

PERTAMINA ENERGY OUTLOOK 2023



**Panduan Transisi Energi Indonesia:
Risiko dan Peluang Terkait Iklim**

PERTAMINA ENERGY OUTLOOK 2023

Panduan Transisi Energi Indonesia: Risiko dan Peluang Terkait Iklim

ISSN: 3025-5325

TIM PENYUSUN

Pengarah

Henricus Herwin (SVP Strategy & Investment)

Penanggung Jawab

Hery Haerudin (VP Pertamina Energy Institute)

Tim Penyusun:

- Adhitya Nugraha (Senior Expert 1 Business Data)
- Muhamad Taufik Faizin (Senior Expert 1 Business Data)
- Yohanes Handoko Aryanto (Senior Expert 1 Business Trend)
- Arisman Wijaya (Senior Analyst 1 Business Data)
- Cahyo Andrianto (Senior Analyst 1 Business Data)
- Eko Setiadi (Senior Analyst 2 Business Trend)
- Loisa Debrina Purba (Senior Analyst 2 Business Trend)
- Muhammad Fauzan (Analyst 1 Business Trend)
- Anindya Adiwardhana (Staff Perbantuan Kementerian ESDM)
- Rina Juliet Artami (Staff Perbantuan Kementerian ESDM)

Tim Penyusun Risiko Fisik Iklim dan Peluangnya:

- Suripno (VP HSSE Policy, Standard & Risk Management System)
- Rizka Perdhani (Senior Expert 1 Environment Policy & Risk Management)
- Teuku Reiza Yuanda (Senior Analyst 1 Environment Policy & Risk Management)

Advisor:

- Ari Kuncoro
- Widhyawan Prawiraatmadja
- Sunarsip

Contact: energy-institute@pertamina.com

Visit: <https://www.pertamina.com/id/dokumen/pertamina-energy-institute>

Energy Outlook Interactive dataset: <https://www.energyinstitute.id/>

KATA PENGANTAR

Krisis global yang terjadi pada tahun 2022 masih berdampak sampai dengan semester awal 2023 ini, termasuk pada sektor energi. Perubahan iklim juga mulai mengganggu rantai pasok kebutuhan dasar manusia, yaitu energi dan pangan. Hal ini menjadikan isu ketahanan energi, adaptasi, dan resiliensi menjadi perhatian global, termasuk Indonesia. Di sisi lain, Indonesia perlu memastikan penyediaan energi untuk mendukung pencapaian Visi Indonesia Emas 2045, yaitu mencapai target sebagai negara dengan pendapatan per kapita yang setara dengan negara maju, sekaligus mencapai target pencapaian komitmen emisi nol bersih (NZE) melalui transformasi menuju energi dan ekonomi hijau.

Berbagai tantangan di atas membuat Indonesia perlu merencanakan transformasi sistem energi dan ekonomi secara holistik dan komprehensif. Meskipun demikian, sistem energi dan ekonomi merupakan suatu sistem yang kompleks. Terdapat berbagai kemungkinan yang dapat terjadi di masa depan, dan hal ini menjadi salah satu tantangan besar dalam perencanaan. Oleh karena itu, pada tahun ini kami kembali melakukan pembaruan *Pertamina Energy Outlook* (PEO) yang mengambil tema besar "*Panduan Transisi Energi Indonesia: Risiko dan Peluang Terkait Iklim*", untuk memberikan pandangan atas beberapa alternatif masa depan yang membawa peluang dan risiko, melalui skenario energi-ekonomi Indonesia yang berada dalam lanskap perubahan iklim global.

Secara umum, PEO 2023 terdiri atas tiga skenario. Pertama, *Ordinary State*, yaitu skenario pada kondisi pertumbuhan ekonomi tidak terlalu jauh dari tren historis karena Indonesia memerlukan perubahan struktural (*structural break*) untuk lepas dari perangkap negara berpendapatan menengah. Selanjutnya skenario *Appropriate Sustainability*, dengan kondisi pertumbuhan ekonomi tidak terlalu jauh dari data historis, tetapi Indonesia tetap meneruskan komitmen untuk melakukan transisi energi,

dengan teknologi hijau yang matang diimplementasikan, dan transisi energi dilakukan dengan menyeimbangkan kebutuhan pertumbuhan ekonomi. Terakhir adalah skenario *Economic Renaissance*, ketika Indonesia mencapai negara berpendapatan tinggi melalui perubahan struktural yang berpengaruh terhadap permintaan energi. Di sisi lain, transisi energi juga mendapat berbagai dukungan dan terobosan teknologi untuk mencapai NZE sehingga emisi dapat diturunkan segera setelah Indonesia mencapai produk domestik bruto (PDB) tinggi.

Kami berharap PEO 2023 bermanfaat sebagai salah satu rujukan untuk analisis risiko dan peluang terkait iklim di Indonesia, serta penyusunan kebijakan dan perencanaan energi-ekonomi ke depan.

Salam,

A. Salyadi Saputra

Direktur Strategi, Portofolio,
dan Pengembangan Usaha,
PT Pertamina (Persero)



RINGKASAN EKSEKUTIF

Penyusunan *Pertamina Energy Outlook (PEO) 2023* menggunakan pendekatan penyusunan skenario energi-ekonomi dengan mempertimbangkan faktor kebijakan, perkembangan teknologi, preferensi pasar, dan isu legal sebagai risiko transisi, serta perubahan iklim sebagai risiko fisik. Skenario energi-ekonomi dimodelkan menggunakan perangkat lunak *Low Emission Analysis Platform (LEAP)* untuk menghasilkan skenario kuantitatif permintaan energi primer dan final, transformasi energi, serta dampak emisi. Pemodelan PEO 2023 menggunakan basis data dari *Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia (HEESI)* Kementerian ESDM, Badan Pusat Statistik (BPS), data Kementerian Perindustrian, serta data lain dari berbagai lembaga, baik nasional maupun internasional, yang kredibel.

Terdapat tiga skenario yang digunakan dalam PEO 2023, yaitu *Ordinary State (OS)*, *Appropriate Sustainability (AS)*, dan *Economic Renaissance (ER)*. Beberapa pertimbangan dalam penyusunan skenario antara lain peningkatan efisiensi energi, pemanfaatan bahan bakar dan sumber energi rendah karbon, penjualan kendaraan listrik, serta transformasi struktur ekonomi. Penyusunan skenario juga memperhatikan arah dan rata-rata peningkatan temperatur dunia, untuk melihat risiko fisik perubahan iklim yang akan menyertai transformasi sistem energi-ekonomi nasional ke depan.

Berdasarkan hasil pemodelan, konsumsi energi final secara nasional untuk skenario OS akan tumbuh rata-rata sebesar 2,6% per tahun hingga tahun 2060, sementara AS sebesar 2,1% hingga 2060 dan ER sebesar 2,7%. Skenario OS dan ER mengalami pertumbuhan kebutuhan energi final yang hampir sama meskipun pertumbuhan ekonomi jauh lebih tinggi pada skenario ER. Hal ini menunjukkan bahwa pemisahan (*decoupling*) antara energi dan ekonomi masih dimungkinkan, dengan energi yang digunakan

pada skenario ER jauh lebih produktif daripada skenario OS, karena terjadinya peningkatan efisiensi energi di berbagai sektor.

Untuk menopang kebutuhan listrik, kapasitas pembangkit mengalami peningkatan dalam skenario OS rata-rata sebesar 3,7% per tahun, AS 3,9%, dan ER tertinggi sebesar 4,5%. Untuk skenario AS dan ER, tenaga nuklir sudah masuk ke dalam sistem pembangkit.

Untuk proyeksi emisi, pada skenario OS, tahun 2060 emisi dari sektor energi akan terus meningkat hingga mencapai 1.450 juta ton. Pada skenario AS, emisi dari sektor energi mencapai puncak pada tahun 2051 sebesar 976 juta ton dan kemudian mencapai 896 juta ton pada akhir tahun proyeksi. Adapun pada skenario ER, emisi energi mencapai puncak pada tahun 2039, yaitu sebesar 838 juta ton, kemudian menurun hingga akhir tahun proyeksi sebesar 302 juta ton. Jumlah emisi tersebut terkait dengan peningkatan temperatur global. Peningkatan temperatur global yang berbeda di setiap skenario berkaitan dengan risiko fisik perubahan iklim yang perlu disiapkan aksi adaptasinya.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
RINGKASAN EKSEKUTIF	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR AKRONIM/SINGKATAN	xii
BAB I PERKEMBANGAN MAKROEKONOMI DAN GEOPOLITIK	1
I.1 Perekonomian Global	2
I.2 Perkembangan Geopolitik	5
BAB II PERKEMBANGAN TEKNOLOGI DAN KONDISI ENERGI INDONESIA	9
II.1 Perkembangan Teknologi	10
II.1.1 Nuklir SMR	10
II.1.2 Hidrogen	13
II.1.3 <i>Biofuel</i> (Bahan Bakar Nabati/BBN)	17
II.1.4 CCS/CCUS	20
II.1.5 Kendaraan Listrik	22
II.1.6 Petrokimia	28
II.2 Kondisi Energi Indonesia	31
II.2.1 Tren Historis Permintaan Energi Indonesia	31
II.2.2 Kebijakan/Regulasi yang Berpengaruh pada Permintaan Energi	36
BAB III <i>OUTLOOK</i> ENERGI INDONESIA	43
III.1 Metodologi dan Pemodelan Skenario	44
III.1.1 Penyusunan Skenario	44
III.1.2 Faktor yang Memengaruhi Skenario (<i>Key Drivers Scenario</i>)	46
III.1.3 Asumsi Makroekonomi	46

III.2	<i>Outlook</i> Energi Primer	50
III.2.1	<i>Outlook</i> Energi Primer Minyak	52
III.2.2	<i>Outlook</i> Energi Primer Gas	53
III.2.3	<i>Outlook</i> Energi Primer Batubara	53
III.2.4	<i>Outlook</i> Energi Primer EBET	54
III.3	<i>Outlook</i> Energi Final	55
III.3.1	<i>Outlook</i> Energi Final Sektor Transportasi	56
III.3.2	<i>Outlook</i> Energi Final Sektor Industri	59
III.3.3	<i>Outlook</i> Energi Final Sektor Komersial dan Rumah Tangga	61
III.4	<i>Outlook</i> Energi Sektor Pembangkit	62
III.5	<i>Outlook</i> Emisi Sektor Energi	63
BAB IV	RISIKO TERKAIT IKLIM DAN PELUANGNYA	67
IV.1	Risiko Transisi dan Peluangnya	68
IV.1.1	Dampak Kebijakan dan Legal	68
IV.1.2	Teknologi Penelitian dan Pengembangan, serta Pengurangan Biaya	73
IV.1.3	Preferensi Pasar	76
IV.1.4	Reputasi Sektor Energi	80
IV.1.5	<i>Benchmark</i> Transisi Energi pada IOC-NOC	82
IV.2	Risiko Fisik Iklim dan Peluangnya	83
IV.2.1	<i>Outlook</i> Peningkatan Temperatur Global	83
IV.2.2	Cuaca Ekstrem dan Dampak Sektor Energi	86
IV.2.3	Kebencanaan dan Dampak Sektor Energi	89
IV.3	Evaluasi Aksi Mitigasi dan Adaptasi	91
IV.3.1	<i>Outlook</i> Arah Perubahan Iklim dalam Kebijakan Saat Ini	91
IV.3.2	Perubahan Iklim dan Pendanaan Iklim	92
BAB V	KESIMPULAN DAN REKOMENDASI	97
DISCLAIMER		102
REFERENSI		104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Produksi Mineral Kritis Global	6
Gambar 1.2	Peringkat Teratas Geopolitik 2023	7
Gambar 2.1	Negara-negara Dunia Pengembang SMR	11
Gambar 2.2	Desain Teknologi SMR	12
Gambar 2.3	Kelebihan Reaktor SMR	12
Gambar 2.4	Perbandingan Biaya Listrik dari Berbagai Pembangkit	13
Gambar 2.5	Produksi Hidrogen Hijau, Konversi dan Penggunaan Akhir di Sistem Energi	16
Gambar 2.6	Produksi <i>Biofuel</i> Global (miliar liter)	17
Gambar 2.7	Permintaan <i>Biofuel</i> Global Sektor Transportasi pada skenario NZE IEA (EJ)	18
Gambar 2.8	Kebijakan <i>Biofuel</i> Global	19
Gambar 2.9	Emisi CO ₂ Global Berdasarkan Sektor Tahun 2022	23
Gambar 2.10	Penjualan Kendaraan Roda Empat Listrik pada Semester I 2022 dan 2023 di Indonesia	23
Gambar 2.11	Jumlah Infrastruktur Pengisian Listrik untuk Kendaraan Listrik di Indonesia (Kumulatif, Termasuk SPKLU, SPBKLU dan <i>Private Charging Station</i>)	25
Gambar 2.12	Tren Pertumbuhan <i>Market</i> Industri Petrokimia Global	28
Gambar 2.13	Kluster Pengembangan Industri Petrokimia Indonesia	29
Gambar 2.14	Volume Impor Produk Petrokima Indonesia 2022	30
Gambar 2.15	Kebutuhan Energi Primer (juta BOE)	32
Gambar 2.16	Kebutuhan Energi Final (juta BOE)	33
Gambar 2.17	Kebutuhan Energi Final Per Sektor (juta BOE)	33

Gambar 2.18	Kebutuhan Energi Final Sektor Industri (juta BOE)	34
Gambar 2.19	Kebutuhan Energi Final Sektor Transportasi (juta BOE)	35
Gambar 2.20	Kebutuhan Energi Final Sektor Rumah Tangga dan Komersial (juta BOE)	35
Gambar 3.1	Matriks Skenario	44
Gambar 3.2	Pertumbuhan PDB Nasional (%)	47
Gambar 3.3	Proyeksi Bauran Energi Primer	51
Gambar 3.4	Proyeksi Permintaan Energi Final	56
Gambar 3.5	Proyeksi Permintaan Energi Final Sektor Transportasi	57
Gambar 3.6	Proyeksi Bauran Energi Transportasi Darat	58
Gambar 3.7	Proyeksi Permintaan Energi Sektor Industri	60
Gambar 3.8	Proyeksi Permintaan Energi Sektor Komersial	61
Gambar 3.9	Proyeksi Permintaan Energi Sektor Rumah Tangga	62
Gambar 3.10	Bauran Energi dan Kapasitas di Sektor Pembangkit	63
Gambar 3.11	Emisi Karbon Sektor Energi	64
Gambar 4.1	Pasar <i>Biofuel</i> Global	74
Gambar 4.2	Harga <i>Dated Brent</i> 2023	81
Gambar 4.3	Investasi Proyek <i>Sustainability</i> Global	82
Gambar 4.4	Perubahan pada Iklim Berupa (A) Perubahan Rata-rata; (B) Perubahan Varian; dan (C) Perubahan Rata-rata dan Varian	84
Gambar 4.5	Kenaikan Temperatur dan Muka Laut Global pada 1950–2100 Berdasarkan Lima Skenario	85
Gambar 4.6	Perubahan (dalam %) a) Temperatur Rata-rata Tahunan dan b) Curah Hujan Rata-rata Tahunan (Dihitung dari <i>ensemble</i> 24 model iklim global-CMIP5 GCMs untuk skenario iklim RCP 8.5 dengan 3 periode waktu proyeksi secara terpisah). Perubahan tersebut relatif terhadap kondisi <i>baseline</i> observasi (periode 1981-2005) menggunakan <i>dataset</i> CHIRPS v2.0.	85

Gambar 4.7	Kenaikan Temperatur Rata-rata Disimulasikan dengan Model Iklim Regional BMKG-JICA yang Merepresentasikan Perubahan Iklim dari Kondisi <i>Baseline</i> (Tahun 1980-2001) Menuju Kondisi Proyeksi Masa Depan (Tahun 2034-2044)	86
Gambar 4.8	Contoh Dampak Spesifik dan Upaya Adaptasi Perubahan Iklim di Sektor Energi	90
Gambar 4.9	Proyeksi Emisi GRK Global	91
Gambar 4.10	Emisi GRK Per Kapita (Mt CO ₂ e/tahun)	92
Gambar 4.11	<i>Global Tracked Climate Finance Flows and The Average Estimated Annual Climate Investment Need Through 2050</i>	93
Gambar 4.12	<i>Total Climate Finance Provided and Mobilised</i> (miliar dolar AS)	94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beberapa Tipe dan Karakteristik Reaktor Nuklir	10
Tabel 2.2	Proyek CCUS Skala Besar yang Telah Beroperasi secara Komersial pada 2020	21
Tabel 4.1	Matriks Risiko Transisi Kebijakan dan Legal	68
Tabel 4.2	Perbandingan Mandat Pencampuran (<i>Blending</i>) Etanol di Beberapa Negara	75
Tabel 4.3	<i>Climate Driver</i> dan <i>Climate Hazard</i>	87
Tabel 4.4	Fenomena dan Dampak Cuaca Ekstrem	88

DAFTAR AKRONIM/SINGKATAN

AS	Amerika Serikat
AEs	<i>advanced economies</i> (negara maju)
BBM	bahan bakar minyak
BBN	bahan bakar nabati
BBNKB	Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor
BECCS	<i>bioenergy with carbon capture and storage</i>
BESS	<i>battery energy storage system</i> (sistem penyimpanan energi baterai)
BEV	<i>battery electric vehicle</i> (kendaraan listrik baterai)
BMKG-JICA	Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika–Japan International Cooperation Agency
BNPB	Badan Nasional Penanggulangan Bencana
BOE	<i>barrel oil equivalent</i>
BOPD	<i>barrel oil per day</i>
BPS	Badan Pusat Statistik
BRICS	Brazil, Russia, India, China, South Africa
BUMN	badan usaha milik negara
BTU	<i>british thermal unit</i>
CAGR	<i>compound annual growth rate</i>
CCS/CCUS	<i>carbon capture storage/carbon capture utilization and storage</i> (penyimpanan penangkapan karbon/ pemanfaatan dan penyimpanan penangkapan karbon)
CO ₂	<i>carbon dioxide</i> (karbon dioksida)
COP	<i>Conference of the Parties</i> (Konferensi Para Pihak)
EBET	energi baru dan energi terbarukan (<i>new and renewable energy/NRE</i>)
EJ	<i>exajoule</i>
EMDEs	<i>emerging market and developing countries</i> (negara-negara berkembang dan ekonomi menengah)

ESDM	energi dan sumber daya mineral
ESG	<i>environmental, social and governance</i> (lingkungan, sosial, dan tata kelola)
EV	<i>electric vehicle</i> (kendaraan listrik)
E2W	<i>Electric Two-Wheeler</i>
E4W	<i>Electric Four-Wheeler</i>
FCF	<i>free cash flow</i>
FGD	<i>focus group discussion</i> (diskusi kelompok terfokus)
FID	<i>final investment decision</i>
GRK	gas rumah kaca/ <i>green house gas</i> (GHG)
GW	<i>Gigawatt</i>
GT	<i>Gigaton</i>
HEESI	<i>Handbook of Economy & Energy Statistic Indonesia</i>
HEFA	<i>hydroprocessed esters and fatty acids</i>
HEV	<i>hybrid electric vehicle</i>
HESC	<i>hidrogen energy supply chain</i> (rantai pasok energi hidrogen)
HS	<i>Harmonized System</i>
HVO	<i>hydrotreated vegetable oil</i>
IEA	International Energy Agency (Badan Energi Internasional)
IAEA	International Atomic Energy Agency (Badan Energi Atom Internasional)
IATA	International Air Transport Association (Asosiasi Pengangkutan Udara Internasional)
ICEV	<i>Internal Combustion Engine Vehicles</i>
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Panel Antarpemerintah tentang Perubahan Iklim)
IRA	<i>Inflation Reduction Act</i>
IRENA	International Renewable Energy Agency (Badan Energi Terbarukan Internasional)
JETP	<i>Just Energy Transition Partnership</i> (Kemitraan Transisi Energi yang Adil)
KBLBB	kendaraan bermotor listrik berbasis baterai
KL	kiloliter

kWh	<i>kilowatt hours</i>
LCOE	<i>levelized cost of energy</i>
LEAP	<i>Low Emission Analysis Platform</i> (Platform Analisis Emisi Rendah)
LNG	<i>liquified natural gas</i> (gas alam cair)
LPG	<i>liquified petroleum gas</i> (gas minyak cair)
Migas	minyak dan gas
M&A	merger dan akuisisi
MTOE	<i>million tonne of oil equivalent</i>
MTPA	<i>million ton per annum</i>
MW	<i>megawatt</i>
MWh	<i>megawatt hour</i>
MWe	<i>megawatt electric</i>
NDC	<i>nationally determined contributions</i> (kontribusi yang ditetapkan secara nasional)
NEK	nilai ekonomi karbon
NZE	<i>net zero emission</i> (emisi nol bersih)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisasi untuk Kerja Sama dan Pembangunan Ekonomi)
OPEC	Organization of Petroleum Exporting Countries (Organisasi Negara-negara Pengekspor Minyak)
PDB	produk domestik bruto (<i>gross domestic product/GDP</i>)
PEI	Pertamina Energy Institute
PEO	<i>Pertamina Energy Outlook</i>
PKB	pajak kendaraan bermotor
PLN	PT Perusahaan Listrik Negara (Persero)
PLTN	Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir
PLTB	Pembangkit Listrik Tenaga Baru
PLTU	pembangkit listrik tenaga uap
PTA	<i>purified terephthalic acid</i> (pemurnian asam tereftalat)
PTBAE-PU	persetujuan teknis batas atas emisi gas rumah kaca (GRK) pelaku usaha

PTPN	PT Perkebunan Nusantara
RCP	<i>Representative Concentration Pathway</i> (Jalur Konsentrasi Representatif)
ROCE	<i>return on capital employed</i>
RUPTL	Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik
SAF	<i>sustainable aviation fuel</i>
SPBKLU	stasiun penukaran baterai kendaraan listrik umum
SPKLU	stasiun pengisian kendaraan listrik umum
SPBG	stasiun pengisian bahan bakar gas
SPBU	stasiun pengisian bahan bakar umum
SPE-GRK	sertifikat pengurangan emisi GRK
TCF	<i>trillion cubic feet</i>
TFP	<i>total factor productivity</i> (produktivitas faktor total)
TJ	terajoule
TKDN	tingkat komponen dalam negeri
WBG	World Bank Group
WK	Wilayah Kerja



Bab I

PERKEMBANGAN MAKROEKONOMI DAN GEOPOLITIK



I.1 Perekonomian Global

Pada tahun 2023, World Bank Group (WBG) membuat studi terkait prospek pertumbuhan jangka panjang dan menemukan bahwa terjadi penurunan potensi pertumbuhan global yang signifikan pada periode 2011-2021 dibandingkan dengan dekade sebelumnya, yakni 2,6% dibandingkan dengan 3,5% per tahun. Penurunan ini terjadi baik di negara maju atau *advanced economies* (AEs) maupun negara-negara berkembang dan ekonomi menengah atau *emerging market and developing economies* (EMDEs), sebagai akibat dari penurunan pertumbuhan produktivitas faktor total atau *total factor productivity* (TFP), perlambatan pertumbuhan investasi, dan penurunan pertumbuhan angkatan kerja.

