% Penurunan Emisi ME + EE dari Kebutuhan NZE 2060	Contoh Penerapan
Besi dan Baja	11.54%	<ul style="list-style-type: none"> Meningkatkan masa hidup besi dan baja Penggunaan <i>scrap metal</i> untuk produksi baja menggunakan EAF (<i>electric arc furnace</i>)
Semen	13.56%	<ul style="list-style-type: none"> Pengurangan rasio <i>clinker-to-cement</i> dengan menggunakan SCM (<i>supplementary cementing materials</i>) seperti <i>coal fly ash</i>, <i>BF slag</i>, dan lain-lain
Ammonia	19.53%	<ul style="list-style-type: none"> Mengurangi limbah makanan, mengurangi kebocoran ke perairan dan udara, meningkatkan <i>recycling plastik</i>
Pulp dan Kertas	23.08%	<ul style="list-style-type: none"> Meningkatkan <i>recycling</i> dan penggunaan kertas bekas
Tekstil	13.79%	<ul style="list-style-type: none"> Meningkatkan <i>recycling</i> pakaian dan tekstil

Sumber: Analisis IESR-LBNL

Potensi dari EE di industri Indonesia masih belum maksimal



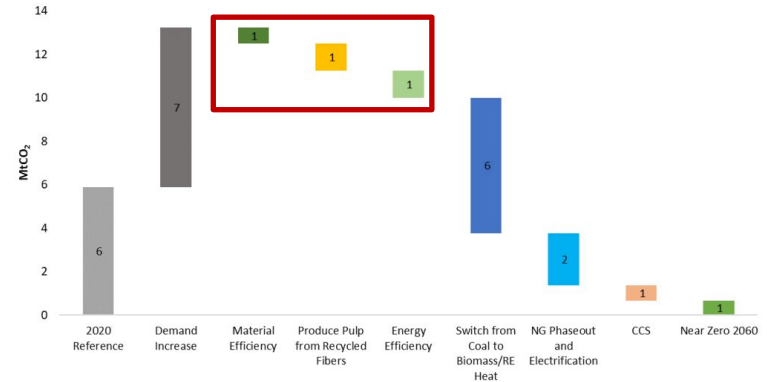
Potensi dari Efisiensi Energi di Industri Indonesia:



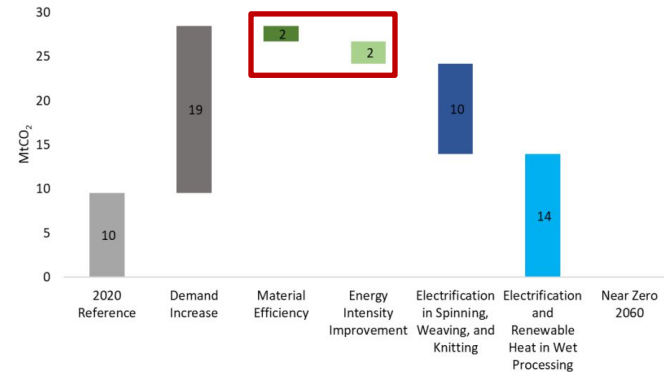
Sumber: [BusinessIndonesia, 2020](#)

- ❖ Efisiensi energi biasa terkait dengan manajemen energi dan audit energi
- ❖ Bisa juga didorong dengan *Specific Energy Consumption* yang disesuaikan dengan Best Available Technology dan bisa dibandingkan antar industri dan dengan industri di negara yang berbeda
- ❖ Energi efisiensi seringkali berhubungan juga dengan SKEM (Standar Kinerja Energi Minimum), termasuk penggunaan lampu LED, motor, AC yang lebih efisien

Direct CO₂ Emissions Impacts of Key Decarbonization Options under the Near Zero 2060 Scenario for the Pulp and Paper Industry in Indonesia