Selain itu, ditemukan juga korelasi antara resesi dan potensi pertumbuhan. Dalam jangka panjang, resesi berkaitan dengan penurunan potensi pertumbuhan, yang lebih jelas terlihat di EMDEs (1,6 poin persentase lebih rendah) dibandingkan dengan AEs (1,3 poin persentase lebih rendah). Dampak resesi bahkan lebih besar dalam jangka menengah dibandingkan dengan kejadian lainnya, seperti

krisis perbankan dan epidemi. Krisis perbankan yang walaupun dapat menurunkan pertumbuhan 1,8 poin persentase setelah dua tahun, dapat dipulihkan oleh peningkatan investasi yang cepat.

Di EMDEs, pemulihan investasi setelah pandemi Covid-19 lebih lambat dibandingkan dengan pemulihan pada saat terjadi resesi pada tahun 2009 setelah krisis keuangan global, karena hampir tiga perempat negara EMDEs terpapar, dibandingkan dengan hanya setengah pada 2009. Pelemahan investasi dalam dekade terakhir disebabkan oleh pelemahan pertumbuhan *output*, arus modal bersih yang berkurang relatif terhadap produk domestik bruto (PDB), pertumbuhan kredit sektor swasta riil yang lebih lambat, dan penurunan *term of trade* (perbandingan antara indeks harga ekspor dan indeks harga impor) untuk eksportir energi.

Setelah pemulihan yang kuat pada tahun 2021, pertumbuhan investasi pada tahun 2022-2024 untuk EMDEs diperkirakan rata-rata hanya 3,5% per tahun, setengah dari rata-rata periode 2000-2021. Apabila tidak termasuk Tiongkok, proyeksi pertumbuhan investasinya 4,1% per tahun, seperlima di bawah rata-rata tahun 2000-2021. Hal ini mengindikasikan investasi kemungkinan besar tidak kembali ke tren sebelum

pandemi pada tahun 2024, yang menjadi tantangan untuk *output* jangka panjang, pertumbuhan produktivitas, dan perdagangan global.

Potensi pertumbuhan diperkirakan turun lebih lanjut di dekade ini sebesar rata-rata 2,2% per tahun selama 2022-2030, dengan sebagian besar didorong oleh faktor demografi, termasuk penuaan populasi, yang menyebabkan perlambatan pertumbuhan usia kerja dan penurunan partisipasi angkatan kerja. Penurunan bahkan lebih besar di EMDEs, yang menurun menjadi rata-rata 4% per tahun selama 2022-2030. Sementara di AEs penurunannya lebih kecil, yaitu rata-rata 1,2% dalam periode yang sama.

Perubahan iklim juga diperkirakan memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap potensi pertumbuhan ekonomi dalam dekade mendatang. Data historis menunjukkan bahwa bencana alam telah menurunkan potensi pertumbuhan di negara terdampak sebesar rata-rata 0,1 poin persentase pada tahun terjadinya bencana. Dalam jangka menengah, dampaknya bervariasi tergantung kecepatan dan skala dari upaya rekonstruksi. Bencana terkait iklim dapat menyebabkan kehilangan pertumbuhan TFP jangka panjang. Peningkatan

investasi infrastruktur untuk memitigasi dampak perubahan iklim ini dapat mengkompensasi kerusakan tersebut dan berpotensi meningkatkan potensi pertumbuhan global dan EMDEs berturut-turut sebesar 0,1 poin persentase dan 0,3 poin persentase per tahun.

Adapun untuk perdagangan internasional, teori dan bukti empiris menunjukkan adanya kontribusi pada pertumbuhan ekonomi jangka panjang dan produktivitas karena mendorong alokasi sumber daya yang efisien, limpahan teknologi, dan akumulasi sumber daya manusia. Kontribusi ini terutama dapat diperoleh apabila didukung oleh institusi yang baik dan lingkungan bisnis yang kondusif pada negara eksportir. Pertumbuhan perdagangan global diperkirakan melemah sebesar tambahan 0,4 poin persentase per tahun pada sisa dekade ini akibat pertumbuhan *output* global yang melambat dan dampak yang memudar dari faktor struktural yang sebelumnya memfasilitasi ekspansi perdagangan yang cepat, seperti rantai pasok global. Disrupsi karena pandemi dan konflik di Ukraina juga dapat menghalangi pertumbuhan perdagangan.

Sementara itu, selama tiga dekade terakhir, sektor jasa telah berperan penting dalam pertumbuhan ekonomi, yaitu

berkontribusi atas lebih dari setengah pertumbuhan PDB dan lapangan pekerjaan di AEs dan EMDEs. Namun, komposisi sektor jasa di AEs berbeda dengan di EMDEs. Di AEs, kontribusi jasa *high-skilled offshorable*¹ lebih dominan, sementara di EMDEs kontribusi jasa *low-skilled contact*² lebih menonjol. Perbedaan ini berimplikasi pada pertumbuhan produktivitas masa mendatang, yang menunjukkan jasa *low-skilled contact* berkorelasi dengan perlambatan ekspor dan perlambatan pertumbuhan TFP. Peningkatan digitalisasi selama pandemi dapat menjadi peluang pertumbuhan di sektor jasa *high-skilled offshorable*.

Untuk tahun 2022-2030, potensi pertumbuhan Asia Timur dan Pasifik diperkirakan turun tajam, baik secara agregat maupun per kapita, rata-rata 1,6 poin persentase per tahun. Hal itu terjadi terutama akibat akumulasi modal dan pertumbuhan TFP yang lebih lambat di Tiongkok seiring dengan bergesernya model pertumbuhan yang didorong investasi menjadi pertumbuhan yang didorong konsumsi untuk mengurangi risiko stabilitas keuangan dari investasi yang didorong oleh kredit. Hal ini juga sejalan dengan studi lainnya.

¹ Pekerjaan berketerampilan tinggi yang dapat dengan mudah dipindahkan, contoh: pekerjaan teknologi informasi.

² Pekerjaan berketerampilan rendah yang memerlukan kedekatan lokasi, contoh: pedagang ritel, *hospitality*.

Menurut laporan World Bank Group (2023), negara di Asia Timur dan Pasifik selama dua dekade terakhir telah mengalami pertumbuhan yang cepat dan lebih stabil dibandingkan dengan negara lainnya, dan selama masa ini bertransisi dari status berpendapatan rendah ke berpendapatan menengah ke atas. Faktor pendorongnya adalah manajemen makroekonomi yang baik dan reformasi struktural setelah krisis keuangan Asia, yang setelah periode tersebut reformasi strukturalnya terbatas sehingga peningkatan produktivitas juga terbatas. Faktor terbesar yang memengaruhi pertumbuhan produktivitas adalah pendalaman modal. Tren ini juga bersinggungan dengan pola perubahan struktural. Dari seluruh periode krisis keuangan Asia dan krisis keuangan global, porsi manufaktur dalam PDB telah mencapai puncak dan mulai turun, kecuali di Kamboja dan Vietnam.

Realokasi sektoral dari tenaga kerja juga tidak mendorong pertumbuhan produktivitas. Di Malaysia, Thailand, Indonesia, dan Tiongkok, pergeseran tenaga kerja keluar dari sektor pertanian telah melambat setelah awal tahun 2000-an. Dalam kasus ini, pekerja berpindah bukan ke sektor manufaktur dan jasa bisnis yang produktivitasnya tinggi, melainkan ke sektor perdagangan dan jasa

konstruksi yang produktivitasnya rendah. Produktivitas rendah di jasa konstruksi ini disebabkan oleh informalisasi pekerjaan dan peningkatan kepadatan penduduk karena urbanisasi.

1.2 Perkembangan Geopolitik

Geopolitik selalu menjadi faktor penting dalam sistem energi-ekonomi. Dalam dua tahun terakhir, invasi Rusia terhadap Ukraina yang disusul dengan penerapan embargo minyak dan penghentian pasokan gas Rusia ke Eropa telah memengaruhi krisis energi global yang juga berdampak pada perlambatan pemulihan ekonomi.

Kejadian ini meningkatkan kesadaran dunia atas pentingnya ketahanan energi dan ekonomi nasional sehingga arah kebijakan energi di beberapa negara berubah ke penguatan dalam negeri. Hal ini terlihat dari munculnya berbagai kebijakan pemisahan (*decoupling*) dan *reshoring* rantai pasok energi dan teknologi hijau, seperti kebijakan *Inflation Reduction Act* (IRA) di Amerika Serikat (AS), *RePowerEU* di Uni Eropa (UE), atau hilirisasi mineral di Indonesia. Bahkan, baru-baru ini, sebanyak 22 negara mulai menghentikan ekspor pangan karena terjadinya perubahan iklim.

Selain kebijakan *reshoring*, muncul juga kebijakan *friendshoring*³, yang mengarahkan rantai pasok perdagangan ke negara-negara yang dipandang bersahabat secara politik ataupun ekonomi. Pada tahun 2023, BRICS yang beranggotakan Brasil, Rusia, India, Tiongkok, dan Afrika Selatan mulai membuka diri dan mengajak beberapa negara lain untuk bergabung. Lebih dari 40 negara telah menyatakan minat untuk bergabung dengan blok ekonomi tersebut.

Beberapa pihak memandang bahwa berbagai situasi tersebut merupakan gejala dari fragmentasi geopolitik yang berpotensi berdampak negatif pada kerja sama global untuk mengatasi perubahan iklim dan mempercepat transisi energi.

Selain terjadinya penguatan energi dalam negeri, krisis energi juga menimbulkan polaritas dalam transisi energi. Muncul pandangan bahwa transisi energi harus dipercepat untuk meningkatkan ketahanan energi. Sementara itu, muncul juga pandangan untuk menjalankan transisi energi secara teratur, yang bermakna bahwa tekanan di sisi pasokan energi fosil harus diimbangi dengan percepatan transisi di sisi permintaan. Ketika sisi pasokan energi fosil ditekan untuk bertransisi, sementara sisi

³ <https://www.weforum.org/agenda/2023/02/friendshoring-global-trade-buzzwords/>

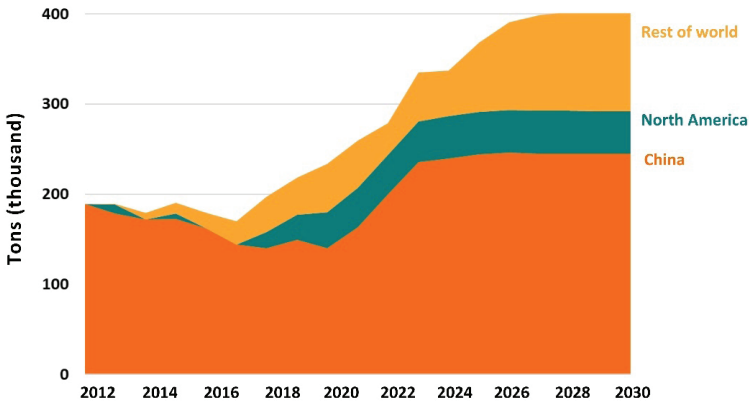
permintaan masih terus bertumbuh, hal tersebut dapat mengakibatkan volatilitas harga ataupun krisis energi berikutnya.

Pandangan ini tecermin dari Organisasi Negara-negara Peng-ekspor Minyak atau Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC+) yang memperingatkan Badan Energi Internasional atau International Energy Agency (IEA) agar berhati-hati dalam menahan investasi minyak karena hal tersebut akan menyebabkan volatilitas di masa mendatang⁴.

Selain itu, Inggris kembali memberikan 100 lebih lisensi migas pada tahun 2023, Jerman dan

Tiongkok mengamankan kontrak pasokan gas alam cair (LNG) jangka panjang, dan perusahaan energi global BP mengubah strateginya untuk kembali meningkatkan investasi migas sambil tetap meningkatkan investasi energi baru dan energi terbarukan (EBET).

Dalam hal transisi energi, mineral penting yang dibutuhkan oleh berbagai teknologi hijau dalam transisi energi menjadi semakin strategis. Dalam lima tahun terakhir, pasar mineral penting meningkat dua kali lipat, menjadi 320 miliar dolar AS, dan diperkirakan akan meningkat dua kali lipat sebelum akhir dekade ini.



Gambar 1.1 Produksi Mineral Kritis Global

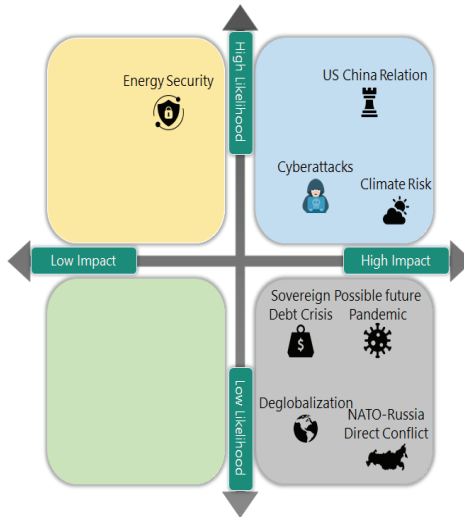
Sumber: Goldman Sachs Global Investment Research (2022)

⁴ <https://www.reuters.com/business/energy/opec-sec-gen-iea-should-be-very-careful-about-undermining-key-oil-investments-2023-04-27/>

Dalam hal penambangan, pengolahan, dan manufaktur mineral penting, Tiongkok memiliki posisi yang kuat. Secara global, Tiongkok menguasai 85%-90% pengolahan logam unsur tanah jarang, 68% pemurnian kobalt, 65% nikel, dan 60% litium dengan kualitas yang dibutuhkan untuk baterai kendaraan listrik. Sebanyak 75% dari baterai dan sebagian besar kendaraan listrik global diproduksi di Tiongkok. Situasi ini juga yang menjadi salah satu penyebab

terjadinya *reshoring* di beberapa negara, terutama AS yang berseberangan dengan Tiongkok secara geopolitik.

Terkait risiko geopolitik ke depan, S&P Global pada tahun 2023 telah merilis beberapa risiko utama geopolitik, yaitu keamanan energi, deglobalisasi, konflik NATO-Rusia, krisis utang, ancaman pandemi di masa mendatang, perubahan iklim, serangan siber (*cyber-attack*), dan ketegangan hubungan AS-Tiongkok.



Gambar 1. 2 Peringkat Teratas Geopolitik 2023
 Sumber: S&P Global (2023)

Di tengah ketidakpastian geopolitik global, Indonesia bersama dengan negara-negara ASEAN dapat memainkan peranan strategis dalam meningkatkan ketahanan energi-ekonomi secara regional, sekaligus mempercepat

transisi energi. Peningkatan kerja sama dalam pembiayaan infrastruktur, transformasi ekonomi, dan transisi energi akan mendorong aliran investasi dan perdagangan di kawasan ASEAN.



Bab II

PERKEMBANGAN TEKNOLOGI DAN KONDISI ENERGI INDONESIA



II.1 Perkembangan Teknologi

II.1.1 Nuklir SMR

Sejalan dengan pelaksanaan komitmen transisi energi menuju ke energi bersih rendah karbon, pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan (EBET) terus meningkat. Sebagian besar sumber EBET yang dimanfaatkan ini berasal dari alam, seperti energi angin, surya, air, dan panas bumi. Sumber EBET alam ini pada kenyataannya bersifat intermiten dan memiliki ketergantungan pada alam, misalnya ketergantungan pada musim dan cuaca, seperti pada energi surya dan angin. Dengan adanya ketergantungan ini, diperlukan adanya energi baru lainnya yang dapat menggantikan energi fosil

sekaligus menopang transisi energi, salah satunya adalah energi nuklir.

Energi nuklir termasuk ke dalam jenis energi baru dalam EBET yang pemanfaatannya belum dapat dirasakan secara masif sehingga sebagian besar masyarakat belum mengetahui secara luas energi nuklir ini. Saat ini pemanfaatan nuklir masih terbatas di negara-negara maju, seperti Jerman, Perancis, Tiongkok, dan Jepang. Dalam praktiknya, negara-negara maju tersebut mengimplementasikan energi nuklir melalui pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) dengan teknologi reaktor nuklir yang berbeda-beda. Adapun beberapa tipe reaktor nuklir yang umum digunakan antara lain adalah *pressurized water reactor* (PWR), *pressurized heavy-water reactor* (PHWR), dan *fast breeder reactor* (FBR) (PRIS, 2022).

Tabel 2.1 Beberapa Tipe dan Karakteristik Reaktor Nuklir

Sumber: PRIS (2022) (diolah)

Reactor Type	Reactor Type Descriptive Name	Total Net Electrical Capacity (MWe)
HTGR	High Temperature Gas cooled Reactor	200
FBR	Fast Breeder Reactor	1.400
GCR	Gas Cooled, graphite moderated Reactor	4.685
LWGR	Light-Water cooled, Graphite moderated Reactor	7.433
PHWR	Pressurized Heavy-Water moderated and cooled Reactor	24.314

Reactor Type	Reactor Type Descriptive Name	Total Net Electrical Capacity (MWe)
PWR	Pressurized light-Water moderated and cooled Reactor	291.723
BWR	Boiling light-Water cooled and moderated Reactor	53.041
SMR	Small Medium Reactor	300

Setiap reaktor memiliki karakteristik, kapasitas, kelebihan, dan kekurangan yang berbeda. Sesuai dengan perkembangan teknologi, saat ini tengah dikembangkan reaktor baru dengan teknologi terkini yang menarik

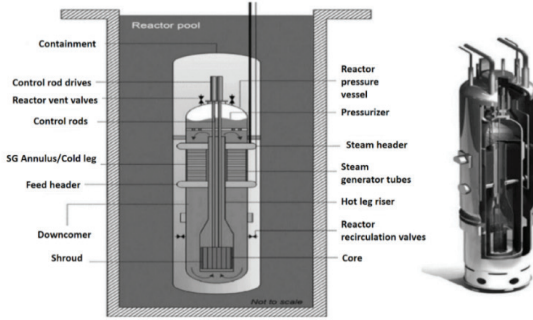
perhatian dunia, yaitu *small medium reactor* (SMR). Reaktor SMR merupakan reaktor nuklir generasi ke-4 yang telah banyak dimanfaatkan pada PLTN negara-negara di dunia, yang tersebar hampir di semua benua.



Gambar 2.1 Negara-negara Dunia Pengembang SMR
 Sumber: IAEA (diolah)

Menurut Badan Energi Atom Internasional atau International Atomic Energy Agency (IAEA) sebagaimana dikutip oleh Warstek Media, SMR merupakan reaktor daya rendah yang memiliki daya *output* maksimum sebesar 300

MWe. Bentuk reaktor ini lebih kecil dibandingkan dengan reaktor konvensional pada umumnya sehingga lebih fleksibel dalam pengoperasiannya. Adapun desain reaktor SMR dimaksud adalah sebagai berikut.



Gambar 2.2 Desain Teknologi SMR
 Sumber: Warstek Media

Simplifikasi desain SMR sebagai pembangkit daya dianggap lebih unggul dibandingkan dengan pembangkit energi lainnya. Selain desainnya yang lebih kecil, SMR juga memiliki banyak kelebihan lain, seperti waktu pembangunan

yang lebih singkat, biaya pemeliharaan operasional reaktor yang lebih murah, tahan lama, dan pengoperasiannya lebih mudah (*user friendly*). Selengkapnya dapat disimak pada gambar berikut ini.

	<p>Economic</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lower Upfront capital cost - Economy of serial production 		<p>Smaller footprint</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduced Emergency planning zone
	<p>Modularization</p> <ul style="list-style-type: none"> - Multi-module - Modular Construction 		<p>Replacement for aging fossil-fired plants</p>
	<p>Flexible Application</p> <ul style="list-style-type: none"> - Remote regions - Small grids 		<p>Potential Hybrid Energy System</p>

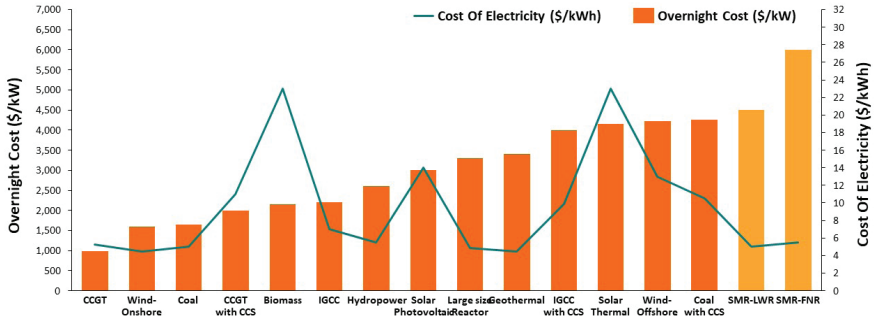
Gambar 2.3 Kelebihan Reaktor SMR
 Sumber: PRIS-IAEA (diolah)

Dari segi fleksibilitas daya, SMR juga dapat disesuaikan dengan kebutuhan, yaitu apabila daya listrik yang dibutuhkan pada suatu wilayah lebih banyak daripada yang tersedia, pasokan daya dari SMR dapat ditingkatkan dengan menambah modul daya pada sistem reaktor yang sama. Kemudian, dari sisi

biaya, teknologi SMR dirancang berdaya rendah sehingga biaya per kWh-nya tergolong rendah jika dibandingkan dengan beberapa reaktor konvensional. SMR memiliki biaya per kWh yang bersaing dengan harga dari reaktor konvensional, termasuk pembangkit daya geotermal. Perbandingan biaya *overnight*

cost¹ (biaya proyek konstruksi jika tidak ada bunga yang dikeluarkan selama konstruksi) dan biaya

produksi listrik (*cost of electricity*) dari pembangkit daya lainnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.4 Perbandingan Biaya Listrik dari Berbagai Pembangkit
 Sumber: Warstek Media (diolah)

Berdasarkan kelebihan dan keandalannya itu, SMR sangat cocok diimplementasikan pada negara-negara di kawasan Asia Tenggara yang memiliki ciri geografis yang khas, seperti Indonesia. Secara geografis, Indonesia merupakan negara kepulauan dan maritim yang terdiri dari banyak pulau dan wilayah terpencil sehingga sangat tepat jika SMR dibangun sebagai sumber energi listrik untuk daerah-daerah pelosok/terpencil, terutama yang jauh dari jaringan listrik. Selain itu, dalam lingkup maritim, juga dapat digunakan di kapal sebagai sumber tenaga kapal induk/kapal selam. Oleh karena itu, dalam prospek ke depan, SMR dapat

menjadi solusi alternatif awal dalam pengembangan energi nuklir di Indonesia, termasuk dalam mengatasi masalah jaringan listrik di daerah terpencil.

11.1.2 Hidrogen

Upaya dekarbonisasi pada sektor-sektor yang *hard-to-abate*, seperti industri berat dan transportasi jarak jauh, tidak dapat dicapai hanya dengan mengandalkan listrik terbarukan. Salah satu solusi yang telah diakui banyak negara di dunia untuk melengkapi dekarbonisasi tersebut adalah pengembangan hidrogen. Dengan melimpahnya potensi energi terbarukan yang dimiliki, tetapi utilitasnya masih rendah, peluang mengembangkan industri hidrogen di Indonesia masih

¹ <https://world-nuclear.org/information-library/economic-aspects/economics-of-nuclear-power.aspx>.

sangat menjanjikan. Potensi EBET sebesar 3.689 GW berpotensi menghasilkan hidrogen hijau, cadangan gas alam terbukti sebesar 41,62 TCF berpotensi menghasilkan hidrogen biru, dan cadangan batubara sebesar 38,84 miliar ton berpotensi menghasilkan hidrogen coklat (KESDM, 2023).

Hidrogen dapat digunakan sebagai sumber energi, penyimpanan energi, pembawa energi, hingga digunakan untuk keperluan infrastruktur. Hidrogen juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan amonia dan sumber energi untuk *fuel cell*. Saat ini sejumlah negara telah berinvestasi pada energi hidrogen, seperti Jepang, Jerman, Amerika Serikat (AS), Australia, Uni Eropa, Arab Saudi, dan Portugal. Pemerintah Jerman mendukung penggunaan hidrogen sebagai bahan bakar alternatif bersih dengan meluncurkan kereta penumpang bertenaga hidrogen pertama di dunia pada Agustus 2022. Awal Juli 2021, Estonia mengoperasikan bus otonom bertenaga hidrogen pertama di dunia. NEOM Green Hydrogen Company dari Arab Saudi akan membangun fasilitas produksi hidrogen senilai 8,4 miliar dolar AS. Pabrik tersebut akan memproduksi hidrogen bebas karbon sebanyak 600 ton per hari pada akhir 2026 menggunakan 4 GW energi surya.

Pada akhir 2020, Jepang dan Australia meluncurkan proyek bersama bernama Rantai Pasok Energi Hidrogen (*The Hydrogen Energy Supply Chain/HESC*). Proyek percontohan senilai 500 juta dolar Australia yang berlokasi di Lembah Latrobe ini berupaya mendemonstrasikan rantai pasok hidrogen terintegrasi yang mencakup produksi, penyimpanan, dan transportasi pengiriman hidrogen cair ke Jepang dengan target komersial hidrogen cair 225.000 ton per tahun pada tahun 2030 (HyResource, 2022). Departemen Energi AS juga mengumumkan pendanaan senilai 48 juta dolar AS untuk 16 proyek penelitian, pengembangan, dan demonstrasi teknologi hidrogen ramah lingkungan di 13 negara bagian (DOE, 2023).

Saat ini sekitar 0,8 MTPA pasokan hidrogen bersih sudah beroperasi di seluruh dunia. Sebagian besar kapasitas operasional terdapat di Amerika Utara, dengan Tiongkok sebagai pasar terbesar untuk proyek hidrogen hijau yang sudah beroperasi. Sebanyak 3 MTPA kapasitas hidrogen bersih telah melampaui *final investment decision* (FID), termasuk operasional sebesar 0,8 MTPA, dengan Amerika Utara menyumbang 70% dari volume yang berkomitmen (sebagian besar adalah hidrogen rendah

karbon). Lebih dari 9 GW kapasitas elektrolisis telah dinyatakan FID, dengan Tiongkok berkontribusi sekitar 40% dari kapasitas yang sudah menjadi komitmen untuk dilaksanakan (Hydrogen Council, 2023).

Permintaan hidrogen secara global diperkirakan akan tumbuh dari 93 MTPA pada tahun 2025 menjadi 380 MTPA pada tahun 2050, dengan Asia menyumbang 50% dari pertumbuhan global. Dari proyeksi kebutuhan sebesar 93 MTPA tersebut, lebih dari 95% kebutuhan hidrogen pada tahun 2025 berasal dari kilang (*refinery*) dan industri kimia, sedangkan sisanya berasal dari sektor transportasi dan industri baja. Namun, seiring dengan kemajuan teknologi hidrogen hijau, kebutuhan hidrogen untuk *refinery* dan industri kimia pada tahun 2050 turun menjadi 40%, sedangkan 60% lainnya dari transportasi, diikuti oleh sektor industri dan bangunan, industri baja, dan pembangkit listrik (McKinsey, 2022).

Hidrogen telah dimanfaatkan di Indonesia dalam sektor industri, terutama sebagai bahan baku pupuk. Konsumsi hidrogen di Indonesia saat ini sekitar 1,75 juta ton per tahun, dengan pemanfaatan terbesar untuk urea (88%), diikuti amonia (4%), dan kilang minyak (2%).

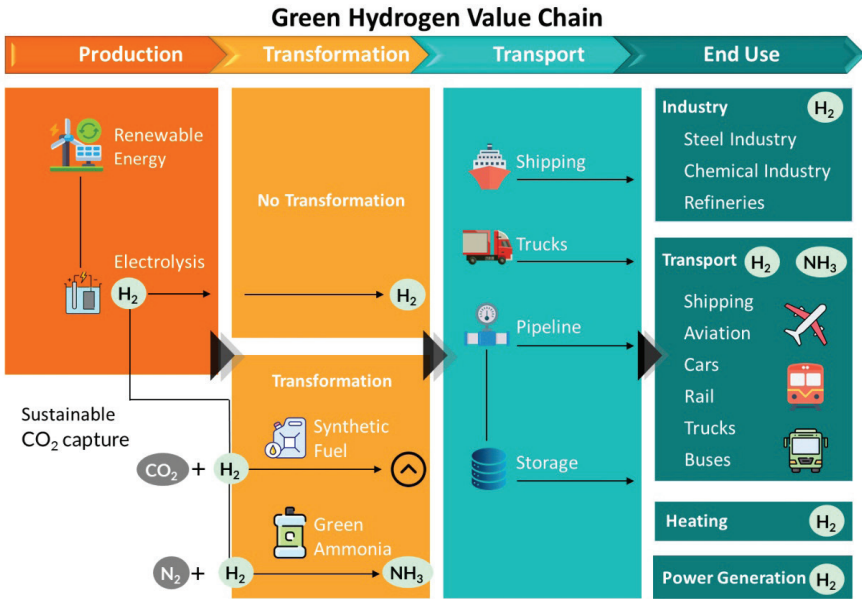
Dengan potensi sumber daya energi terbarukan yang melimpah dan posisi sebagai negara yang berada pada jalur perdagangan internasional, Indonesia memiliki potensi menjadi *hub* hidrogen global. Pertamina Power Indonesia (Pertamina NRE) bersama Keppel New Energy Pte. Ltd., dan Chevron New Energies International Pte. Ltd. telah menandatangani *joint study agreement* (JSA) pada acara Business 20 (B20) Investment Forum pada November 2022 di Bali. JSA tersebut bertujuan untuk mengeksplorasi proyek pengembangan hidrogen hijau dan amonia hijau tertentu, dengan menggunakan energi terbarukan yang lokasinya berada di Sumatera (CNBC Indonesia, 2022).

Pada Agustus 2023, PT PLN (Persero) dan PT Pupuk Iskandar Muda, bersama Augustus Global Investment (AGI), menyepakati nota kesepahaman terkait investasi produksi hidrogen hijau di Indonesia. AGI berencana membangun pabrik produksi (*production plant*) hidrogen hijau berkapasitas produksi 35.000 ton per tahun dengan kebutuhan lahan 50 ha. Proyek tersebut akan berlokasi di Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Arun Lhokseumawe, Aceh (Bisnis.com, 2023).

Sebagai kelanjutan dari dokumen strategi hidrogen nasional, saat ini Kementerian

Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) sedang menyusun dokumen peta jalan nasional hidrogen dan amonia yang berisi rencana penerapan hidrogen di

Indonesia hingga tahun 2060, yang mencakup regulasi, standar, infrastruktur, teknologi, pasokan-permintaan, dan regulasi terkait lainnya.



Gambar 2.5 Produksi Hidrogen Hijau, Konversi dan Penggunaan Akhir di Sistem Energi
 Sumber: IRENA (2021)

Tantangan utama untuk mempercepat pengembangan hidrogen, antara lain, pasokan hidrogen saat ini masih didominasi batubara dan gas alam, biaya produksi hidrogen hijau masih belum kompetitif, keterbatasan infrastruktur (transportasi, penyimpanan, distribusi), penguasaan teknologi, keterbatasan akses terhadap investasi dan pembiayaan, serta perlunya dukungan kebijakan dan regulasi

sehingga pengembangan hidrogen menjadi layak (*feasible*) secara komersial. Untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan langkah-langkah strategis, seperti menyiapkan peraturan dan peta jalan untuk hidrogen hijau, mengembangkan sumber energi baru dan energi terbarukan untuk menurunkan harga listrik dan teknologi *electrolyzer* di dalam negeri, mendorong produksi

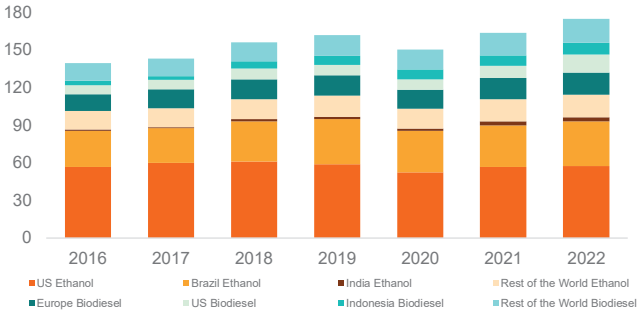
hidrogen dari EBET secara bertahap, membangun infrastruktur terintegrasi untuk mendukung penggunaan hidrogen di sektor industri dan transportasi, serta kolaborasi antarpemangku kepentingan untuk menyediakan skema pembiayaan yang inovatif. Selain itu, pengembangan hidrogen harus dilengkapi dengan adanya prioritas kebijakan, seperti pengembangan pasar domestik, infrastruktur hidrogen terintegrasi, dekarbonisasi aplikasi mobilitas dengan hidrogen, pasar hidrogen global, dan dekarbonisasi di sektor industri.

Proyek energi terbarukan dan gas di Indonesia membuka peluang dalam produksi hidrogen di masa mendatang. Beberapa proyek dari industri sudah melaksanakan prastudi kelayakan teknologi hidrogen di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Jawa, Sumba, Nusa Tenggara Timur, dan Papua. Merujuk pada tingkat biaya produksi hidrogen dari listrik energi terbarukan, biaya produksi hidrogen ramah lingkungan masih belum kompetitif. Meskipun demikian, seiring dengan peningkatan efisiensi biaya akibat kemajuan teknologi, hidrogen biru diprediksi dapat menjadi lebih ekonomis dalam jangka menengah 2030–2040, dan hidrogen hijau diprediksi akan menjadi kompetitif setelah tahun 2040.

11.1.3 *Biofuel* (Bahan Bakar Nabati/BBN)

Biofuel atau bahan bakar nabati (BBN) memainkan peran yang sangat penting dalam dekarbonisasi transportasi dengan menyediakan solusi rendah karbon untuk kendaraan, seperti kendaraan roda dua, kendaraan roda empat, kapal laut, dan pesawat terbang. Secara garis besar, *biofuel* adalah bahan bakar dari biomassa atau materi yang berasal dari tumbuhan dan hewan. Terdapat beberapa mekanisme untuk memproduksi *biofuel*, tergantung dari jenisnya masing-masing, salah satunya adalah bioetanol yang diproduksi dengan cara fermentasi jagung atau tebu, sedangkan untuk biodiesel menggunakan minyak sawit mentah (*crude palm oil*) melalui proses transesterifikasi, yang secara kimia bereaksi dengan alkohol.

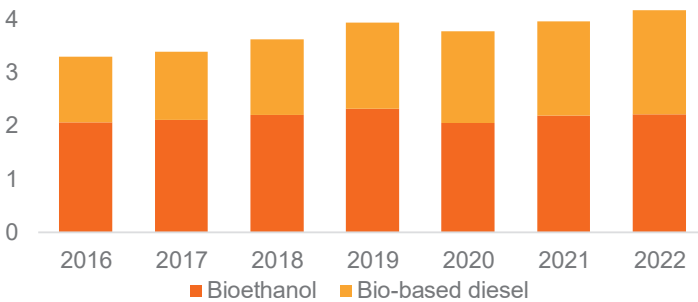
Produksi *biofuel* global pada tahun 2022 mencapai 174 juta KL atau naik 7% dibandingkan dengan 162 juta KL pada tahun 2021, yang terdiri dari 114 juta KL bioetanol dan 60 juta KL biodiesel. Berdasarkan wilayahnya, produksi bioetanol didominasi oleh AS, Brasil, dan India, sedangkan produksi biodiesel didominasi oleh Eropa, AS, dan Indonesia (IEA, 2022).



Gambar 2.6 Produksi Biofuel Global (miliar liter)
 Sumber: IEA (2022)

Tren penggunaan *biofuel* global terus meningkat, salah satunya didorong oleh penggunaan *biofuel* yang menghasilkan emisi yang lebih rendah daripada penggunaan bahan bakar fosil. Penggunaan *biofuel* telah meningkat hampir 6% per tahun selama lima tahun terakhir, kecuali pada tahun 2020 sebagai dampak dari pandemi Covid-19. Bahkan,

permintaan *biofuel* pada tahun 2022 mencapai rekor tertinggi sebesar 4,3 EJ (170.000 juta liter), melampaui tingkat yang terlihat pada tahun 2019 sebelum pandemi. Dalam skenario emisi nol bersih (NZE), kontribusi *biofuel* untuk transportasi meningkat menjadi 9% pada tahun 2030 atau dua kali lipat dibandingkan dengan tahun 2022 (IEA, 2023).



Gambar 2.7 Permintaan Biofuel Global Sektor Transportasi pada skenario NZE IEA (EJ)
 Sumber: IEA (2022)

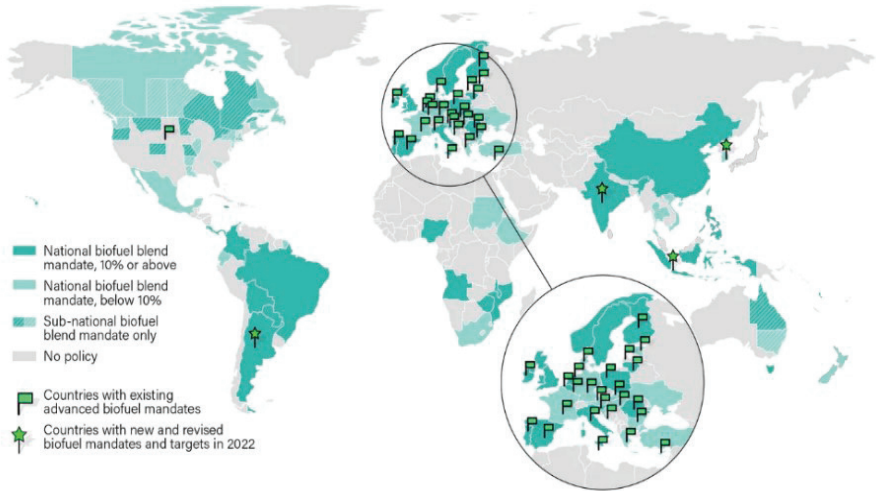
Hampir di seluruh dunia, mandat pencampuran *biofuel* menjadi kebijakan paling umum untuk memajukan bahan bakar

terbarukan di bidang transportasi. Pada tahun 2022, sebanyak 56 negara telah menerbitkan regulasi pencampuran *biofuel* dan beberapa

di antaranya memperbarui kebijakannya. Terdapat empat negara, yaitu Argentina, India, Indonesia, dan Korea Selatan, yang meningkatkan mandatori pencampuran atau target *biofuel*-nya pada tahun 2022.

India mencoba mengurangi ketergantungannya pada minyak impor sehingga mengubah

kebijakan *biofuel* nasionalnya dengan meningkatkan campuran etanol dalam bensin menjadi 20% pada tahun 2025-2026, lima tahun lebih cepat dari rencana sebelumnya. Selain itu, Korea Selatan menaikkan mandat campuran *biofuel* untuk transportasi jalan dari 3% menjadi 3,5% (REN21, 2023).



Gambar 2.8 Kebijakan *Biofuel* Global

Sumber: REN21 (2023)

Di Indonesia, pemanfaatan *biofuel* merupakan salah satu strategi yang didorong pemerintah, dengan adanya kebijakan pengurangan impor *gasoline* dan terbitnya Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 40 Tahun 2023 tentang Percepatan Swasembada Gula Nasional dan Penyediaan Bioetanol sebagai

Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*). Merujuk pada perpres tersebut, peta jalan (*roadmap*) percepatan swasembada gula pada tahun 2028-2030, antara lain, adalah penambahan lahan tebu seluas 700.000 ha, kapasitas produksi etanol 1.200.000 KL/tahun pada tahun 2028 untuk kebutuhan konsumsi dan tahun 2030

untuk kebutuhan industri, serta peningkatan rendemen² 11,2%.

Sejalan dengan regulasi tersebut, pada tahun 2023 pemerintah melalui Pertamina telah mengambil langkah untuk mengimplementasikan bahan bakar minyak (BBM) Pertamina Green 95 merujuk pada Surat Dirjen Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi Nomor B-1348/EK.05/DJE.B/2023 tanggal 30 Maret 2023 perihal Implementasi E5 di TBBM Integrated Terminal Surabaya milik PT Pertamina Patra Niaga (PT PPN). Pertamina melalui PT PPN telah menjual Pertamina Green 95 di 10 SPBU di Surabaya dan 5 SPBU di Jakarta, dan ke depan akan terus meluas.

Selain itu, *biofuel* jenis *sustainable aviation fuel* (SAF) juga memiliki potensi yang perlu dipertimbangkan. SAF adalah bahan bakar cair yang secara signifikan dapat mengurangi emisi CO₂ dalam penerbangan komersial. Ke depan, pencapaian target NZE di industri penerbangan difokuskan melalui penggunaan SAF.

Saat ini, 38 maskapai penerbangan terkemuka di dunia telah berkomitmen untuk mencapai NZE pada tahun 2050 atau lebih awal. Hampir 30

negara telah menetapkan target penerapan SAF yang salah satunya adalah pencapaian 10% konsumsi bahan bakar penerbangan dengan SAF pada 2030 (BNEF, 2023).

Namun, kendala saat ini adalah terdapat *gap* yang cukup besar antara harga jual avtur dan SAF, yang memengaruhi biaya operasional penerbangan yang berdampak terhadap harga tiket dan daya beli masyarakat, belum lagi ditambah dengan kendala keterbatasan pasokan ke depan yang berpotensi menghambat pertumbuhan jangka panjang. Berdasarkan data Asosiasi Pengangkutan Udara Internasional (IATA), terdapat 57 perjanjian *offtake* SAF sejak 2022, serta 30 juta liter produksi SAF pada tahun 2022.

11.1.4 CCS/CCUS

Untuk mencapai target iklim, teknologi *carbon capture storage/carbon capture utilization and storage* (CCS/CCUS) memiliki peranan yang sangat penting. Aplikasi teknologi CCS/CCUS tidak hanya diharapkan dapat mengurangi emisi secara langsung pada sektor tertentu, tetapi juga diharapkan dapat menghilangkan CO₂ dari atmosfer, baik dengan menangkap CO₂ di udara secara langsung (*direct air capture*)

² Rendemen adalah jumlah metil ester (biodiesel) yang dihasilkan pada proses reaksi per bahan baku yang digunakan.

maupundenganmengombinasikan CCS/CCUS dengan *bioenergy* (BECCS) untuk selanjutnya disimpan (IEA, 2020).

Saat ini terdapat 20 implementasi teknologi CCS/CCUS yang telah beroperasi secara komersial di seluruh dunia,

dan tidak kurang dari 30 rencana fasilitas CCS/CCUS baru yang telah diumumkan pada beberapa tahun terakhir. Beberapa proyek saat ini telah mencapai *final investment decision* (FID) dengan melibatkan investasi sekitar 27 miliar dolar AS (IEA, 2020).

Tabel 2.2 Proyek CCUS Skala Besar yang Telah Beroperasi secara Komersial pada 2020

Sumber: IEA (2020)

Negara	Proyek	Tahun Operasi	Sumber CO ₂	Kapasitas Penangkapan CO ₂ (Mt/Year)	Jenis Penyimpanan Primer
AS	Terrel Natural Gas Plants (sebelumnya Val Verde)	1972	Pemrosesan Gas Bumi	0,5	EOR
AS	Enid Fertiliser	1982	Produksi Pupuk	0,7	EOR
AS	Fasilitas Processing Gas Shute Creek	1986	Pemrosesan Gas Bumi	7,0	EOR
Norwegia	Proyek Fasilitas Penyimpanan CO ₂ Sleipner	1996	Pemrosesan Gas Bumi	1,0	<i>Dedicated</i>
AS/ Kanada	Great Plains Synfuels (Weyburn/ Midale)	2000	Gas sintetis	3,0	EOR

Berikut ini adalah beberapa contoh peran teknologi CCS/CCUS di sektor energi (IEA, 2020):

1. Menangani emisi dari infra-strukturenergiyangada.CCS/CCUS dapat ditambahkan sebagai fitur baru pada infrastruktur seperti pabrik atau pembangkit listrik.

2. Sebagai solusi bagi beberapa sektor yang emisinya sulit dikurangi (*hard-to-abate*). Industri berat berkontribusi terhadap hampir 20% dari emisi CO₂ global saat ini. CCS/CCUS merupakan satu-satunya teknologi saat ini yang dapat menjadi solusi

atas pengurangan emisi *hard-to-abate* seperti pada proses produksi semen, besi, dan baja, serta beberapa industri kimia lainnya, termasuk proses produksi bahan bakar sintesis untuk kebutuhan transportasi jarak jauh, terutama sektor penerbangan. Saat ini fasilitas CCUS pada industri *hard-to-abate* masih dalam tahap awal pengembangan dan tidak banyak alternatif solusi untuk menangani emisi.

3. Teknologi CCS dapat mendukung pengembangan dan percepatan penerapan teknologi hidrogen rendah karbon. CCS dapat mendukung proses produksi hidrogen berbasis energi fosil, dengan menangkap dan menyimpan emisi karbon yang dihasilkan dari proses produksi tersebut.
4. Menghilangkan emisi karbon pada atmosfer, khususnya untuk sektor yang emisinya tidak dapat dikurangi atau dihindari. Teknologi CCS/CCUS dapat digunakan untuk menghilangkan CO₂ dari atmosfer, antara lain dengan mengombinasikan CCS dengan *bioenergy* atau disebut dengan BECCS. Contoh aplikasi BECCS adalah penggunaan CCS untuk menangkap dan menyimpan CO₂ pada pembangkit berbasis biomassa.

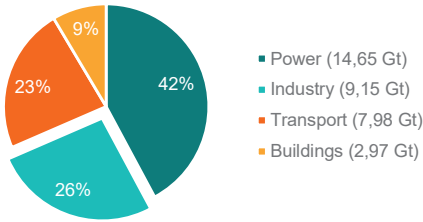
Implementasi CCS/CCUS di sektor energi saat ini masih memerlukan berbagai dukungan dari faktor teknologi ataupun kebijakan. Berikut adalah beberapa contoh dukungan yang dapat mendorong penerapan CCS/CCUS ke depan (IEA, 2020):

1. Menciptakan kondisi iklim investasi hijau yang kondusif dan menerapkan nilai ekonomi karbon.
2. Mengembangkan CCS *hub* yang dapat memanfaatkan infrastruktur dengan mekanisme akses terbuka atau *open access* untuk meningkatkan skala ekonomi dan keekonomian.
3. Melakukan identifikasi dan mendorong pengembangan penyimpanan (*storage*) CO₂ pada wilayah-wilayah tertentu yang dekat dengan sumber utama emisi.
4. Mendorong inovasi teknologi CCS untuk mengurangi biaya dan menjadikan teknologi CCS lebih layak (*feasible*) secara komersial.
5. Mengembangkan sistem CCUS dengan memanfaatkan CO₂ untuk meningkatkan produksi migas.