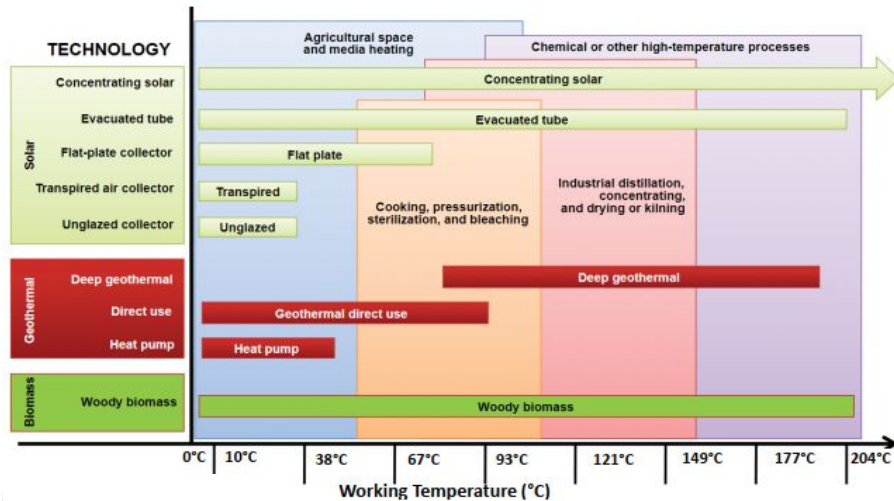
CO₂ Emissions Impacts of Key Decarbonization Options under the Near Zero 2060 Scenario for the Textile Industry in Indonesia



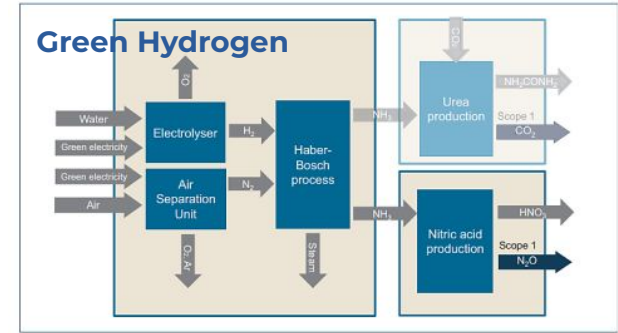
Elektrifikasi Industri dan Bahan Bakar, Bahan Baku, dan Sumber Energi Rendah Karbon sebagai solusi *low sampai long term*

Upaya-Upaya:

1. Melakukan peralihan ke proses produksi yang menggunakan listrik
2. Pembangkit *on-site* menggunakan energi terbarukan – bisa berupa solar PV, corporate RE PPA
3. Opsi renewable heating lainnya – termasuk dari penggunaan penggunaan Geothermal dan Biomass/Biofuels/Biogas
4. Penggunaan hydrogen (H_2 – DRI, feedstock untuk proses produksi ammonia)



Sumber: EPA US, 2022



Sumber: DECHEMA

Elektrifikasi Kebutuhan Panas

Temperatur sangat tinggi (>1.000°C)

Temperatur tinggi (400 - 1000°C)

Temperatur sedang (100 - 400°C)

Temperatur rendah (<=100°C)

Contoh proses:

Pemanasan untuk kaca dan keramik, proses produksi besi dan baja, kalsinasi batu kapur untuk produksi semen

Steam refining dan cracking di industri petrokimia

Pengeringan, evaporation, distilasi

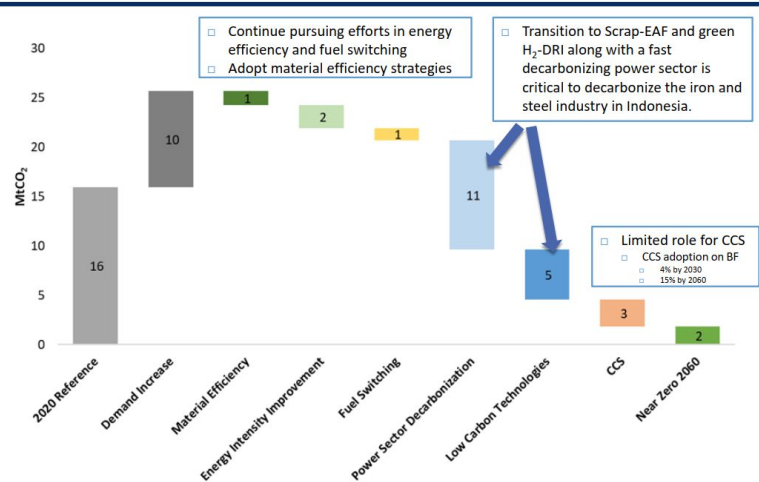
Pencucian, persiapan makanan dan minuman – beralih ke penggunaan heat pump, electric boiler, induction heating