II.1.5 Kendaraan Listrik

Berdasarkan data IEA (2022), tercatat emisi dari sektor transportasi menyumbang sekitar

23% emisi CO₂ secara global atau tepatnya sebesar 7,98 Gt.

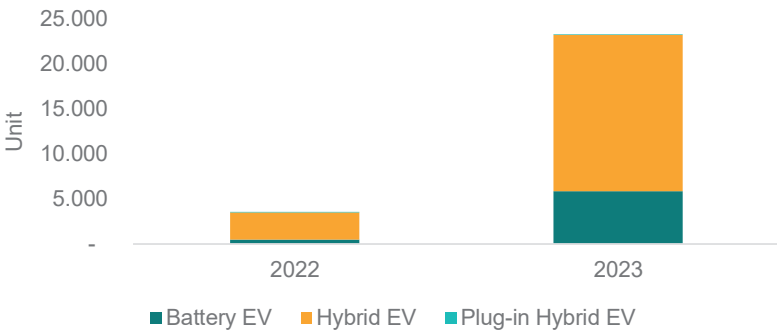


Gambar 2.9 Emisi CO₂ Global Berdasarkan Sektor Tahun 2022
 Sumber: IEA (2022)

Secara global, kendaraan listrik dipandang sebagai salah satu teknologi kunci untuk mendekarbonisasi sektor transportasi, terutama jalan raya. Di Indonesia, pemerintah memiliki target penetrasi kendaraan listrik pada

tahun 2025 sebanyak 2.200 untuk mobil listrik, 711.900 unit untuk mobil hibrida, dan 2.130.000 unit untuk motor listrik, sedangkan untuk tahun 2050 mencapai 4.200.000 unit untuk mobil listrik, 8.050.000 unit untuk mobil hibrida, dan 13.300.000 unit untuk motor listrik (Rencana Umum Energi Nasional, 2017).

Secara nasional, dalam beberapa tahun terakhir penjualan kendaraan listrik mengalami peningkatan. Untuk kendaraan listrik roda empat, pada semester I-2023 telah menembus penjualan 23.260 unit atau naik 557,99% dibandingkan dengan 3.535 unit pada periode yang sama tahun 2022 (Gaikindo, 2023).



Gambar 2.10 Penjualan Kendaraan Roda Empat Listrik pada Semester I 2022 dan 2023 di Indonesia
 Sumber: Gaikindo (2023)

Namun, perlu diperhatikan bahwa kendaraan listrik belum menjadi fenomena global, khususnya di negara berkembang, karena harga kendaraan listrik

yang relatif mahal dan kurangnya infrastruktur pengisian daya listrik. Untuk itu, diperlukan stimulus dari pemerintah dalam bentuk ekosistem dan kebijakan yang

mendukung adopsi kendaraan listrik (IEA, 2023).

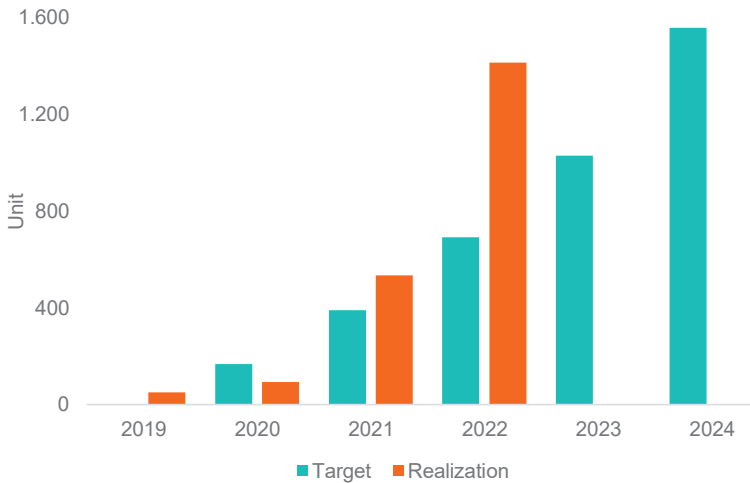
Pemerintah Indonesia telah menerbitkan Peraturan Menteri Keuangan (PMK) Nomor 38 Tahun 2023 tentang Pajak Pertambahan Nilai atas Penyerahan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai Roda Empat Tertentu dan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai Bus Tertentu yang Ditanggung Pemerintah Tahun Anggaran 2023 (PMK PPN DTP Kendaraan Listrik) untuk meningkatkan penggunaan kendaraan listrik, baik roda dua, roda empat, maupun bus, yang mulai berlaku masa pajak April 2023 sampai dengan masa pajak Desember 2023 untuk tahun anggaran 2023. Dalam PMK tersebut dijelaskan bahwa PPN yang terutang atas penyerahan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai roda empat tertentu dan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai bus tertentu sebesar 11% dari harga jual, dan PPN yang ditanggung pemerintah atas penyerahan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai roda empat tertentu dan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai bus tertentu yang memenuhi kriteria nilai tingkat komponen dalam negeri (TKDN) sebagaimana dimaksud sebesar 10% dari harga jual yang diberikan untuk masa pajak April 2023 sampai dengan Desember 2023.

Pemerintah juga berfokus dalam program konversi kendaraan listrik yang diatur dalam Peraturan Menteri ESDM Nomor 3 Tahun 2023. Dalam Pasal 2 peraturan menteri tersebut dinyatakan bahwa penerima bantuan merupakan perseorangan dan menerima bantuan melalui bengkel konversi yang sudah mendapat sertifikat sebagai bengkel konversi yang diterbitkan oleh Kementerian Perhubungan.

Dalam pasal selanjutnya, Pasal 3 Ayat 3 dan 4, dijelaskan biaya konversi ditentukan maksimal Rp17 juta untuk sepeda motor listrik dengan kapasitas mesin 110 cc dan nilai potongan konversi yang diberikan sebesar Rp7 juta. Bantuan konversi sepeda motor listrik untuk tahun anggaran 2023 ditentukan paling banyak 50.000 sepeda motor listrik dan tahun anggaran 2024 dipatok sebanyak 150.000 sepeda motor listrik, dengan ketentuan besaran jumlah sepeda motor listrik yang dapat dikonversi akan dilakukan *review* dan evaluasi setiap tahun (KESDM, 2023). Peraturan Menteri ESDM dan PMK tersebut sejalan dengan peta jalan percepatan kendaraan listrik berbasis baterai dan mengacu pada Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019, insentif PPN DTP diberikan terhadap mobil listrik dan bus listrik dengan kriteria nilai TKDN tertentu.

Dari sisi infrastruktur, pada akhir tahun 2019 sudah terbangun 50 unit infrastruktur pengisian daya listrik untuk kendaraan listrik di Indonesia. Angka ini meningkat pesat menjadi 1.415 unit pada akhir

tahun 2022. Setidaknya sampai dengan akhir tahun 2022, realisasi dibandingkan dengan target jumlah infrastruktur pengisian daya listrik untuk kendaraan listrik di Indonesia telah mencapai 204,18%.



Gambar 2.11 Jumlah Infrastruktur Pengisian Listrik untuk Kendaraan Listrik di Indonesia (Kumulatif, Termasuk SPKLU, SPBKLU dan *Private Charging Station*)
 Sumber: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan KESDM (2023)

Dalam pengembangan infrastruktur pengisian listrik untuk kendaraan listrik, pemerintah mensyaratkan tiga poin utama, yaitu standar keselamatan, wajib memenuhi ketentuan keselamatan ketenagalistrikan, sertifikat laik operasi oleh lembaga inspeksi teknik dan kesesuaian standar produk oleh lembaga sertifikasi produk; ketentuan ketenagalistrikan, mudah dijangkau, menyediakan area parkir khusus, dan tidak mengganggu keselamatan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas; dan

tarif ketenagalistrikan mengacu pada peraturan yang berlaku dari Menteri ESDM.

Pada tahun 2023 telah terbit kebijakan baru untuk pengembangan infrastruktur pengisian listrik untuk kendaraan listrik melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 1 Tahun 2023 tentang Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik untuk Kendaraan Listrik Berbasis Baterai. Dalam peraturan tersebut diatur beberapa ketentuan, mengenai jenis teknologi sistem pengisian ulang

pada SPKLU antara lain teknologi *slow charging*, *medium charging*, dan *fast charging*. Lebih lanjut, teknologi pengisian ulang diatur untuk pemetaannya dalam tujuh lokasi, yang meliputi permukiman, perkantoran, mal dan pusat perbelanjaan lainnya, sekitar jalan arteri, *rest area* jalan tol, SPBU, dan lahan parkir/lahan terbuka lainnya. Adapun infrastruktur pengisian daya listrik untuk kendaraan listrik berbasis baterai diatur meliputi (i) fasilitas pengisian ulang yang

paling sedikit terdiri dari peralatan catu daya listrik, sistem kontrol arus, tegangan, dan komunikasi, serta sistem proteksi dan keamanan, dan/atau (ii) fasilitas penukaran baterai.

Selain Indonesia, negara-negara lain, khususnya di Asia, telah menerbitkan regulasi yang cukup maju mengenai kendaraan listrik guna mendorong kepemilikan dan penggunaan kendaraan listrik di negara masing-masing dengan detail sebagai berikut.

Tabel 2.3 Kebijakan Kendaraan Listrik di Asia

Sumber: IESR, McKinsey (2023)

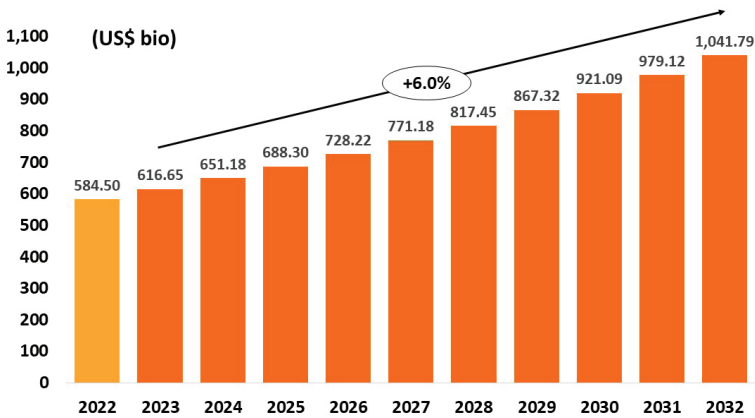
Negara	Target EV	Larangan/Pembatasan/Disinsentif ICEV	Insentif: Tax Exemptions (TE), Tax Reductions (TR) dan/atau Cost Reductions (CR)	Infrastruktur Pengecapan (Unit)
China	100% EV di 2035	larangan ICEV di 2035 (50% EV: 50% hybrid)	CR: US\$1,500 - 3,600 TR: 50% biaya pendaftaran kendaraan TE: US\$1,000 CR: US\$72,000 untuk bus/truk FCEV	1.1 juta di 2022
Singapore	100% kendaraan menggunakan energi bersih di 2040 100% penjualan kendaraan nol emisi di 2030	Larangan ICEV di 2040 penghentian pengeluaran izin mobil diesel pada 2025	CR: USD 34,000 TR: 34% pajak jalan untuk EV 90 - 230kW	3,000 di 2022 60,000 di 2030
South Korea	33.3% EV di 2030 (3.62 juta unit)	Larangan ICEV di 2035	CR: US\$7,867 - 23,601	170,000 di 2022 1.8 juta di 2030

Negara	Target EV	Larangan/ Pembatasan/ Disinsentif ICEV	Insentif: Tax Exemptions (TE), Tax Reductions (TR) dan/atau Cost Reductions (CR)	Infrastruktur Pengecakan (Unit)
India	E4W: 30% di 2030	Larangan ICEV di 2030	CR: masing-masing US\$244 untuk 100,000 E2Ws	1,640 di 2022
	E2W: 40% di 2030		CR: US\$1,800 untuk 35,000 E4Ws CR: US\$158 - 244 untuk HEVs	23,524 di 2030
Thailand	5.4 juta unit di 2030	Larangan ICEV di 2030	CR: US\$2,100 (10 - 30 kWh) - 4.500 (>30 kWh) untuk E4W	2,572 di 2022
	50% dari total EV diproduksi secara domestik di 2030		CR: US\$550 untuk E2W	12,000 di 2030
Malaysia	Tidak ditentukan	Tidak ditentukan	TE: untuk yang sepenuhnya dirakit (2023) dan sepenuhnya dibongkar (2025)	700 di 2022
			TR: US\$590	10,000 di 2025
Vietnam	3.5 juta unit di 2040	Pembatasan sepeda motor di kota-kota utama di 2030	TE: pengecualian biaya pendaftaran sampai 2027	40,000 di 2022
		Biaya pendaftaran ICEV meningkat 50% di 2027		target 150,000
		Larangan ICEV secara nasional di 2050		
Indonesia	E4W: 13 juta unit di 2030	Tidak ditentukan	TE: pajak barang mewah	570 di 2022
	E2W: 2 juta unit di 2030		CR: US\$470 untuk E2W	25,000 di 2030

II.1.6 Petrokimia

Petrokimia merupakan bahan atau produk yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak dan gas bumi (hidrokarbon). Secara umum, proses pengolahan hidrokarbon dalam industri petrokimia dilakukan secara kompleks melalui beberapa tahap, mulai dari pengolahan bahan dasar, produk setengah jadi, hingga produk akhir atau produk jadi. Ditinjau dari kebermanfaatannya, industri ini tergolong sebagai salah satu industri strategis di samping

industri hidrokarbon lainnya. Kebutuhan akan produk petrokimia terus meningkat dari tahun ke tahun sehingga pertumbuhan industrinya pun diproyeksikan akan terus meningkat pada masa yang akan datang. Berdasarkan analisis dan proyeksi dari Precedence Research (2022), tren industri petrokimia global diperkirakan terus meningkat dengan nilai pasar sebesar 1.041,79 miliar dolar AS pada tahun 2032, dengan rerata pertumbuhan atau CAGR pada periode 2023-2032 sebesar 6%.

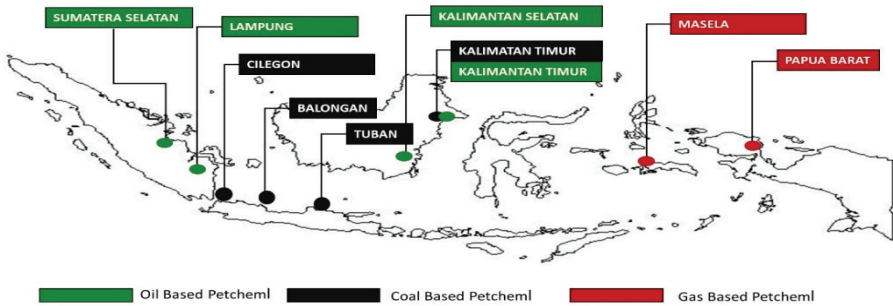


Gambar 2.12 Tren Pertumbuhan *Market Industri Petrokimia Global*

Sumber: *Precedence Research (diolah)*

Secara umum, pasar petrokimia global diproyeksikan akan semakin meningkat dan berkembang ke depan. Pasar petrokimia global tersebut masih didominasi oleh Asia, kemudian Eropa, dan Amerika Utara. Di kawasan Asia, bisnis petrokimia

terpusat di Tiongkok, India, dan beberapa kawasan Asia Tenggara, termasuk Indonesia. Sejalan dengan pertumbuhan global tersebut, industri petrokimia Indonesia juga diproyeksikan akan terus tumbuh dan berkembang.



Gambar 2.13 Kluster Pengembangan Industri Petrokimia Indonesia

Sumber: Inaplas; berbagai sumber (diolah)

Industri petrokimia di Indonesia tersebar hampir di seluruh wilayah dari Sabang sampai Merauke. Persebaran industri petrokimia tersebut mencakup tiga kluster utama, yaitu kluster petrokimia berbasis minyak, gas, dan batubara. Selain itu, dari cakupan kluster tersebut, perusahaan-perusahaan dalam industri ini terdiri atas dua jenis industri, yaitu industri petrokimia hulu yang mengolah bahan dasar menjadi produk setengah jadi, dan sektor hilir yang mengolah produk setengah jadi menjadi produk siap pakai. Beberapa contoh perusahaan petrokimia di sektor industri hulu adalah PT Chandra Asri dan PT Titan Petrokimia Nusantara. Sementara perusahaan petrokimia di sektor industri hilir antara lain adalah Pacific Indomas, Risjad Brasali Styrimdo, PT Lotte Chemical Indonesia (LCI), dan perusahaan lain yang tergabung dalam The Indonesia Olefin,

Aromatic, and Plastic Industry Association (Inaplas).

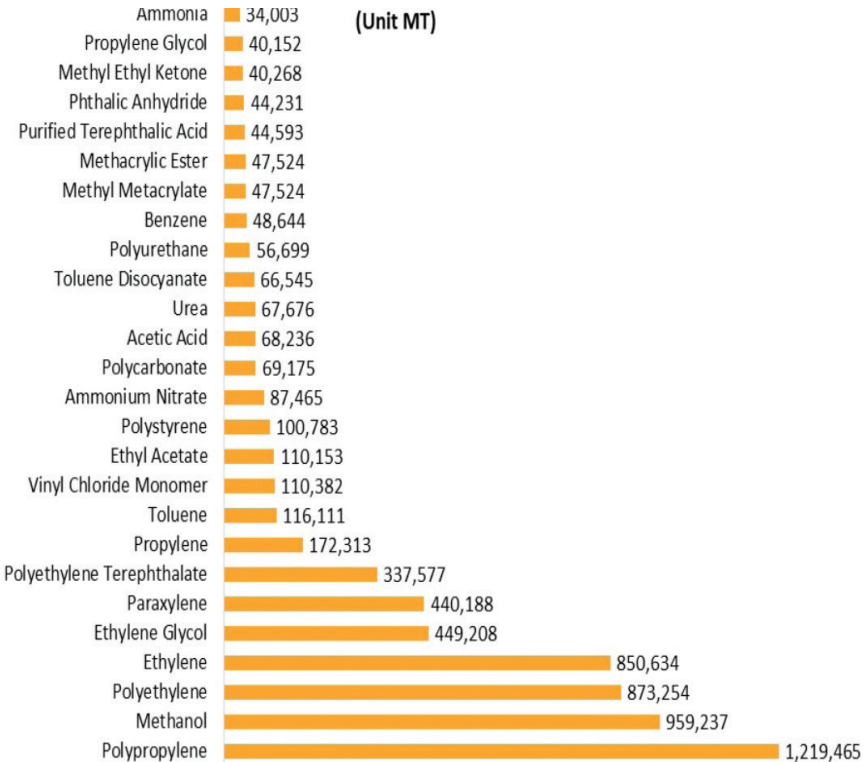
Semakin banyak persebaran industri petrokimia ini akan semakin meningkatkan kebutuhan bahan baku (*feedstock*) produksi setiap perusahaan petrokimia. Setiap perusahaan ini masing-masing memiliki kebutuhan bahan baku yang berbeda. Ada yang diproduksi sendiri, ada yang dipasok dari perusahaan lain serta ada juga yang melalui impor dari luar negeri.

Untuk rantai pasok bahan baku di Indonesia, penyediaan bahan baku bagi perusahaan-perusahaan petrokimia di Indonesia, khususnya pada sektor hilir, salah satunya dipasok dari Pertamina. Selain mendominasi sektor migas, Pertamina juga memiliki bisnis petrokimia di Indonesia. Beberapa di antaranya adalah kilang metanol di Pulau Bunyu, Kalimantan Timur (berbasis minyak dan gas bumi), kilang

purified terephthalic acid (PTA) dan kilang *polypropylene* (Polytam) di Plaju, Sumatera Selatan, serta kilang *paraxylene* dan *benzene* di Cilacap, Jawa Tengah.

Di Indonesia, selain dipenuhi secara domestik, kebutuhan bahan baku petrokimia juga dipenuhi secara impor. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), kebutuhan impor produk petrokimia Indonesia per tahun

2022 masih tergolong cukup tinggi. Saat ini, industri petrokimia Indonesia hanya mampu memenuhi sekitar 30% dari kebutuhan industri hilir dalam negeri sehingga sisanya, sekitar 70%, harus dipenuhi melalui impor. Dari jenis produknya, impor petrokimia Indonesia masih didominasi oleh produk-produk setengah jadi, seperti *polypropylene*, metanol, polietilena, dan etilena.



Gambar 2.14 Volume Impor Produk Petrokima Indonesia 2022

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2022 (diolah)

Secara tren, impor produk petrokimia Indonesia mengalami peningkatan sejak 2015. Sebagai contoh, *polypropylene* masih menjadi produk yang paling banyak diimpor dari tahun ke tahun. Rata-rata peningkatan nilai impornya sebesar 6% per tahun. Hal tersebut menyiratkan adanya peningkatan kebutuhan produk petrokimia dalam negeri, terutama produk dari industri hulu.

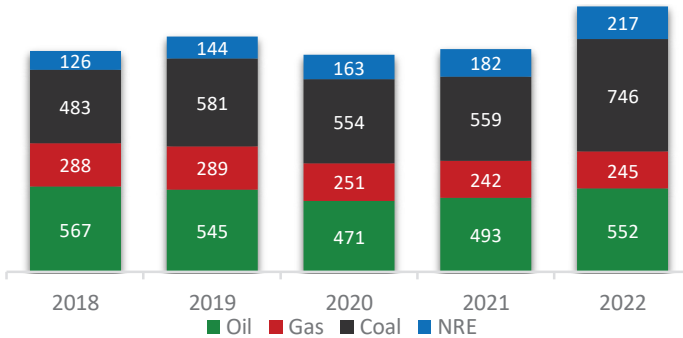
Sementara itu, berdasarkan jenis barang yang diimpor dalam industri petrokimia ini, dapat diidentifikasi sebagai mesin industri, yaitu peralatan semacam keran, katup, dan penggunaan serupa untuk pipa/*boiler*/dan lainnya yang masuk dalam kode *Harmonized System* (HS) 848180 serta impor produk akhir, yaitu artikel plastik dengan kode HS 4011940. Dari sisi volume, impor produk petrokimia Indonesia pada tahun 2022 telah mencapai 6,5 juta ton. Diperkirakan volume impor ini akan terus meningkat pada masa yang akan datang, seiring dengan meningkatnya kebutuhan bahan baku ataupun produk dalam industri petrokimia.

II.2 Kondisi Energi Indonesia

II.2.1 Tren Historis Permintaan Energi Indonesia

II.2.1.1 Bauran Energi Primer

Sesuai data *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia 2022*, konsumsi energi primer Indonesia pada tahun 2022 mencapai 1.759 juta BOE (tidak termasuk biomassa tradisional), meningkat dari 1.559 juta BOE pada tahun 2019 dan 1.465 juta BOE pada tahun 2018. Berdasarkan data tersebut, konsumsi energi primer pada tahun 2022 telah melebihi konsumsi tahun 2019 (sebelum pandemi), yang menunjukkan telah pulihnya aktivitas perekonomian, industri, dan rumah tangga setelah pandemi. Namun, kebutuhan energi primer pada tahun 2022 sebesar 1.759 juta BOE atau setara dengan 257 MTOE masih jauh dari target penyediaan energi primer sesuai dengan yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) sebesar 400 MTOE pada tahun 2025.



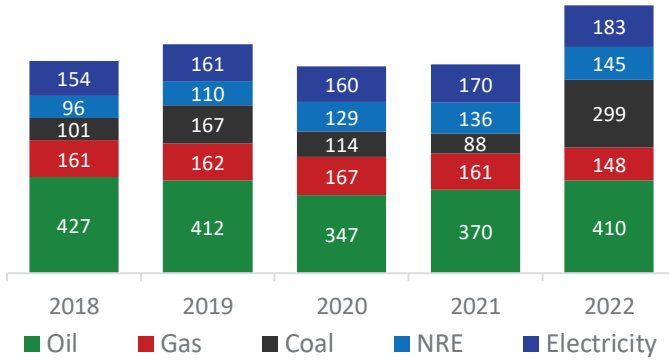
Gambar 2.15 Kebutuhan Energi Primer (juta BOE)
 Sumber: KESDM (2022)

Dalam lima tahun terakhir, energi fosil (minyak, gas, dan batubara) masih mendominasi dan memegang peranan penting dalam penyediaan energi di Indonesia. Dalam periode 2018–2022, batubara berkontribusi rata-rata sebesar 39%, dan kontribusi minyak mencapai 34%. Di sisi lain, porsi EBET hanya sebesar 12% dari total bauran energi primer pada tahun 2022 walaupun pemanfaatannya terus meningkat setiap tahun, dari semula 126 juta BOE pada tahun 2017 menjadi 216 juta BOE pada tahun 2022. Bauran EBET ini masih jauh dari target KEN sebesar 23% pada tahun 2025. Sejumlah hal yang menyebabkan pertumbuhan EBET belum sesuai dengan target KEN antara lain masih adanya *excess power* (kelebihan pasokan) listrik sehingga menghambat pembangunan atau peningkatan kapasitas pembangkit listrik

berbasis EBET, harga listrik dari pembangkit EBET yang belum kompetitif dengan energi fosil, belum terbentuknya ekosistem industri komponen EBET dalam negeri, serta belum tersedianya dukungan pendanaan berbunga rendah bagi industri komponen EBET dalam negeri.

II.2.1.2 Bauran Energi Final

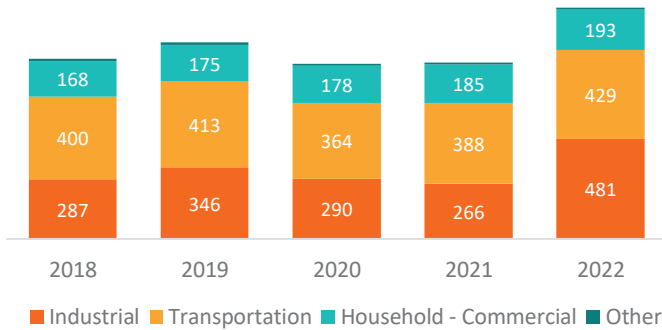
Secara umum, konsumsi energi final dalam negeri relatif meningkat setiap tahun, kecuali pada tahun 2020–2021 yang menurun sebagai dampak pandemi Covid-19 global. Pada tahun 2018, konsumsi energi final mencapai 938 juta BOE, meningkat 26% menjadi 1.185 juta BOE pada tahun 2022. Dalam periode tersebut, sumber energi masih tergantung dari jenis minyak dan produk turunannya.



Gambar 2.16 Kebutuhan Energi Final (juta BOE)
 Sumber: KESDM (2022)

Jika ditinjau per sektor, penyerap konsumsi energi terbesar secara berturut-turut adalah sektor

industri (43%), transportasi (38%), rumah tangga dan komersial (17%), dan lainnya (1%) pada tahun 2022.



Gambar 2.17 Kebutuhan Energi Final Per Sektor (juta BOE)
 Sumber: KESDM (2022)

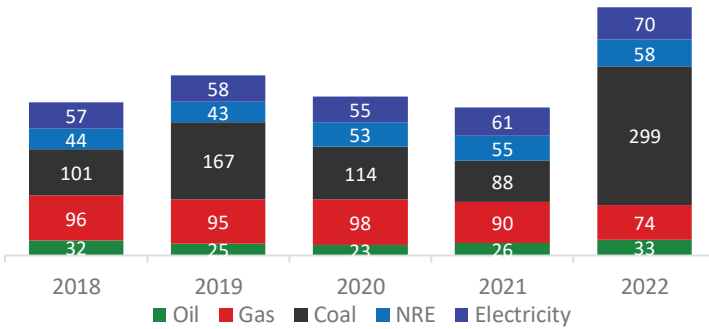
II.2.1.3 Permintaan Energi Sektor Industri

Terjadi pertumbuhan permintaan energi yang signifikan di sektor industri, dari semula 265 juta BOE pada tahun 2021 menjadi 481 juta BOE pada tahun 2022. Pertumbuhan tersebut

sejalan dengan melonjaknya permintaan batubara sebagai sumber energi di sektor industri, dari 87 juta BOE pada tahun 2021 menjadi 299 juta BOE pada tahun 2022. Hal tersebut seiring dengan kebijakan industrialisasi serta hilirisasi komoditas mineral,

melalui pembangunan fasilitas pengolahan dan pemurnian (*smelter*), yang telah beroperasi sekitar 28 *smelter* hingga akhir tahun 2022 dan didominasi oleh jenis energi batubara sebagai bahan bakar *boiler*. Terdapat target pembangunan 53 *smelter* hingga tahun 2024, dengan kebutuhan

energi yang cukup besar mencapai 5,6 GW (Kementerian ESDM, 2022). Pemerintah terus mendorong industrialisasi sebagai bagian dari upaya untuk lepas dari perangkap negara berpendapatan menengah, yang berpotensi meningkatkan konsumsi energi sektor industri.

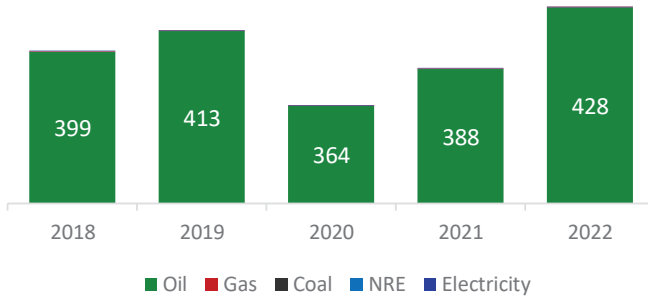


Gambar 2.18 Kebutuhan Energi Final Sektor Industri (juta BOE)
 Sumber: KESDM (2022)

II.2.1.4 Konsumsi Energi Sektor Transportasi

Sektor transportasi juga menjadi penyerap energi yang cukup besar setiap tahunnya, yang masih didominasi oleh BBM (99% dari total energi sektor transportasi), walaupun pemerintah sudah mendorong penggunaan kendaraan listrik. Pertumbuhan kendaraan bermotor, penambahan jumlah penduduk,

dan perbaikan infrastruktur seiring dengan tumbuhnya perekonomian nasional merupakan faktor yang memengaruhi meningkatnya konsumsi energi untuk sektor transportasi. Sejalan dengan meningkatnya konsumsi BBM sektor transportasi, konsumsi BBN (*biofuel*) sebagai pencampur BBM, terutama biodiesel, juga meningkat mengikuti tren pertumbuhan BBM.

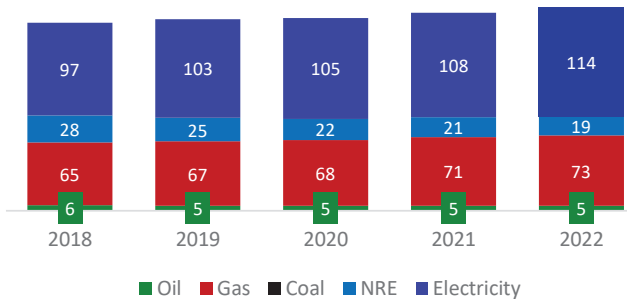


Gambar 2.19 Kebutuhan Energi Final Sektor Transportasi (juta BOE)
 Sumber: KESDM (2022)

II.2.1.5 Konsumsi Energi Sektor Rumah Tangga dan Komersial

Konsumsi energi terbesar di sektor rumah tangga adalah listrik karena sebagian besar aktivitas rumah tangga menggunakan energi listrik, seperti penerangan, lemari pendingin, pendingin ruangan, dan perangkat elektronik. Selanjutnya, konsumsi energi terbesar kedua di sektor rumah tangga adalah *liquefied petroleum gas* (LPG), yang digunakan untuk

memasak. Program konversi minyak tanah ke LPG yang dimulai sejak tahun 2007 berdampak pada peningkatan kebutuhan LPG dan penurunan konsumsi minyak tanah. Terdapat juga penggunaan EBET yang berasal dari penggunaan biomassa tradisional, seperti kayu bakar, untuk memasak. Pada sektor komersial, penggunaan energi listrik lebih mendominasi dibandingkan dengan energi yang lain, dengan rata-rata kontribusi lebih dari 80% pada periode 2018-2022.



Gambar 2.20 Kebutuhan Energi Final Sektor Rumah Tangga dan Komersial (juta BOE)
 Sumber: KESDM (2022)

II.2.2 Kebijakan/Regulasi yang Berpengaruh pada Permintaan Energi

Berikut adalah sejumlah kebijakan yang terbit dalam dua tahun terakhir yang berdampak pada transisi energi dan peningkatan kebutuhan energi di Indonesia. Dalam periode ini, tren regulasi yang ada berfokus pada pengembangan kendaraan listrik (*electric vehicle/ EV*), pengembangan EBET, implementasi pasar karbon (*carbon market*) di Indonesia, dan penyelenggaraan kebijakan CCS/CCUS.

1. Pengembangan Kendaraan Listrik (EV)
 - a. Instruksi Presiden Nomor 7 Tahun 2022 tentang Penggunaan Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (BEV) sebagai Kendaraan Dinas Operasional dan/atau Kendaraan Perorangan Dinas Instansi Pemerintah Pusat dan Pemerintahan Daerah; dengan pokok pengaturannya menginstruksikan para menteri, pejabat negara setingkat menteri, gubernur, bupati/wali kota untuk menggunakan kendaraan listrik sebagai kendaraan dinas operasional.
 - b. Peraturan Menteri ESDM Nomor 1 Tahun 2023 tentang Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik untuk

Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai; dengan pokok pengaturannya:

- Percepatan program kendaraan listrik melalui penyediaan SPKLU/SPBKLU di SPBU, SPBG, kantor pemerintahan, tempat perbelanjaan, dan parkir umum.
 - Fasilitas pengisian daya dapat dilakukan oleh BUMN dan/atau swasta melalui penyediaan SPKLU ataupun instalasi listrik privat.
 - PT PLN ditugaskan menyusun peta jalan penyediaan SPKLU.
 - Tarif pengisian: tarif curah dikali faktor Q (1,01).
- c. Peraturan Menteri ESDM Nomor 3 Tahun 2023 tentang Pedoman Umum Bantuan Pemerintah dalam Program Konversi Sepeda Motor dengan Penggerak Motor Bakar menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai; dengan pokok pengaturannya:
 - Sepeda motor konvensional yang akan di-konversi menjadi penggerak listrik mendapat bantuan subsidi sebesar Rp7 juta per unit.
 - Biaya konversi dibatasi maksimal sebesar Rp17 juta per unit.

- Kuota penerima bantuan subsidi tahun 2023 sebesar 50.000 unit motor, sedangkan tahun 2024 sebesar 150.000 unit.
- d. Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 21 Tahun 2023 tentang Perubahan atas Permenperin Nomor 6 Tahun 2023 tentang Pedoman Pemberian Bantuan Pemerintah untuk Pembelian Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) Roda Dua; dengan pokok pengaturan:
- Penyederhanaan penerima bantuan subsidi pembelian sepeda motor listrik menjadi satu nomor induk kependudukan (NIK) untuk satu motor.
 - Besaran bantuan subsidi sebesar Rp7 juta per unit motor.
- e. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 6 Tahun 2023 tentang Dasar Pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor, Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor, dan Pajak Alat Berat Tahun 2023; dengan pokok pengaturan antara lain: Pengenaan Pajak Kendaraan Bermotor (PKB) dan Bea Balik Nama KBLBB ditetapkan sebesar nol persen dari dasar pengenaan PKB dan Bea Balik Nama Kendaraan Bermotor (BBNKB).
- Berdasarkan data Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI), sampai dengan Juli 2023 terdapat sekitar 54.000 sepeda motor listrik dan 17.000 kendaraan listrik roda empat. Adapun untuk fasilitas pengisian, telah beroperasi 842 unit SPKLU dan 1.331 unit SPBKLU. Dengan adanya dukungan kebijakan insentif yang menarik bagi konsumen kendaraan listrik, seperti insentif pembelian ataupun pembebasan pajak, serta fasilitas pengisian daya yang terus meningkat, diharapkan akan meningkatkan penjualan kendaraan listrik ke depannya dan mengurangi penjualan kendaraan konvensional.
2. Pengembangan EBET
- a. Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik dengan pokok pengaturan:
- Penyusunan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) yang memprioritaskan pada penggunaan EBET.
 - Larangan pengembangan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) baru selain yang telah ditetapkan dalam RUPTL atau

PLTU yang memenuhi kriteria yang diatur dalam perpres.

- PLTU yang diakhiri masa operasinya, jika dibutuhkan, dapat digantikan dengan pembangkit EBET, mempertimbangkan kondisi pasokan dan permintaan listrik.
 - Penetapan Harga Patokan Tertinggi dan Harga Kesepakatan untuk pembelian listrik yang bersumber dari pembangkit EBET.
- b. Peraturan Presiden Nomor 40 Tahun 2023 tentang Percepatan Swasembada Gula Nasional dan Penyediaan Bioetanol sebagai Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*); dengan pokok pengaturan: penyusunan peta jalan produksi bioetanol dari tebu hingga 1,2 juta KL pada tahun 2030.
- c. Keputusan Menteri ESDM Nomor 208.K/EK.05/DJE/2022, yang mengatur implementasi B35 per tanggal 1 Februari 2023.

Salah satu EBET yang paling banyak dimanfaatkan di Indonesia adalah *biofuel*. Pemanfaatan *biofuel* jenis biodiesel sudah dimulai sejak tahun 2006 dengan campuran sebesar 2,5%. Saat ini,

kewajiban pencampuran biodiesel telah ditingkatkan menjadi B35 yang dimulai sejak 1 Februari 2023, meningkat dari B30 yang telah diwajibkan sejak tahun 2020. Untuk program B35 pada tahun 2023, target penyaluran biodiesel kurang lebih sebesar 13,15 juta KL.

Sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk meningkatkan pemanfaatan *biofuel*, pada akhir Juli 2023 Pertamina meluncurkan penjualan Pertamax Green 95, yaitu *gasoline* dengan campuran bioetanol sebesar 5% yang menghasilkan BBM dengan RON 95. BBM jenis ini baru dijual di 5 SPBU di Jakarta dan 10 SPBU di Surabaya. Pertamina memperkirakan permintaan Pertamax Green 95 di Pulau Jawa bisa mencapai 90.000 KL per tahun, dan kebutuhan etanol untuk proyeksi ini adalah 4.800-5.000 KL per tahun.

3. Penyelenggaraan Pasar Karbon (*Carbon Market*)

a. Peraturan Menteri ESDM Nomor 16 Tahun 2022 tentang Tata Cara Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon Subsektor Pembangkit Tenaga Listrik; dengan pokok pengaturan:

- Perdagangan karbon harus sesuai dengan persetujuan teknis batas atas emisi gas rumah kaca (GRK) pelaku usaha

- (PTBAE-PU) dan/atau sertifikat pengurangan emisi GRK (SPE-GRK).
 - Alokasi PTBAE-PU untuk PLTU pada tahun 2023 diberikan 100%. Alokasi setelah tahun 2023 diberikan sesuai dengan hasil transaksi perdagangan karbon sebelumnya paling rendah 85%. Adapun alokasi pelaku usaha yang tidak mengikuti perdagangan karbon dan dianggap tidak menyampaikan laporan emisi GRK diberikan sebesar 75%.
 - Perdagangan karbon dapat dilakukan di dalam ataupun di luar negeri. Di dalam negeri dilakukan berdasarkan peta jalan perdagangan karbon subsektor pembangkit listrik dengan mekanisme perdagangan emisi dan *offset* emisi GRK. Di luar negeri dilakukan dengan pasar karbon melalui bursa karbon dan atau perdagangan langsung.
- b. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 21 Tahun 2022 tentang Tata Laksana Penerapan Nilai Ekonomi Karbon dengan pokok pengaturan:
 - Perdagangan karbon dilaksanakan di sektor dan subsektor NDC, dengan mekanisme implementasi nilai ekonomi karbon (NEK): perdagangan karbon, pembayaran berbasis kinerja, pemungutan biaya karbon oleh menteri keuangan, dan mekanisme lainnya sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
 - Mekanisme NEK dibagi menjadi perdagangan dan nonperdagangan. Skema perdagangan: Perdagangan emisi (*emission trading system*), yaitu entitas yang mengemisi lebih banyak membeli izin emisi daripada yang mengemisi lebih sedikit, serta *offset* emisi (*crediting mechanism*), yaitu entitas yang melakukan aktivitas penurunan emisi dapat mengompensasi emisi di tempat lain.
 - Untuk nonperdagangan, terdiri atas pajak karbon (*carbon tax*) yang dikenakan atas kandungan karbon atau aktivitas mengemisi karbon, serta *result based payment*, yaitu

pembayaran atas hasil penurunan emisi.

Pada 22 Februari 2023 telah diluncurkan perdagangan karbon untuk subsektor pembangkit tenaga listrik di Kementerian ESDM, dan penandatanganan nota kesepahaman antara Ditjen Ketenagalistrikan dan Bursa Efek Indonesia (BEI). Pada tahun 2023 Kementerian ESDM telah menetapkan nilai Persetujuan Teknis Batas Atas Emisi Pelaku Usaha (PTBAE-PU) kepada 99 PLTU batubara (42 perusahaan) yang akan menjadi peserta perdagangan karbon dengan total kapasitas terpasang 33.569 MW. Periode perdagangan karbon dimulai sejak diterimanya PTBAE-PU sampai dengan 20 April 2024 dan bersifat wajib. Belum ada transaksi perdagangan karbon subsektor pembangkit tenaga listrik karena periode perdagangan karbon masih berlangsung sampai dengan 20 April 2024, dan masih menunggu hasil emisi aktual tahun 2023 yang datanya tersedia pada Januari 2024.

4. Penyelenggaraan CCS/CCUS
 - a. Peraturan Menteri ESDM Nomor 2 Tahun 2023 tentang Penyelenggaraan Penangkapan dan Penyimpanan Karbon, serta Penangkapan, Pemanfaatan, dan Penyimpanan Karbon

pada Kegiatan Usaha Hulu Minyak dan Gas Bumi; dengan pokok pengaturan:

- Lingkup penyelenggaraan CCS/CCUS pada kegiatan usahahulumigas terdiri dari penangkapan, pengangkutan, penginjeksian, penyimpanan, dan pemanfaatan (khusus untuk CCUS), dengan pengaturan pada aspek teknis, skenario bisnis, aspek legal, dan aspek ekonomi.
- Aspek teknis, diatur mengenai penangkapan, transportasi, penginjeksian, penyimpanan, sampai dengan pengukuran pemantauan, pelaporan, dan verifikasi. Skenario bisnis, diatur berdasarkan kontrak kerja sama pada wilayah kerja (WK) migas, serta sumber CO₂ yang tidak hanya berasal dari WK migas, tetapi juga dapat berasal dari industri lain (khusus CCUS) melalui mekanisme *business to business* dengan kontraktor WK migas.
- Dalam aspek legal, usulan kegiatan CCS/CCUS oleh kontraktor kontrak kerja sama merupakan bagian dari *plan of development*

(PoD). Pada aspek ekonomi diatur mengenai potensi pendanaan pihak lain, potensi monetisasi kredit karbon berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021.

Berdasarkan data Kementerian ESDM, saat ini terdapat 15 proyek CCS dan CCUS di Indonesia yang sedang dalam tahap studi/persiapan, dengan delapan proyek diperkirakan akan mulai *onstream* sebelum 2030. Diperkirakan potensi CCS/CCUS pada tahun 2030-2035 berkisar 25,5 juta ton-68,2 juta ton CO₂. Proyek CCS/CCUS

yang dikembangkan saat ini, antara lain, dilakukan Pertamina di Gundih dan Sukowati hingga rencana proyek CO₂ - *Enhanced Gas Recovery* (EGR) di Lapangan Tangguh yang dilakukan BP Tangguh. Sejumlah proyek potensial lainnya, antara lain, pengembangan proyek CCS/CCUS untuk Banggai Ammonia Plant di Sulawesi Tengah oleh Panca Amara Utama, JOGMEC, Mitsubishi, dan ITB. Proyek CCS Study di Sakakemang oleh Repsol, CCS/CCUS di Lapangan Abadi oleh Inpex, hingga produksi amonia biru menggunakan *sequestration* CO₂ oleh Toyo Engineering Corporation, Pupuk Kalimantan Timur, dan Pertamina Hulu Indonesia.



Bab III

OUTLOOK ENERGI INDONESIA



III.1 Metodologi dan Pemodelan Skenario

III.1.1 Penyusunan Skenario

Dalam *Pertamina Energy Outlook* (PEO) 2023, Pertamina Energy Institute (PEI) melakukan beberapa perbaikan terkait pengembangan *energy outlook*. Pertama, PEI kembali menggunakan perangkat lunak berupa *Low Emission Analysis Platform* (LEAP) yang dikembangkan secara *in-house*, untuk menghasilkan skenario kuantitatif permintaan energi primer dan final, transformasi energi, serta dampak emisi.

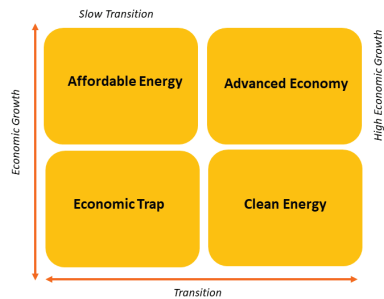
Kedua, PEI menggunakan pendekatan penyusunan skenario energi-ekonomi dengan mempertimbangkan faktor kebijakan, perkembangan teknologi, preferensi pasar, dan isu legal sebagai risiko transisi, serta perubahan iklim sebagai risiko fisik. Perubahan iklim merupakan faktor global yang dimodelkan secara nasional dan per wilayah oleh tim HSSE Pertamina, untuk keperluan penilaian risiko fisik perubahan iklim.

Ketiga, dasar data historis untuk pemodelan kuantitatif berasal dari *Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia* (HEESI), Badan Pusat Statistik (BPS), data Kementerian Perindustrian, serta data lain dari berbagai

lembaga, baik nasional maupun internasional, yang kredibel.