Sumber: Analisis Pemateri; McKinsey, 2022

Elektrifikasi Industri dan Bahan Bakar, Bahan Baku, dan Sumber Energi Rendah Karbon beriringan dengan dekarbonisasi ketenagalistrikan dan kesiapan infrastruktur hidrogen

Contoh dalam Dekarbonisasi Industri Menuju Skenario Near-Zero 2060 untuk Industri Besi dan Baja

CO₂ Impacts of Key Mitigation Options under the Near Zero 2060 Scenario for the Iron and Steel Industry in Indonesia

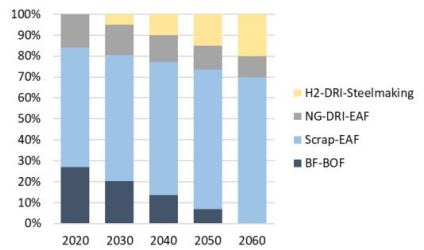


- ❖ Dari analisis IESR-LBNL, untuk mencapai near-zero pada 2060 BF-BOF sudah di *phase-out* pada tahun 2060, EAF berbasis *scrap* naik menjadi 70% pada 2060, dan terdapat H2-DRI dan NG-DRI (terutama untuk *virgin iron and steel*)
- ❖ Harga dari produksi baja menggunakan teknologi rendah karbon bisa 10 – 100% lebih mahal (tanpa harga karbon)
- ❖ Elektrifikasi industri secara umum sangat sensitive terhadap harga listrik dan bahan bakar (batu bara, gas alam)

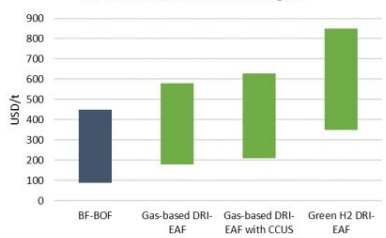
Sumber: IESR-LBNL Analysis, IEA, 2022 (untuk LC Teknologi Besi Baja)

- ❖ Diprediksi bahwa pada 2030 dibutuhkan 47,000 ton/tahun *green hydrogen* dan 300,000 ton/tahun pada 2060
- ❖ Indonesia juga butuh 2.4 TWh listrik nol-karbon pada 2030 dan 15 TWh pada 2060

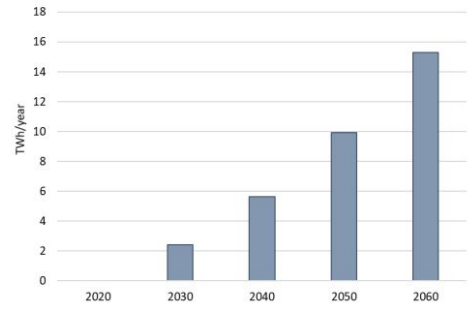
Share of Steelmaking Technologies in the Near Zero 2060 Scenario



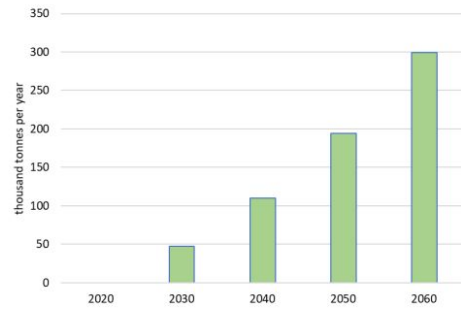
Indicative Levelized Cost of Steel Production Technologies



Electricity Demand for Green Hydrogen Required for H2-DRI in Indonesia: Near Zero 2060