Terakhir, keempat, PEI melakukan finalisasi skenario dengan melakukan diskusi kelompok terfokus (*focus group discussion/FGD*) ataupun diskusi langsung dengan berbagai pakar dan lembaga, baik nasional maupun internasional, serta melakukan *fine-tuning* untuk pemodelan kuantitatif dengan mengevaluasi data-data *outlook* lain, seperti draf Rancangan Peraturan Pemerintah tentang Kebijakan Energi Nasional (RPP-KEN), draf rancangan Visi Indonesia Emas 2045 Bappenas, ataupun *outlook* dari lembaga-lembaga internasional.

Dalam *outlook* kali ini, pertanyaan terbesar yang mendasari skenario PEO 2023 adalah bagaimana Indonesia akan mencapai target iklim, target pemenuhan energi, dan target ekonomi di masa depan? Berdasarkan pertanyaan tersebut, terdapat rentang skenario yang dapat dikelompokkan ke dalam empat matriks skenario sebagai berikut.



Gambar 3.1 Matriks Skenario
Sumber: Analisis PEI (2023)

- Perangkap Ekonomi atau *Economic Trap*: Indonesia tidak dapat lepas dari perangkap negara berpendapatan menengah dan menggunakan sumber energi murah dan melimpah dengan transisi energi yang lambat.
- Energi Bersih atau *Clean Energy*: Indonesia berfokus pada keberlanjutan energi, perekonomian berfokus pada transformasi sistem energi yang membutuhkan pendanaan besar.
- Energi Aman dan Terjangkau atau *Secure and Affordable Energy*: Indonesia berfokus pada sumber energi yang murah dan melimpah, sekaligus mampu menumbuhkan ekonomi.
- Perekonomian Maju atau *Advanced Economy*: Indonesia mampu lepas dari perangkap negara berpendapatan menengah yang mewujudkan Visi Indonesia Emas 2045, sekaligus mengurangi emisi melalui transformasi ekonomi hijau.

Selain kombinasi dari skenario energi-ekonomi yang spesifik melihat tantangan/peluang yang akan dihadapi Indonesia sebagai negara berkembang, PEO 2023 melihat bahwa Indonesia berada dalam situasi perubahan iklim

global yang dipengaruhi oleh peningkatan temperatur bumi. Risiko fisik perubahan iklim global akan menyertai transformasi sistem energi-ekonomi nasional ke depan.

Berdasarkan matriks skenario dan penyesuaian risiko fisik perubahan iklim, disusunlah skenario *outlook* energi-ekonomi, yaitu skenario *Ordinary State* (OS), *Appropriate Sustainability* (AS), dan *Economic Renaissance* (ER) dengan penjelasan sebagai berikut.

Ordinary State (OS)

Dalam skenario ini, kondisi pertumbuhan ekonomi tidak terlalu jauh dari tren historis. Hal ini disebabkan Indonesia memerlukan perubahan struktural (*structural break*) dan upaya yang cukup kuat untuk lepas dari perangkap negara berpendapatan menengah. Indonesia masih mengutamakan pertumbuhan ekonomi dan kedaulatan energi, serta memerlukan energi murah untuk menopang pertumbuhan ekonomi.

Appropriate Sustainability (AS)

Dalam skenario ini, kondisi pertumbuhan ekonomi tidak terlalu jauh dari historis, tetapi Indonesia tetap meneruskan komitmen untuk melakukan transisi energi secara lebih kuat. Teknologi hijau yang matang dan masuk secara keekonomian diimplementasikan,

dan transisi energi dilakukan dengan menyeimbangkan kebutuhan ketahanan dan keterjangkauan energi.

Economic Renaissance (ER)

Dalam skenario ini, Indonesia berhasil mencapai negara berpendapatan tinggi melalui transformasi struktural yang berpengaruh pada peningkatan permintaan energi. Di sisi lain, transisi energi juga mendapat berbagai dukungan dan terobosan teknologi untuk mencapai emisi nol bersih (NZE) sehingga perekonomian tidak hanya mengalami kemajuan dalam hal peningkatan produk domestik bruto (PDB), tetapi juga dalam hal transformasi menjadi ekonomi hijau.

III.1.2 Faktor yang Memengaruhi Skenario (Key Drivers Scenario)

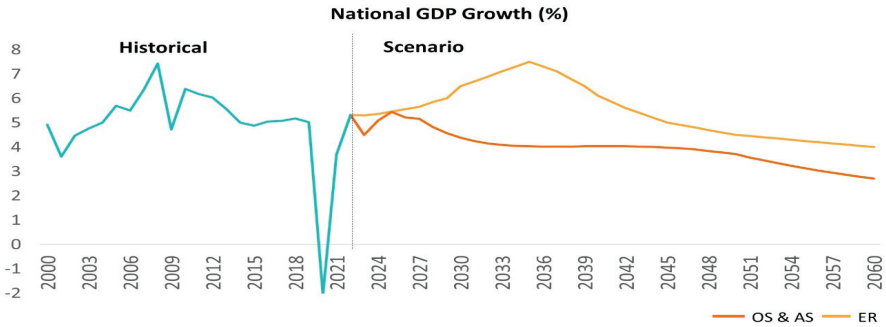
Perbedaan peningkatan temperatur dunia secara umum disebabkan oleh pencapaian target NZE global. Pencapaian target NZE secara global dapat menahan laju peningkatan temperatur terendah dari setiap skenario, sedangkan tidak tercapainya target NZE dan yang terberat adalah fokus global dalam pemanfaatan energi fosil untuk menopang pertumbuhan

ekonomi akan menyebabkan peningkatan temperatur global yang lebih tinggi. Dengan tidak tercapainya target pembatasan peningkatan temperatur global, risiko iklim akan meningkat dan akan timbul dampak ke sistem keuangan melalui makroekonomi dan mikroekonomi. Oleh karena itu, dunia tidak hanya memerlukan aksi mitigasi, tetapi juga aksi adaptasi untuk mengatasi dampak perubahan iklim yang sedang terjadi.

Dalam PEO 2023 dipetakan *key drivers* dari lanskap energi nasional dan asumsi dari setiap *key drivers* untuk setiap skenario. *Key drivers* adalah faktor-faktor utama yang memengaruhi *outlook* energi di setiap skenario. Secara umum, beberapa *key drivers* di sektor energi adalah peningkatan efisiensi energi, pemanfaatan bahan bakar dan sumber energi rendah karbon, penjualan kendaraan listrik, dan tingkat daur ulang plastik (khusus untuk pemanfaatan minyak mentah untuk nonenergi). Selain itu, setiap skenario juga mengasumsikan penggunaan penangkapan karbon untuk penurunan emisi.

III.1.3 Asumsi Makroekonomi

Perbandingan pertumbuhan PDB antarskenario dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.2 Pertumbuhan PDB Nasional (%)

Sumber: Analisis PEI (2023), EIU (data historis dan outlook sampai 2050 untuk OS dan AS)

Skenario Ekonomi ER

Skenario ekonomi ini selaras dengan arah aspirasi pemerintah untuk mencapai Visi Indonesia Emas 2045, yaitu keluar dari perangkap negara berpendapatan menengah dan menjadi negara berpendapatan tinggi. Tahapan untuk mencapai visi tersebut antara lain:

- **Tahap 1 (2024-2029)** dengan rata-rata pertumbuhan ekonomi sebesar 5,7% dengan memperkuat fondasi transformasi dengan menekankan pada pembangunan sumber daya manusia berkualitas, pengembangan riset dan inovasi, serta pembangunan berkelanjutan.
- **Tahap 2 (2030-2034)** dengan rata-rata pertumbuhan ekonomi sebesar 6,9% memerlukan akselerasi transformasi yang mewujudkan pertumbuhan

ekonomi tinggi, inklusif, dan berkelanjutan.

- **Tahap 3 (2035-2039)** dengan rata-rata pertumbuhan ekonomi sebesar 7,0% memerlukan ekspansi global sehingga dapat memperkuat transformasi yang menghasilkan kekuatan ekonomi (*economic powerhouse*) dengan daya saing tinggi secara internasional dan berkelanjutan.
- **Tahap 4 (2040-2045)** dengan rata-rata pertumbuhan ekonomi sebesar 5,5% memerlukan pemantapan transformasi yang dapat mewujudkan Indonesia Emas 2045.

Beberapa pertimbangan dalam penyusunan proyeksi pertumbuhan jangka panjang ini antara lain struktur demografi, peningkatan produktivitas, struktur ekonomi dan daya saing, serta

pencapaian target NZE. Dari aspek struktur demografi, pemanfaatan bonus demografi secara optimal diperlukan terutama pada tahun 2028–2037, yaitu menciptakan kesempatan kerja dalam mendukung transformasi ekonomi dengan rata-rata 2,75 juta kepala keluarga/tahun, mewaspadai bahwa komposisi usia penduduk miskin khususnya banyak penduduk dengan usia lanjut yang tidak siap untuk masa pensiun, serta diperlukan investasi sumber daya manusia pada penduduk usia muda dalam rangka mempersiapkan tenaga kerja produktif dengan masa kerja yang lebih panjang.

Selain itu, diperlukan penciptaan pekerjaan kelas menengah (*middle class job*) menjadi 80% populasi tenaga kerja dari 18% populasi pekerja saat ini, serta meningkatkan tenaga kerja terampil yang disebabkan oleh ketidaksesuaian keahlian di pasar tenaga kerja. Karena tren populasi global yang menua, sehingga diperkirakan akan menurunkan permintaan pada komoditas terutama batubara, pemanfaatan bonus demografi ini perlu dilakukan segera.

Dari aspek produktivitas, TFP Indonesia berkontribusi negatif terhadap pertumbuhan ekonomi, dengan tren penurunan apabila dibandingkan dengan negara lain, seperti Hong Kong, Korea Selatan, Tiongkok, Malaysia, Singapura,

Thailand, Filipina, dan Vietnam. Untuk mencapai Visi Indonesia Emas 2045 diperlukan peningkatan produktivitas.

Dari aspek struktur ekonomi, Indonesia dihadapkan pada potensi deindustrialisasi dini yang dapat terjadi ketika PDB per kapita masih relatif rendah. Saat ini ekspor Indonesia masih didominasi oleh komoditas pertambangan dan pertanian yang belum diolah lebih lanjut serta kompleksitas yang relatif rendah. Dalam jangka panjang, pengembangan ekonomi diharapkan untuk mendorong pertumbuhan pada sektor manufaktur yang bernilai tambah tinggi sehingga peran sektor manufaktur dapat meningkat hingga 26,3% pada tahun 2045 dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 6,8%, dibandingkan dengan pada tahun 2021 yang masih 19,3%. Demikian juga untuk sektor jasa, diharapkan meningkat menjadi 52,0% pada tahun 2045, dibandingkan dengan 42,8% pada tahun 2021. Untuk sektor pertanian, diperkirakan menurun seiring dengan proses hilirisasi yang menjadikan sektor pertanian sebagai *input* bahan baku.

Dari aspek pencapaian NZE, diperlukan arah kebijakan transformatif yang salah satunya adalah penerapan ekonomi hijau (Draf RPJPN 2025–2045 per 19 Mei 2023), yaitu:

- Percepatan transisi energi menuju pemanfaatan energi baru dan energi terbarukan (EBET).
- Pengembangan *smart grid*, termasuk jaringan interkoneksi dalam dan antarpulau serta sistem terisolasi (*isolated grid*).
- Pengembangan teknologi sistem penyimpanan energi (*battery/energy storage system*).
- Pengembangan transportasi ramah lingkungan.
- Penerapan ekonomi sirkular.
- Perkuatan implementasi sistem insentif dan disinsentif fiskal ataupun nonfiskal untuk mendorong produk-produk hijau.
- Pengembangan pembiayaan hijau (*green financing*) dan penerapan harga karbon (*carbon pricing*) untuk mendukung investasi hijau.
- Penerapan prinsip ekonomi hijau di setiap sektor.

Skenario Ekonomi OS dan AS

Skenario ini merupakan skenario yang diadopsi dari *outlook* The Economist Intelligence Unit hingga tahun 2050. Dalam skenario ini, perekonomian Indonesia pada tahun 2023 diperkirakan akan mengalami pelambatan dibandingkan dengan tahun 2022. Salah satu faktor penyebabnya

adalah investasi yang terbatas akibat tingginya tingkat suku bunga. Selain itu, pertumbuhan volume ekspor barang dapat dipertahankan pada tahun 2023 jika investasi swasta tetap kuat. Investasi dalam sektor pengolahan logam juga diantisipasi akan mendukung pertumbuhan ekspor dalam jangka menengah. Di sektor pariwisata, ada potensi pemulihan pada tahun 2023-2024, terutama setelah Tiongkok membuka pintu kembali untuk wisatawan yang berkunjung ke Indonesia.

Proyeksi pertumbuhan ekonomi menunjukkan peningkatan pada tahun 2024-2025, diikuti oleh penurunan pada tahun 2026-2027. Hal ini dapat dipengaruhi oleh adanya revisi Undang-Undang Cipta Kerja yang diharapkan mendorong investasi swasta, terutama dalam sektor infrastruktur dan pertambangan selama periode 2024-2027. Meskipun Indonesia mungkin menghadapi tantangan dalam bersaing untuk investasi asing dalam sektor manufaktur padat karya, kebijakan industri yang tepat dapat memberikan manfaat dalam jangka menengah untuk sektor-sektor padat modal, seperti logam, kimia, komponen elektronik, dan manufaktur otomotif.

Selama periode 2023-2027, konsumsi swasta diharapkan tetap menjadi pendorong utama pertumbuhan ekonomi Indonesia

melalui pengeluaran. Selain itu, pertumbuhan sektoral diperkirakan akan didorong sebagian besar oleh sektor industri dan jasa, yang diharapkan memberikan kontribusi hingga hampir 90% dari PDB.

Meskipun demikian, terdapat potensi perlambatan dan stabilisasi pertumbuhan ekonomi setelah tahun 2030-an, yang dapat dipengaruhi oleh persaingan perdagangan yang semakin intensif serta perubahan dalam upah dan standar hidup di Indonesia. Kondisi ini dapat mengubah peran Indonesia sebagai pusat industri padat karya berbiaya rendah. Potensi perlambatan pertumbuhan ekonomi juga dapat terjadi pada tahun 2040-an, yang merupakan tren umum di banyak negara berkembang yang mengalami kecenderungan perlambatan pertumbuhan seiring berjalannya waktu.

Dalam skenario ini diharapkan inflasi akan melambat pada tahun 2023 karena stabilisasi harga pangan dan bahan bakar global. Selanjutnya, inflasi harga konsumen diperkirakan akan menjadi lebih moderat pada tahun 2024 berkat penurunan harga komoditas global yang lebih luas serta kebijakan moneter yang lebih ketat pada tahun 2022-2023.

Proyeksi surplus perdagangan barang dalam jangka menengah mungkin akan mengalami

penurunan meskipun tetap lebih tinggi daripada data historis pada tahun 2023-2024 karena tingginya volume pengiriman komoditas yang dapat mengimbangi penurunan harga global. Sementara itu, pemulihan di sektor pariwisata diperkirakan akan mengurangi defisit dalam sektor jasa setelah mencapai rekor tertinggi pada tahun 2021-2022. Meskipun demikian, neraca berjalan mungkin kembali mengalami defisit mulai tahun 2025. Namun, penurunan persentase terhadap PDB diperkirakan tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh pertumbuhan aktivitas dalam sektor pengolahan dan manufaktur yang meningkatkan nilai tambah domestik.

III.2 Outlook Energi Primer

Setelah meningkat pada tahun 2021 sebesar 2% karena keberhasilan program vaksinasi pemerintah yang mendorong pemulihan perekonomian, permintaan energi primer nasional meningkat lebih kuat pada tahun 2022 sebesar 18% terutama didorong oleh peningkatan energi batubara sebesar 33%, energi surya (termasuk pembangkit surya, lampu penerangan jalan, dan lampu penghemat energi) sebesar 119%, dan biomassa industri sebesar

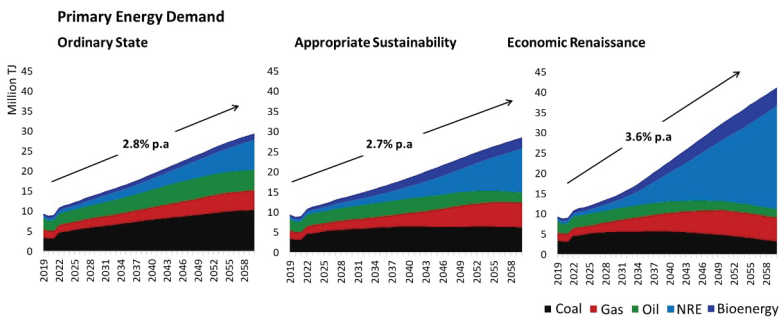
146%. Peningkatan permintaan energi primer ini berkorelasi positif dengan pertumbuhan PDB nasional pada tahun 2022 sebesar 5,3% dari tahun sebelumnya 3,7%.

Ke depan, permintaan energi primer kembali diproyeksikan akan meningkat dari tahun 2022 hingga tahun 2060 dalam setiap skenario, dengan laju pertumbuhan kebutuhan energi primer pada masing-masing skenario dengan rata-rata per tahun sebesar 2,8% (OS), 2,7% (AS), dan 3,6% (ER) dari basis tahun 2019 hingga akhir masa proyeksi, yaitu tahun 2060. Ketiga skenario ini memiliki dasar asumsi dan basis narasi skenario yang berbeda, dengan tujuan dari penyajian skenario ini adalah untuk memberikan perspektif atas alternatif masa depan yang berbeda.

Skenario ER memberikan perspektif masa depan jika Indonesia berhasil dalam mencapai

transisi energi dan transformasi ekonomi, yang sejalan dengan visi pemerintah. Sementara itu, skenario OS dan AS memberikan perspektif jika transformasi ekonomi tidak berjalan sesuai dengan visi pemerintah. Lebih lanjut dalam skenario AS, komitmen transisi energi tetap berlanjut dan kebijakan transisi energi akan diterapkan dengan lebih kuat dibandingkan dalam skenario OS. Dalam skenario AS terlihat bahwa minyak dan batubara mengalami penurunan sejalan dengan peningkatan EBET dan pemanfaatan gas. Dalam setiap skenario, gas masih mengalami peningkatan sebagai bahan bakar transisi yang lebih hijau dibandingkan dengan batubara dan sekaligus dapat digunakan untuk memastikan keandalan sistem energi.

Dampak dari setiap skenario terhadap permintaan energi primer dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.3 Proyeksi Bauran Energi Primer
 Sumber: Analisis PEI (2023)

Energi fosil masih mendominasi dalam skenario OS dan AS. Hal ini menggambarkan masa depan ketika transformasi sistem energi ke energi hijau masih menghadapi tantangan besar, terutama dari isu keterjangkauan dan ketahanan energi. Sejak konflik Rusia-Ukraina, dunia menghadapi masalah ketahanan energi dan rantai pasok sehingga mulai muncul berbagai kebijakan yang bersifat *reshoring*¹ atau menarik rantai pasok ke dalam negeri. Selain memperkuat rantai pasok dari disrupsi geopolitik karena konflik yang berasal dari negara lain, kebijakan ini juga bertujuan untuk memperkuat perekonomian di dalam negeri. Hal ini juga terjadi karena beberapa negara berusaha memulihkan kondisi perekonomiannya pada periode 2022 hingga awal 2023.

Selain tekanan situasi global yang mendukung kuatnya pemanfaatan energi fosil, secara nasional terlihat lonjakan pemanfaatan batubara pada tahun 2022 seperti yang terlihat pada Gambar 3.3 di atas. Berdasarkan laporan Kementerian ESDM (2023), lonjakan pemanfaatan batubara terjadi karena penyerapan di sektor industri dan *smelter*. Selain itu, data neraca perdagangan menunjukkan bahwa ekspor batubara masih mendominasi surplus

perdagangan. Situasi-situasi ini menunjukkan masih kuatnya energi fosil di Indonesia meskipun dengan adanya penerapan kebijakan transisi energi.

Meskipun demikian, kekuatan komitmen pemerintah yang diturunkan ke dalam kebijakan dan implementasi kebijakan, serta perkembangan teknologi hijau ke depan, dapat memberikan masa depan yang berbeda dari skenario OS dan AS. Hal ini dimodelkan dalam skenario ER. Dalam skenario ER terjadi peningkatan kebutuhan energi primer yang jauh lebih besar (3,6% dibandingkan dengan 2,8% dan 2,7%) dibandingkan dengan skenario OS dan AS karena dalam skenario ini Indonesia membutuhkan energi besar untuk mencapai pendapatan per kapita setara negara maju sekaligus mencapai target NZE.

Dalam mencapai target NZE, kapasitas EBET perlu ditingkatkan secara signifikan. Disebabkan faktor kapasitas dari sumber-sumber energi EBET yang rendah, diperlukan kapasitas energi primer yang besar untuk memenuhi kebutuhan energi final. Berikut adalah penjelasan energi primer per jenis.

III.2.1 Outlook Energi Primer Minyak

Dalam jangka panjang, kebutuhan minyak nasional diproyeksikan akan mencapai

¹ Istilah ini berasal dari laporan Deutsche Bank pada Juli 2023 atas hasil survei terkait kekhawatiran yang muncul di korporasi.

puncak dan mengalami pelambatan/penurunan hingga akhir tahun proyeksi. Pada skenario OS, kebutuhan minyak mengalami peningkatan hingga mencapai 877 juta BOE pada 2053 dan turun ke 858 juta BOE pada 2060. Pada skenario AS, kebutuhan minyak nasional mencapai puncak pada tahun 2041, yakni 609 juta BOE, kemudian turun ke 423 juta BOE pada tahun 2060. Kebutuhan minyak nasional pada skenario ER mencapai puncak pada 2031 sebesar 496 juta BOE dan mengalami penurunan hingga menjadi 348 juta BOE pada 2060. Penurunan pemanfaatan minyak dalam jangka panjang terutama disebabkan oleh elektrifikasi kendaraan.

III.2.2 Outlook Energi Primer Gas

Di setiap skenario, gas secara nasional akan menjadi bahan bakar transisi sesuai dengan komitmen transisi energi, yang dalam jangka panjang porsinya akan sedikit digantikan oleh EBET. Dorongan permintaan energi primer gas terbesar berasal dari dua sektor, yaitu industri dan pembangkit. Dalam skenario OS, kebutuhan gas meningkat menjadi sebesar 4.637 triliun BTU pada tahun 2060, dengan sekitar 47% berasal dari pembangkit. Sementara itu, untuk skenario AS, pertumbuhan

permintaan gas nasional lebih tinggi, yaitu sebesar 5.786 triliun BTU pada tahun 2058 dan sedikit turun menjadi 5.773 triliun BTU pada tahun 2060 dengan sekitar 47% berasal dari pembangkit. Sementara pada skenario ER, kebutuhan gas sebesar 5.750 triliun BTU pada 2052 dan turun menjadi 5.541 triliun BTU pada 2060. Dalam skenario ER, porsi gas untuk pembangkit sangat kecil (sekitar 5%) dibandingkan dengan skenario lainnya karena skenario ini memfaktorkan transformasi hijau dalam sistem energi.

Untuk ketenagalistrikan, porsi EBET semakin meningkat menggantikan energi fosil. Sementara itu, gas menjadi lebih banyak dibutuhkan disektor industri yang *hard-to-abate*, seperti semen dan logam dasar, karena digunakan untuk menggantikan batubara dalam proses pemanasan yang memerlukan energi besar. Oleh karena itu, pemanfaatan gas industri untuk skenario ER lebih tinggi sekitar 2,3 kali skenario OS dan 1,6 kali skenario AS.

III.2.3 Outlook Energi Primer Batubara

Batubara masih berperan penting dalam pertumbuhan ekonomi dan pemenuhan kebutuhan energi tidak hanya di Indonesia, tetapi juga di negara

lain, seperti India dan Tiongkok. Bahkan ekspor batubara Indonesia ke negara-negara lain masih cukup kuat sepanjang tahun 2022-2023. Namun, dengan peningkatan komitmen transisi energi, ke depan batubara akan mulai digantikan oleh energi yang lebih hijau. Hal ini terutama disebabkan pembangkit batubara menghasilkan unsur-unsur pencemar udara, seperti partikulat, nitrogen oksida, karbon dioksida, merkuri, dan emisi lainnya.

Untuk keperluan ini, dalam forum G20 tahun 2022 Pemerintah Indonesia berhasil mendapatkan komitmen dari negara lain untuk menerapkan mekanisme pendanaan melalui skema *just energy transition partnership* (JETP), yang kemudian pada tahun 2023 dipersiapkan sekretariat dan mekanisme implementasinya. Ke depan, JETP diharapkan dapat membantu Indonesia dalam mengurangi porsi batubara dalam sistem energinya.

Walaupun terdapat rencana untuk mengurangi batubara, diperkirakan permintaan batubara ke depan masih akan bertumbuh meskipun dalam tingkat pertumbuhan yang relatif kecil, bahkan negatif. Untuk skenario OS, batubara masih akan terus tumbuh sekitar 2,6% dengan permintaan sebesar 433 juta ton pada tahun 2060. Sementara untuk skenario AS, pertumbuhan batubara sekitar

1,4% dan puncak permintaan pada tahun 2053 sebesar 270 juta ton. Skenario ER dengan transformasi ekonomi hijau mengalami tingkat pertumbuhan negatif sebesar -0,1% dengan puncak permintaan pada tahun 2038 sebesar 241 juta ton. Pemanfaatan batubara terbesar ada dalam skenario OS, dengan asumsi bahwa batubara masih akan menjadi sumber energi termurah untuk menopang pertumbuhan ekonomi karena lambatnya penurunan biaya dari sumber energi terbarukan dan kurangnya kebijakan disinsentif untuk sumber energi kotor.

III.2.4 Outlook Energi Primer EBET

Pemanfaatan EBET dan bioenergi secara nasional dalam setiap skenario diproyeksikan terus mengalami peningkatan, tetapi dalam tingkat pertumbuhan yang berbeda. Dalam skenario OS, porsi EBET dalam bauran energi adalah sebesar 15% pada 2040 atau sebesar 2,8 juta TJ dan meningkat menjadi 26% atau sebesar 7,6 juta TJ pada 2060, sementara bioenergi adalah sebesar 6% atau sebesar 1 juta TJ dan turun menjadi 5% atau sebesar 1,5 juta TJ. Secara bauran, bioenergi diproyeksikan akan mengalami penurunan karena terus digunakannya batubara dalam bauran energi primer. Sementara dari segi jumlah energi, bioenergi

tidak terlalu berubah signifikan terutama karena terbatasnya pemanfaatan biodiesel, yaitu B35.

Sementara itu, pada skenario AS, porsi EBET dalam bauran energi adalah sebesar 16% pada 2040 atau sebesar 3 juta TJ dan meningkat menjadi 38% atau sebesar 11 juta TJ pada 2060, sementara bioenergi adalah sebesar 11% atau sebesar 2 juta TJ dan baurannya turun menjadi 9%, tetapi secara energi meningkat menjadi 2,6 juta TJ. Dalam skenario ini, EBET dan gas terus bertumbuh dan mendominasi bauran energi primer nasional sehingga porsi bauran bioenergi terlihat menurun, padahal dari sisi pemanfaatan energi meningkat. Peningkatan bioenergi salah satunya disebabkan oleh rencana peningkatan pemanfaatan biodiesel menjadi B40.

Dalam skenario ER, porsi EBET dalam bauran energi adalah sebesar 31% pada 2040 atau sebesar 7 juta TJ dan meningkat menjadi 62% atau sebesar 25,6 juta TJ pada 2060, sedangkan bioenergi adalah sebesar 12% atau sebesar 2,7 juta TJ dan turun menjadi 10,7%, tetapi secara energi meningkat menjadi 4,4 juta TJ. Dalam skenario ini, pemanfaatan EBET jauh lebih tinggi dibandingkan dengan dua skenario lainnya karena adanya dukungan kebijakan pemerintah yang kuat dan peningkatan

keekonomian EBET. Bioenergi mengalami peningkatan karena salah satunya disebabkan oleh rencana pemanfaatan biodiesel menjadi B50 pada tahun 2035 ke depan.

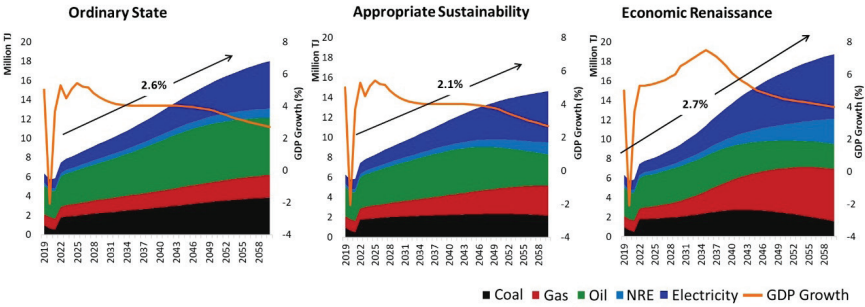
III.3 Outlook Energi Final

Outlook energi final dalam PEO 2023 dikategorikan berdasarkan sektor dan jenis bahan bakarnya. Kelompok sektor utama yang digunakan adalah industri, transportasi, rumah tangga, komersial, bahan baku industri, dan sektor lainnya. Berdasarkan skenario yang dikembangkan dalam pemodelan *outlook* energi, konsumsi energi final secara nasional untuk skenario OS akan tumbuh rata-rata sebesar 2,6% per tahun hingga tahun 2060, sedangkan AS sebesar 2,1% hingga 2060 dan ER sebesar 2,7%.

Skenario OS dan ER mengalami pertumbuhan kebutuhan energi final yang hampir sama meskipun pertumbuhan ekonomi jauh lebih tinggi pada skenario ER. Hal ini menunjukkan bahwa energi yang digunakan pada skenario ER jauh lebih produktif daripada skenario OS, karena terjadinya peningkatan efisiensi energi dalam berbagai aspek, beberapa di antaranya melalui elektrifikasi kendaraan dan peningkatan efisiensi energi

di berbagai sektor. Jika tidak diimbangi dengan transformasi hijau dalam sistem energi-ekonomi, skenario pertumbuhan ekonomi dalam ER akan membutuhkan energi yang jauh lebih besar

lagi. Oleh karena itu, cukup penting untuk menyeimbangkan transformasi sistem energi dan transformasi struktural ekonomi untuk menopang pertumbuhan ekonomi menuju negara maju.



Gambar 3. 4 Proyeksi Permintaan Energi Final
 Sumber: Analisis PEI (2023)

III.3.1 Outlook Energi Final Sektor Transportasi

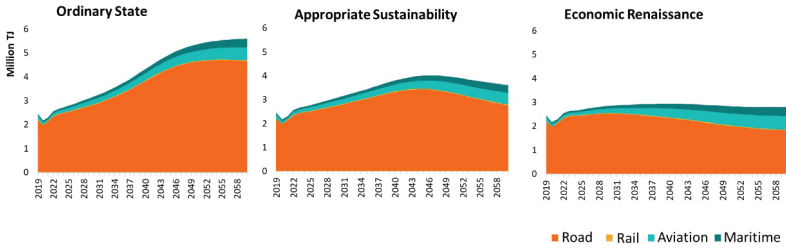
Konsumsi energi final di sektor transportasi sangat bergantung pada keberhasilan elektrifikasi kendaraan dan peningkatan efisiensi mesin. Terlihat pada Gambar 3.5, bahwa skenario OS dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan ER memiliki kebutuhan energi yang jauh lebih besar karena sektor transportasi, terutama darat, cukup lambat dalam bertransisi ke kendaraan listrik dan memiliki tingkat efisiensi mesin yang lebih rendah. Ketiga skenario ini menunjukkan risiko dan peluang yang berbeda dalam transisi energi

di sektor transportasi, yang dapat berdampak pada bisnis berbagai industri yang terkait dengan sektor transportasi, termasuk juga pemerintah yang perlu memastikan ketahanan energi nasional.

Skenario ER menunjukkan bahwa konsep *decoupling* antara pertumbuhan ekonomi dan energi dapat terjadi jika diterapkan kebijakan yang tepat. Sementara skenario OS menunjukkan bahwa tanpa implementasi kebijakan transisi energi yang kuat, kebutuhan energi di sektor transportasi akan sangat tinggi, tetapi secara ekonomi menjadi tidak produktif. Adapun dalam skenario AS, transisi energi yang lambat akan meningkatkan pertumbuhan energi dalam jangka

panjang meskipun kemudian turun menjelang target pencapaian NZE. Pola transisi semacam ini akan

meningkatkan akumulasi emisi dari sektor transportasi meskipun pada tahun 2060 tercapai NZE.



Gambar 3.5 Proyeksi Permintaan Energi Final Sektor Transportasi
 Sumber: Analisis PEI (2023)

III.3.1.1 Transportasi Darat

Transportasi darat merupakan sektor transportasi dengan konsumsi energi terbesar di antara sektor transportasi lainnya (udara dan laut) meskipun dengan tingkat pertumbuhan terkecil. Di setiap skenario, sektor transportasi darat mengalami puncak konsumsi energi sebelum 2060. Untuk skenario OS, puncak konsumsi terjadi pada tahun 2055, skenario AS pada tahun 2045, dan skenario ER pada tahun 2030.

Dari sisi bauran energi, kendaraan listrik masih dipandang memiliki tingkat penetrasi yang berbeda bergantung pada kuatnya dukungan kebijakan, baik dalam bentuk fiskal maupun nonfiskal, serta pencapaian paritas harga (*price parity*) dan keandalan kendaraan. Beberapa negara seperti Norwegia, Tiongkok, dan AS telah berhasil mencapai tingkat penetrasi

kendaraan listrik yang cukup tinggi. Namun, masih terdapat berbagai kendala secara global dalam hal adopsi kendaraan listrik. Beberapa kendala tersebut adalah permasalahan rantai pasok yang meningkatkan harga kendaraan, keandalan baterai, dan ketersediaan infrastruktur pengisian daya.

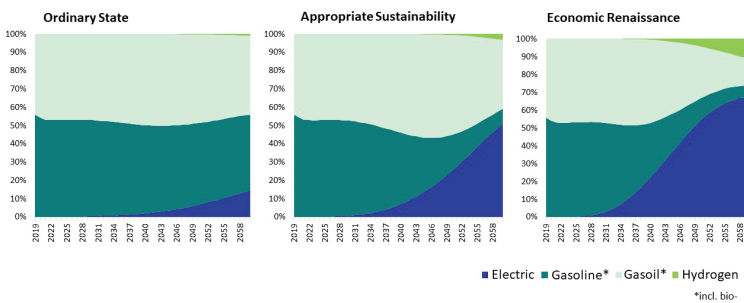
Di Indonesia sendiri, berdasarkan hasil survei yang dilakukan Pertamina Energy Institute dan Puslitbang PLN pada akhir tahun 2022, biaya merupakan faktor yang menjadi perhatian banyak masyarakat, diikuti dengan keandalan jarak tempuh, dan beberapa faktor lain, seperti kefamiliaran merek (*brand*) kendaraan. Keandalan jarak tempuh kendaraan yang menjadi perhatian masyarakat ini sejalan dengan hasil dari beberapa penelitian, yang menyebutkan bahwa kekhawatiran jarak tempuh

(*range anxiety*) merupakan salah satu faktor penghambat adopsi kendaraan listrik di masyarakat. Oleh karena itu, untuk mendorong penetrasi kendaraan listrik di Indonesia, diperlukan juga dukungan keandalan baterai dan fasilitas infrastruktur pengisian daya kendaraan untuk mengatasi masalah keandalan jarak tempuh.

Bahan bakar hidrogen telah diskenariokan dalam transportasi darat. Akan tetapi, karena teknologi tersebut masih termasuk dalam teknologi yang sedang berkembang (*emerging technology*) dengan tingkat ketidakpastian yang tinggi, skenario untuk kendaraan hidrogen baru terjadi dalam periode jangka panjang dengan jumlah yang kecil. Saat ini penerapan energi hidrogen untuk transportasi di dunia masih terkendala biaya, baik biaya produksi hidrogen, terutama hidrogen hijau, maupun biaya

kendaraan hidrogen itu sendiri, meskipun dari sisi pengisian bahan bakar, sistem hidrogen sebetulnya tidak berbeda jauh dengan sistem pengisian bahan bakar kendaraan konvensional.

Untuk Indonesia, potensi hidrogen berdasarkan data dari IEA² ataupun IRENA³ merupakan terkecil di wilayah Asia-Oseania, dengan biaya produksi hidrogen hijau yang mahal. Potensi biaya produksi hidrogen hijau paling rendah (<2 dolar AS/kg) berada di lokasi yang cukup kecil seperti Nusa Tenggara. Oleh karena itu, pengembangan hidrogen yang masuk dalam skala keekonomian masih cukup menantang di Indonesia, dengan tantangan ke depan adalah melimpahnya pasokan dari wilayah lain, seperti Australia, dengan kapasitas produksi yang besar dan biaya produksi rendah.



Gambar 3. 6 Proyeksi Bauran Energi Transportasi Darat
 Sumber: Analisis PEI (2023)

² <https://www.iea.org/reports/an-energy-sector-roadmap-to-net-zero-emissions-in-indonesia>.

³ <https://www.irena.org/publications/2022/Oct/Indonesia-Energy-Transition-Outlook>.

III.3.1.2 Transportasi Udara

Tingkat pertumbuhan konsumsi energi final sektor transportasi udara per tahun antarskenario adalah OS (2,7%), AS (2,5%), dan ER (2,8%). Untuk penerapan *sustainable aviation fuel* (SAF), dalam PEO 2023 masuk dalam skenario ER dengan transformasi struktural sistem energi hijau dan efisiensi bahan bakar penerbangan. Sementara itu, pada skenario lain belum terdapat SAF walaupun dalam skenario AS tingkat efisiensi bahan bakar lebih baik dibandingkan dengan skenario OS.

Implementasi SAF di negara berkembang masih dibayangi ketidakpastian. Meskipun sudah muncul uji coba ataupun komitmen dalam penerapannya, implementasi dalam skala besar masih cukup jauh. Di negara maju diperkirakan SAF tercepat baru akan masuk sekitar 2035.

Diperkirakan jenis SAF yang berpotensi untuk digunakan ke depan adalah bioavtur berbasis *hydrotreated vegetable oil* (HVO) dan *hydroprocessed esters and fatty acids* (HEFA). Permasalahan SAF masih berupa ketersediaan bahan baku untuk jelantah (*used cooking oil*), sedangkan permasalahan bahan bakar sintetis masih berupa kesiapan hidrogen sebagai bahan baku yang biaya produksinya sendiri masih mahal.

III.3.1.3 Transportasi Laut

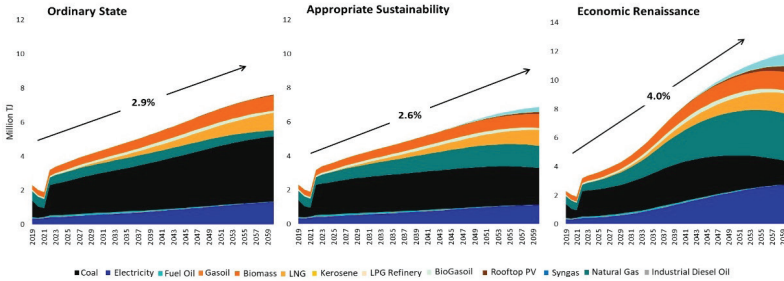
Pertumbuhan konsumsi energi transportasi laut per tahun untuk skenario OS berada di kisaran 4%, AS 3,7%, dan ER 4,2%. Untuk pemanfaatan bahan bakar, skenario OS dan AS didominasi oleh *gasoil* dan *biogasoil*. Sementara itu, jenis bahan bakar lain, yaitu hidrogen, amonia, listrik, gas, dan bahan bakar sintetis, baru masuk dalam skenario ER. Hal ini disebabkan pemanfaatan bahan bakar alternatif rendah karbon untuk sektor maritim memerlukan dukungan kebijakan transisi energi dan tidak akan ekonomis tanpa pencapaian paritas harga, baik melalui harga karbon yang tinggi maupun melalui penurunan biaya produksi bahan bakar alternatif.

III.3.2 Outlook Energi Final Sektor Industri

Konsumsi energi di sektor industri nasional diproyeksikan akan tumbuh rata-rata 2,9% per tahun dengan total konsumsi pada tahun 2060 sebesar 7,6 juta TJ dalam skenario OS. Adapun untuk skenario AS sekitar 2,6% per tahun dan skenario ER tertinggi, yaitu 4% per tahun. Tingginya pertumbuhan konsumsi energi di sektor industri untuk skenario ER terjadi karena industri merupakan penopang pertumbuhan ekonomi tinggi yang diperlukan untuk mencapai Indonesia Emas 2045. Selain

itu, industri pupuk dan pangan juga memerlukan energi yang besar karena digunakan untuk

menopang kebutuhan pangan dari penduduk yang terus tumbuh dan lebih sejahtera di masa depan.



Gambar 3.7 Proyeksi Permintaan Energi Sektor Industri
 Sumber: Analisis PEI (2023)

Dari sisi bauran energi, batubara, listrik, dan gas akan menjadi penopang kebutuhan energi di sektor industri. Di ketiga skenario, bahkan untuk skenario ER yang mengalami transformasi energi hijau, batubara masih sulit digantikan di sektor industri *hard-to-abate*, seperti industri semen dan logam dasar besi baja, karena *process heating* yang membutuhkan energi besar dan stabil. Batubara untuk keperluan *process heating* berpotensi digantikan oleh gas di masa depan. Terlebih jika infrastruktur gas sudah tersambung hingga ke pusat-pusat industri baru, seperti *smelter* yang berlokasi di luar Jawa.

dalam menurunkan emisi, terutama setelah pilihan efisiensi energi dilakukan. Meskipun demikian, CCS *hub* masih memerlukan terobosan teknologi untuk menurunkan biaya penangkapan, kebijakan nilai ekonomi karbon yang kuat, serta dukungan kebijakan lain untuk mendorong implementasinya.

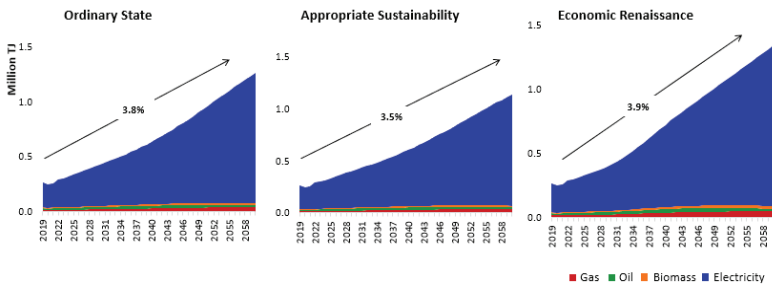
Selain itu, CCS juga berpotensi untuk menurunkan emisi di sektor *hard-to-abate*. Dengan terbatasnya pilihan dekarbonisasi di sektor ini, CCS *hub* menjadi peluang terbaik untuk sektor ini

Selanjutnya, jenis energi hijau, yaitu hidrogen, masih memiliki tingkat ketidakpastian yang tinggi di Indonesia, terutama dari sisi sumber energi yang digunakan untuk memproduksi hidrogen dan biaya produksinya. Oleh karena itu, hidrogen hijau baru terdapat dalam skenario AS dan ER pada jangka waktu yang masih jauh dan dengan porsi yang relatif kecil. Dorongan kebijakan dan penurunan biaya teknologi akan menjadi faktor penentu penggunaan hidrogen hijau di Indonesia.

III.3.3 Outlook Energi Final Sektor Komersial dan Rumah Tangga

Saat ini, sektor komersial dan rumah tangga merupakan sektor yang menggunakan listrik dan gas sebagai sumber energi utamanya. Seiring berjalannya transisi energi dan peningkatan kesejahteraan taraf hidup masyarakat, ke depan energi listrik akan semakin mendominasi konsumsi energi final di kedua sektor ini. Sumber listrik untuk kedua sektor ini ke depan juga akan semakin bertambah, terutama yang berasal dari energi surya (*rooftop solar panel*).

Sektor komersial merupakan sektor yang mencakup sektor jasa, seperti perkantoran, sekolah, rumah sakit, tempat hiburan, pergudangan, hotel, dan pertokoan. Sektor ini merupakan sektor yang akan berkembang mengikuti pertumbuhan penduduk dan urbanisasi. Bangunan dalam sektor komersial memerlukan energi untuk pengoperasian pendingin ruangan, *lift* dan eskalator, penerangan, dan lain-lain. Sebagian besar dari peralatan tersebut memerlukan energi listrik sehingga dapat dipahami bahwa energi listrik merupakan jenis energi yang paling dominan pada sektor komersial.



Gambar 3. 8 Proyeksi Permintaan Energi Sektor Komersial
Sumber: Analisis PEI (2023)

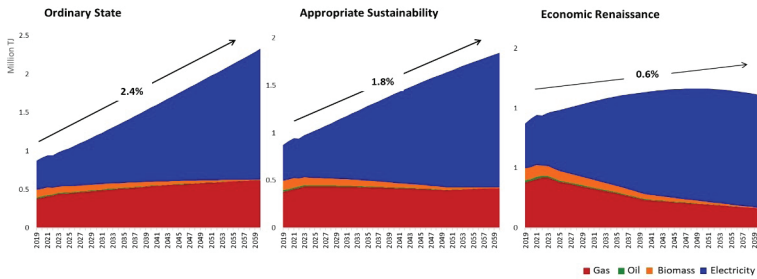
Di Indonesia, untuk sektor rumah tangga, saat ini masih terdapat penggunaan biomassa tradisional, terutama untuk keperluan memasak. Dalam skenario ER, penggunaan biomassa tradisional akan mengalami penurunan pertumbuhan rata-rata per tahun sekitar -7,1%,

tertinggi dibandingkan dengan skenario AS sebesar -6,2% dan OS sebesar -6,0%. Hal ini disebabkan pencapaian pertumbuhan PDB per kapita yang tinggi sehingga terjadi peningkatan kesejahteraan masyarakat, sehingga akan meningkatkan penggunaan teknologi yang

lebih maju. Memasak, misalnya, yang tadinya menggunakan kayu bakar atau arang, beralih menjadi menggunakan kompor listrik.