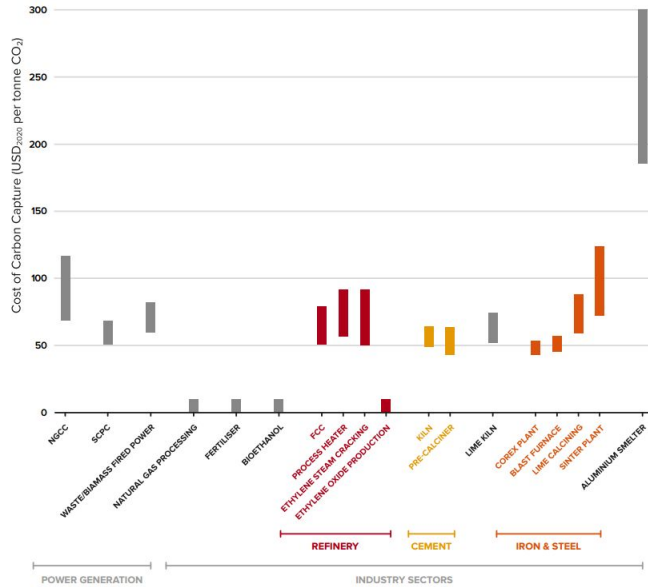
Green Hydrogen Demand for H2-DRI in Indonesia: Near Zero 2060 Scenario



CCS/CCUS (Penangkapan dan Penyimpanan/Pemanfaatan Karbon) pemanfaatannya mayoritas untuk EOR dan pupuk



Levelized Cost of CCS Tergantung pada Penggunaannya

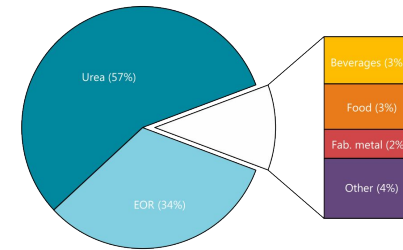
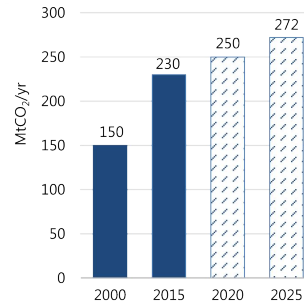
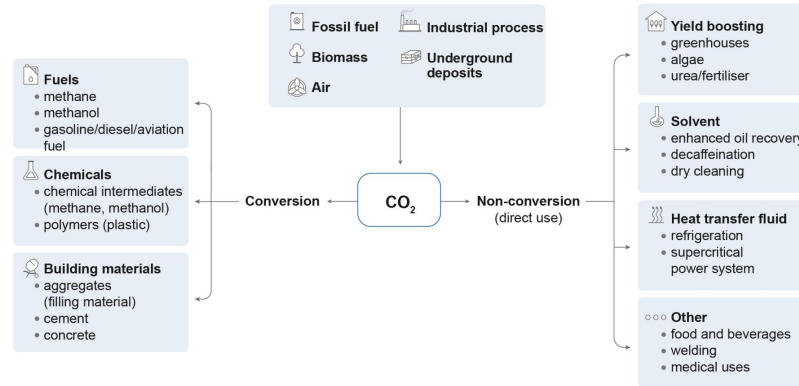


Sumber: GCCSI, 2021

Pemanfaatan CCUS untuk Industri sudah ada di dunia - contoh, Petronas Fertilizer; Kedah-Malaysia; 1999, 60 kt CO₂/tahun

Industri semen di Brevik, Norway, dan Texas sudah mencoba *trial* dan operations

Pemanfaatan CO₂



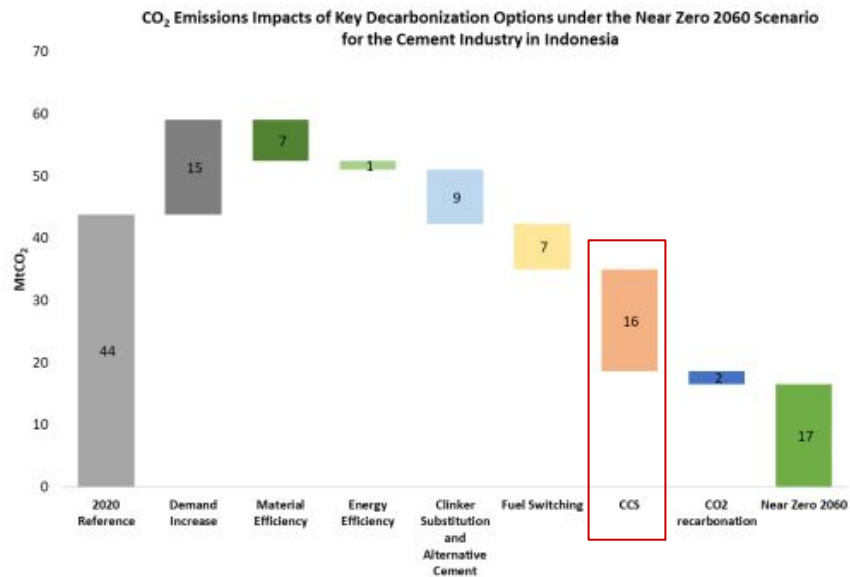
Note: Projections for future global CO₂ demand are based on an average year-on-year growth rate of 1.7%.

Sources: Analysis based on ETC (2018), *Carbon Capture in a Zero-Carbon Economy*; IHS Markit (2018), *Chemical Economics Handbook - Carbon Dioxide*; US EPA (2018), *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2016*.

CCS/CCUS (Penangkapan dan Penyimpanan/Pemanfaatan Karbon) memiliki andil dalam dekarbonisasi, namun tidak untuk semua sektor



Contoh dalam Dekarbonisasi Industri Menuju Skenario Near-Zero 2060 untuk Industri Semen



Jenis Industri	% Penurunan Emisi melalui CCUS dari Kebutuhan NZE 2060	% Penurunan Emisi melalui CCUS dari Kebutuhan NZE 2050
Besi & Baja	11.54%	11.54%
Semen	27.12%	32.20%
Amonia	12.90%	12.90%
Pulp dan Kertas	7.69%	3.85%
Tekstil	0.00%	0.00%

Kesimpulan



Dekarbonisasi sektor industri menjadi keharusan untuk masa depan Indonesia yang lebih berkelanjutan – upaya penurunan emisi akan didukung oleh proliferasi teknologi rendah karbon, melalui focus utama **Lima Pilar Dekarbonisasi Industri:**

1. Efisiensi Sumber Daya
2. Efisiensi Energi
3. Elektrifikasi Industri
4. Bahan Bakar, Bahan Baku, dan Sumber Energi Rendah Karbon
5. CCS/CCUS (Penangkapan dan Penyimpanan/Pemanfaatan Karbon)

Tantangan Upaya Pengurangan Emisi melalui Teknologi Rendah Karbon

- Pengadopsian teknologi rendah karbon perlu didukung oleh **target emisi** yang **jelas** dan **kredibel** di tingkat **sektoral**
- **Investasi** awal untuk dekarbonisasi yang **tinggi** – dan bantuan finansial yang masih terbatas
- **Kerangka kebijakan** yang menjadi dasar hukum untuk beberapa teknologi rendah karbon, seperti hydrogen, CCS/CCUS
- **Pembuatan pasar terintegrasi** untuk *material efficiency* dan efisiensi sumber daya, termasuk untuk *green products*
- Beberapa teknologi masih dalam tahap komersialisasi / pengembangan, **membutuhkan dukungan R&D lebih lanjut**
- Membutuhkan **kerja sama cross-sector** antara rantai pasok industri, pemerintah dalam menyiapkan SDM dan kapasitas pelaku

Peluang dan Manfaat Dekarbonisasi dari Upaya Pengurangan Emisi melalui Teknologi Rendah Karbon

- **Penghematan biaya produksi:** energi (9-30%) dan bahan habis produksi (9-66%)
- Membuka **peluang target pasar baru** dan menaikkan **daya saing produk, terutama melihat masa depan yang akan bergerak ke arah produk yang lebih berkelanjutan (contoh: CBAM)**
- Potensi dari **penghematan biaya pajak karbon**
- **Penghematan biaya pengendalian dampak lingkungan (2 – 8%)**
- Membuka **peluang pekerjaan hijau**
- **Menaikkan kualitas lingkungan dan keberagaman hayati**
- Menurunkan **kebutuhan subsidi kesehatan**

Thank you!

More Information:

[IESR || Institute for Essential Services Reform](#)

www.iesr.or.id



Institute for Essential
Services Reform (IESR)

Jl. Tebet Timur Raya No.48b,
RT.9/RW.5, Tebet Timur, Kec. Tebet,
Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus
Ibukota Jakarta 12820

Indonesia



Email

iesr@iesr.or.id



Follow Us



[IESR](#)



[IESR](#)



[Institute for Essential Services Reform](#)



[Institute for Essential Services Reform](#)