Selain peralihan tersebut, peningkatan taraf hidup masyarakat juga akan meningkatkan penggunaan teknologi seperti AC atau lemari es. Perlu diperhatikan dalam skenario ER juga terjadi peningkatan efisiensi energi di berbagai teknologi rumah, sehingga bauran energi listrik mengalami peningkatan walaupun pertumbuhan energinya tidak lebih

tinggi dari skenario lain seperti AS maupun OS (yang menggunakan asumsi tingkat peningkatan efisiensi energi lebih rendah). Skenario ER menunjukkan bahwa transisi energi yang berkeadilan bagi seluruh masyarakat masih mungkin diterapkan dengan tanpa meningkatkan kebutuhan energi. Hal itu dapat terjadi jika kebijakan transisi diterapkan bersamaan dengan peningkatan efisiensi energi. Hal ini sejalan dengan rekomendasi IEA bahwa efisiensi energi merupakan *first fuel* dalam transisi energi⁴.



Gambar 3. 9 Proyeksi Permintaan Energi Sektor Rumah Tangga
 Sumber: Analisis PEI (2023)

III.4 Outlook Energi Sektor Pembangkit

Untuk menopang kebutuhan listrik, kapasitas pembangkit akan mengalami peningkatan dengan skenario OS sebesar rata-rata 3,7% per tahun, AS 3,9%, dan ER tertinggi sebesar 4,5%. Kebutuhan kapasitas pembangkit yang tinggi di skenario ER disebabkan oleh pemanfaatan tenaga surya di sektor pembangkit yang bersifat

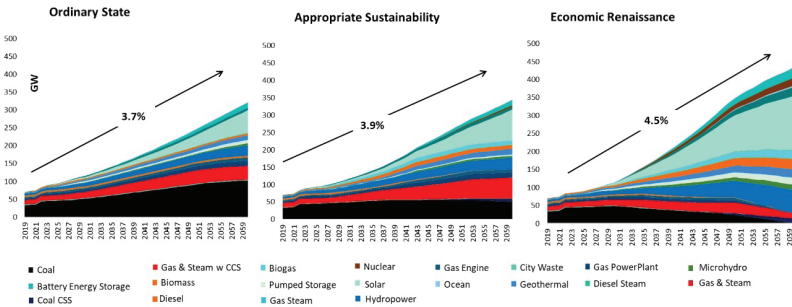
intermiten, serta peningkatan elektrifikasi di sektor konsumsi final. Untuk mengimbangi peningkatan penggunaan pembangkit EBET intermiten, diperlukan teknologi penyimpanan energi dalam bentuk sistem penyimpanan energi baterai (BESS). Oleh karena itu, skenario ER mengalami peningkatan jumlah BESS. Untuk skenario AS dan ER,

⁴ <https://www.iea.org/energy-system/energy-efficiency-and-demand/energy-efficiency>.

tenaga nuklir sudah masuk ke dalam sistem pembangkit. Nuklir dalam bentuk SMR merupakan salah satu pilihan sumber energi yang dapat dijadikan sebagai *baseload* (pembangkit yang digunakan sebagai pembangkit beban dasar), dan dapat menggantikan pembangkit batubara. Di Indonesia, pembangkit nuklir diharapkan beroperasi paling cepat sekitar tahun 2031 (DEN, 2023).

Selain pemanfaatan energi nuklir, CCS juga dapat menurunkan emisi di sektor pembangkit. Akan tetapi, penambahan CCS akan meningkatkan biaya operasional dari pembangkit. Dengan biaya

penurunan emisi dari CCS saat ini yang masih berada di atas 100–130 dolar AS per ton, teknologi CCS masih perlu dikembangkan lebih lanjut dan terobosan yang besar di masa mendatang. Oleh karena itu, skenario pemanfaatan CCS di sektor pembangkit akan terjadi jika terdapat transformasi sistem ekonomi yang meningkatkan paritas antara biaya penurunan karbon menggunakan CCS dan nilai ekonomi karbon (NEK). Sehingga, diperlukan dukungan fiskal dan nonfiskal dari pemerintah untuk penerapan CCS, serta terobosan teknologi yang dapat menurunkan biaya CCS.



Gambar 3. 10 Bauran Energi dan Kapasitas di Sektor Pembangkit

Sumber: Analisis PEI (2023)

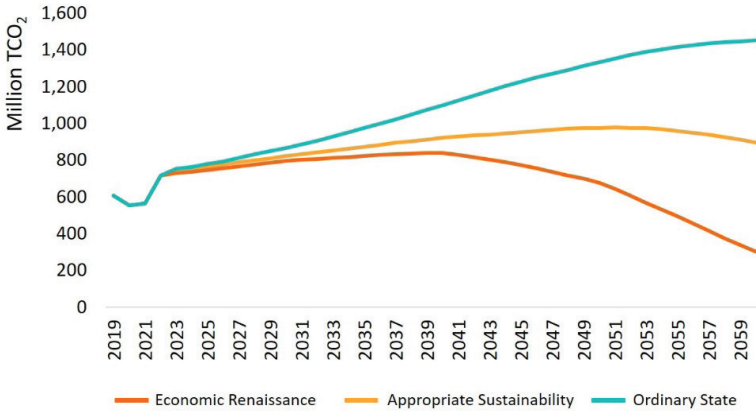
III.5 Outlook Emisi Sektor Energi

Berdasarkan hasil pemodelan, peningkatan populasi dan taraf hidup masyarakat akan diikuti dengan peningkatan kebutuhan energi. Oleh karena itu, jika tidak

diikuti dengan pemilihan jenis bahan bakar yang rendah emisi, peningkatan efisiensi energi, dan penggunaan teknologi ramah lingkungan, maka peningkatan ekonomi akan berdampak pada tingginya laju pertumbuhan emisi CO₂ yang dihasilkan dari

pembakaran sumber energi. Pelepasan emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran energi di sektor komersial, rumah tangga, industri, transportasi, dan pembangkit listrik ke atmosfer dalam jumlah tertentu akan berdampak terhadap pemanasan

global. Emisi CO₂ tersebut juga termasuk yang diakibatkan oleh proses produksi dan pengolahan energi, seperti wilayah produksi migas atau pertambangan, kilang minyak, kilang LPG, kilang LNG, dan kilang *biofuel*.



Gambar 3. 11 Emisi Karbon Sektor Energi
 Sumber: Analisis PEI (2023)

Berdasarkan skenario OS, pada tahun 2060 emisi dari sektor energi akan terus meningkat hingga mencapai 1.450 juta ton. Pada skenario AS, emisi dari sektor energi mencapai puncak pada tahun 2051 sebesar 976 juta ton dan kemudian mencapai 896 juta ton pada akhir tahun proyeksi. Adapun pada skenario ER, emisi energi mencapai puncak pada tahun 2039, yaitu sebesar 838 juta ton, kemudian menurun hingga akhir tahun proyeksi sebesar 302 juta ton. Dalam skenario ini, emisi di sektor pembangkit sudah mencapai NZE

pada tahun 2060. Sisa emisinya kemudian di-offset menggunakan penyerapan karbon berbasis alam (*natural sink*) dan tercapai NZE sepenuhnya.

Berdasarkan sektor, penyumbang emisi terbesar adalah sektor pembangkit listrik yang disebabkan sebagian besar sumber energinya berasal dari batubara dengan kandungan karbon yang tinggi. Porsi emisi bersih pembangkit listrik terhadap total emisi bersih pada skenario AS dan OS pada tahun 2060 adalah sekitar 45%. Karena pada skenario

ER sudah terdapat pemanfaatan EBET yang masif, serta CCS/CCUS di sektor pembangkit, maka NZE di sektor pembangkit tercapai.

Sektor industri merupakan penyumbang emisi bersih terbesar kedua, diikuti sektor transportasi. Sementara itu, sektor rumah tangga, komersial, dan sektor lain merupakan sektor dengan tingkat emisi paling kecil. Ke depan, penurunan emisi di sektor transportasi dapat dilakukan dengan berbagai cara, beberapa di antaranya melalui peningkatan efisiensi mesin kendaraan, pemanfaatan BBN, dan elektrifikasi kendaraan. Meskipun demikian, untuk sektor industri, terutama yang *hard-to-abate*, penurunan emisi bukan merupakan hal mudah.

Untuk menurunkan emisi, penetrasi teknologi rendah karbon diperlukan di semua sektor pengguna energi. Peta jalan strategi pengelolaan energi jangka panjang perlu disusun sehingga pencapaian penurunan karbon dapat membawa manfaat, tidak hanya untuk pemerintah, tetapi juga badan usaha. PEO 2023 memberikan gambaran umum mengenai peta jalan pemanfaatan energi yang disesuaikan dengan kesiapan pasar dan teknologi. Pada skenario AS, diperlukan

elektrifikasi di berbagai sektor dan pemanfaatan berbagai jenis EBET untuk menahan laju peningkatan emisi. Sementara itu, pada skenario ER, selain elektrifikasi di berbagai sektor dan pemanfaatan EBET, diperlukan juga teknologi penangkapan karbon seperti CCS/CCUS untuk menurunkan emisi hingga tercapai NZE. Baik dalam skenario AS maupun ER diperlukan *offset* karbon untuk memastikan bahwa emisi dapat lebih lanjut diturunkan.

Oleh karena itu, solusi berbasis alam, seperti hutan hujan dan mangrove, sangat diperlukan. Pemanfaatan solusi berbasis lautan, seperti karbon biru atau energi arus laut, juga perlu dikembangkan lebih lanjut, karena Indonesia memiliki potensi yang besar dalam kelautan. Selain itu, untuk mencapai tingkat elektrifikasi dan penggunaan EBET, diperlukan kebijakan seperti *phase out* PLTU batubara, dan penggantian penjualan kendaraan konvensional dengan kendaraan rendah karbon, seperti kendaraan listrik atau *biofuel*. Pengembangan hidrogen, baik sebagai bahan bakar langsung, sebagai penyimpanan energi seperti *fuel cell*, maupun bahan untuk menghasilkan bahan bakar sintetis, juga perlu dikembangkan lebih jauh.



Bab IV

RISIKO TERKAIT IKLIM DAN PELUANGNYA



IV.1 Risiko Transisi dan Peluangnya

IV.1.1 Dampak Kebijakan dan Legal

Risiko transisi dari sisi kebijakan dan legal dianalisis, baik dari sisi kebijakan dan regulasi yang

masih menunggu penetapan oleh pemerintah, sehingga berpotensi menimbulkan risiko bagi transisi energi serta peningkatan kebutuhan energi nasional, maupun dari sisi kebijakan dan regulasi yang berpotensi dalam mendorong transisi energi dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.1 Matriks Risiko Transisi Kebijakan dan Legal

Risiko dan Peluang	Kondisi Saat Ini	Potensi Dampak
Nasional		
1. Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional 2025-2045	Konsep RPJPN 2025-2045 a. Intensitas emisi karbon menurun menuju <i>net zero emission</i> <ul style="list-style-type: none"> Percepatan transisi energi menuju energi baru dan energi terbarukan (EBET) Pengembangan jaringan listrik luar pulau dan nasional Transportasi ramah lingkungan Reformasi pengelolaan sampah terintegrasi dari hulu sampai hilir Pengendalian deforestasi b. Porsi EBET dalam bauran energi primer: <i>baseline</i> 2025: 20%; target 2045: 70% c. Indeks ketahanan energi: <i>baseline</i> 2025: 6,61; target 2045: 8,24	Menetapkan agenda dan arah pembangunan 2025-2045, yaitu transformasi ekonomi melalui penerapan ekonomi hijau dalam rangka tercapainya Visi Indonesia Emas 2045.
2. Rancangan Undang-Undang tentang Energi Baru dan Energi Terbarukan	Daftar Inventarisasi Masalah RUU EBET a. Pengaturan transisi energi dan peta jalan. Transisi energi dan peta jalan disesuaikan dengan urutan substansi, dimulai dari target bauran energi yang mengacu kepada Kebijakan Energi Nasional, peta jalan dalam transisi energi, baik dalam jangka menengah maupun jangka panjang, serta implementasi dari transisi energi tersebut.	Regulasi komprehensif untuk menciptakan iklim pengembangan EBET yang berkelanjutan dan berkeadilan, di samping capaian target <i>nationally determined contribution</i> dan <i>net zero emission</i> serta mendukung pembangunan <i>green industry</i> dan pertumbuhan ekonomi nasional.

Risiko dan Peluang	Kondisi Saat Ini	Potensi Dampak
	<ul style="list-style-type: none"> b. Pemerintah menyepakati definisi terkait energi, energi terbarukan, dan sumber energi, sumber energi terbarukan dan sumber energi tidak terbarukan. c. Pemerintah menyetujui pembentukan Majelis Tenaga Nuklir (MTN) dan selanjutnya mengusulkan kewenangan MTN, yaitu terkait dengan pengkajian kebijakan pelaksanaan <i>monitoring</i> dan evaluasi serta penyusunan rekomendasi kebijakan. d. Pemerintah mengusulkan adanya perizinan usaha EBET, termasuk nuklir yang berbasis risiko, sebagai legalitas yang diberikan kepada pelaku usaha untuk menjalankan usaha EBET. Hal itu diharapkan dapat memberikan kepastian hukum, peningkatan investasi, peningkatan TKDN, percepatan EBET, dan sebagai payung hukum dalam pembinaan dan pengawasan kegiatan perusahaan EBET. 	
<p>3. Revisi Undang-Undang tentang Minyak dan Gas Bumi</p>	<p>Konsep revisi UU Migas</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Penguasaan dan perusahaan hulu salah satunya dengan pembentukan Badan Usaha Khusus (BUK) migas sebagai pemegang kuasa usaha pertambangan melalui perizinan usaha hulu. b. Penyederhanaan perizinan, dengan otomatisasi persetujuan atas pemanfaatan tata ruang sebagaimana penetapan wilayah kerja oleh menteri, dan dengan fasilitasi penyelesaian perizinan berusaha pada hulu migas oleh BUK migas. c. Kepastian dan kemudahan berusaha, dengan mengembalikan prinsip <i>assume and discharge</i>, serta pemberlakuan skema <i>country basis</i> untuk penghitungan pajak penghasilan. d. Upaya dekarbonisasi melalui kebijakan CCS/CCUS di sektor hulu migas. e. Dana migas yang diperuntukkan bagi peningkatan dan pengembangan kegiatan usaha migas, yang bersumber dari hasil penerimaan bagian negara. 	<p>Diharapkan dapat meningkatkan iklim investasi migas.</p>

Risiko dan Peluang	Kondisi Saat Ini	Potensi Dampak																																																																																																																								
	<p>f. Penguasaan dan pengusahaan hilir dalam rangka menjamin ketersediaan, kelancaran pendistribusian, dan keterjangkauan gas bumi, bahan bakar minyak, dan bahan bakar gas.</p>																																																																																																																									
4. Revisi Kebijakan Energi Nasional	<p>Konsep revisi PP Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional</p> <p>a. Kebijakan Energi Nasional dilaksanakan untuk periode sampai dengan tahun 2060.</p> <p>b. Penyesuaian sasaran kebijakan energi nasional dari yang semula tercapainya bauran energi primer yang optimal untuk energi baru dan energi terbarukan paling sedikit 23% pada tahun 2025 dan paling sedikit 31% pada tahun 2050 sepanjang keekonomiannya terpenuhi menjadi 25% pada tahun 2030 dan 62%-63% pada tahun 2060.</p> <p>c. Sasaran kebijakan energi nasional:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Target</th> <th>Satuan</th> <th>2030</th> <th>2040</th> <th>2050</th> <th>2060</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Penyediaan Energi Final</td> <td>Juta TOE</td> <td>261-263</td> <td>3-46-393</td> <td>415-470</td> <td>445-495</td> </tr> <tr> <td>Penyediaan Energi Final per sektor:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a. Industri</td> <td>Juta TOE</td> <td>116-117</td> <td>165-189</td> <td>214-239</td> <td>241-272</td> </tr> <tr> <td>b. Transportasi</td> <td></td> <td>101</td> <td>134-142</td> <td>155-172</td> <td>158-169</td> </tr> <tr> <td>c. Komersial</td> <td></td> <td>10</td> <td>11-15</td> <td>12-16</td> <td>13-17</td> </tr> <tr> <td>d. Rumah Tangga</td> <td></td> <td>34-35</td> <td>36-46</td> <td>35-43</td> <td>34-40</td> </tr> <tr> <td>Penyediaan Energi Final per jenis Energi:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>a. BBM</td> <td></td> <td>90</td> <td>84-89</td> <td>56-63</td> <td>42-44</td> </tr> <tr> <td>b. Gas</td> <td>Juta TOE</td> <td>32</td> <td>41-56</td> <td>43-54</td> <td>44-49</td> </tr> <tr> <td>c. EBT</td> <td></td> <td>48</td> <td>60-68</td> <td>71-79</td> <td>84-92</td> </tr> <tr> <td>d. Batu bara</td> <td></td> <td>56,4</td> <td>76,8-87,8</td> <td>117,8-136,8</td> <td>118,3-124,3</td> </tr> <tr> <td>e. Listrik</td> <td></td> <td>35-37</td> <td>76-100</td> <td>115-145</td> <td>157-187</td> </tr> <tr> <td>Pemanfaatan Energi Final per kapita</td> <td>TOE</td> <td>0,9</td> <td>1,1-1,3</td> <td>1,3-1,4</td> <td>1,4-1,5</td> </tr> <tr> <td>Kebutuhan Energi listrik</td> <td>TWh</td> <td>404-428</td> <td>889-1,160</td> <td>1,338-1,690</td> <td>1,830-2,173</td> </tr> <tr> <td>Konsumsi Energi listrik per kapita</td> <td>KWh</td> <td>1,373-1,455</td> <td>2,844-3,712</td> <td>4,132-5,216</td> <td>5,539-6,577</td> </tr> <tr> <td>Penyediaan Energi Primer</td> <td>Juta TOE</td> <td>350-359</td> <td>505-610</td> <td>657-820</td> <td>851-930</td> </tr> <tr> <td>Bauran EBT dalam Energi Primer</td> <td>%</td> <td>25</td> <td>37</td> <td>53</td> <td>62-63</td> </tr> <tr> <td>Penyediaan Energi Primer per kapita</td> <td>TOE</td> <td>1,2</td> <td>1,6-2,0</td> <td>2,1-2,5</td> <td>2,6-2,8</td> </tr> <tr> <td>Intensitas Energi Primer</td> <td>TOE/uta USD</td> <td>189-190</td> <td>1,6-2,0</td> <td>2,1-2,5</td> <td>2,6-2,8</td> </tr> </tbody> </table>	Target	Satuan	2030	2040	2050	2060	Penyediaan Energi Final	Juta TOE	261-263	3-46-393	415-470	445-495	Penyediaan Energi Final per sektor:						a. Industri	Juta TOE	116-117	165-189	214-239	241-272	b. Transportasi		101	134-142	155-172	158-169	c. Komersial		10	11-15	12-16	13-17	d. Rumah Tangga		34-35	36-46	35-43	34-40	Penyediaan Energi Final per jenis Energi:						a. BBM		90	84-89	56-63	42-44	b. Gas	Juta TOE	32	41-56	43-54	44-49	c. EBT		48	60-68	71-79	84-92	d. Batu bara		56,4	76,8-87,8	117,8-136,8	118,3-124,3	e. Listrik		35-37	76-100	115-145	157-187	Pemanfaatan Energi Final per kapita	TOE	0,9	1,1-1,3	1,3-1,4	1,4-1,5	Kebutuhan Energi listrik	TWh	404-428	889-1,160	1,338-1,690	1,830-2,173	Konsumsi Energi listrik per kapita	KWh	1,373-1,455	2,844-3,712	4,132-5,216	5,539-6,577	Penyediaan Energi Primer	Juta TOE	350-359	505-610	657-820	851-930	Bauran EBT dalam Energi Primer	%	25	37	53	62-63	Penyediaan Energi Primer per kapita	TOE	1,2	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-2,8	Intensitas Energi Primer	TOE/uta USD	189-190	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-2,8	<p>Memberikan arah kebijakan energi nasional yang disesuaikan dengan:</p> <p>a. Perkembangan realisasi konsumsi dan penyediaan energi, termasuk bauran energi primer.</p> <p>b. Perubahan lingkungan strategis, baik nasional maupun global, antara lain target pertumbuhan ekonomi untuk menjadi negara maju pada tahun 2045 dan kontribusi sektor energi dalam memenuhi komitmen nasional untuk mencapai <i>net zero emission</i> pada tahun 2060.</p>
Target	Satuan	2030	2040	2050	2060																																																																																																																					
Penyediaan Energi Final	Juta TOE	261-263	3-46-393	415-470	445-495																																																																																																																					
Penyediaan Energi Final per sektor:																																																																																																																										
a. Industri	Juta TOE	116-117	165-189	214-239	241-272																																																																																																																					
b. Transportasi		101	134-142	155-172	158-169																																																																																																																					
c. Komersial		10	11-15	12-16	13-17																																																																																																																					
d. Rumah Tangga		34-35	36-46	35-43	34-40																																																																																																																					
Penyediaan Energi Final per jenis Energi:																																																																																																																										
a. BBM		90	84-89	56-63	42-44																																																																																																																					
b. Gas	Juta TOE	32	41-56	43-54	44-49																																																																																																																					
c. EBT		48	60-68	71-79	84-92																																																																																																																					
d. Batu bara		56,4	76,8-87,8	117,8-136,8	118,3-124,3																																																																																																																					
e. Listrik		35-37	76-100	115-145	157-187																																																																																																																					
Pemanfaatan Energi Final per kapita	TOE	0,9	1,1-1,3	1,3-1,4	1,4-1,5																																																																																																																					
Kebutuhan Energi listrik	TWh	404-428	889-1,160	1,338-1,690	1,830-2,173																																																																																																																					
Konsumsi Energi listrik per kapita	KWh	1,373-1,455	2,844-3,712	4,132-5,216	5,539-6,577																																																																																																																					
Penyediaan Energi Primer	Juta TOE	350-359	505-610	657-820	851-930																																																																																																																					
Bauran EBT dalam Energi Primer	%	25	37	53	62-63																																																																																																																					
Penyediaan Energi Primer per kapita	TOE	1,2	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-2,8																																																																																																																					
Intensitas Energi Primer	TOE/uta USD	189-190	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-2,8																																																																																																																					
5. Rancangan Peraturan Presiden tentang Cadangan Penyanga Energi	<p>Konsep Perpres tentang CPE</p> <p>a. Jenis, jumlah, waktu, dan lokasi CPE</p> <ul style="list-style-type: none"> Jenis CPE diprioritaskan energi yang diimpor oleh Indonesia. Jumlah CPE disesuaikan dengan jumlah hari impor. Waktu CPE disesuaikan dengan kondisi keuangan negara. Lokasi CPE memenuhi persyaratan teknis dan kelayakan. 	<p>Untuk menjamin ketahanan energi nasional.</p>																																																																																																																								

Risiko dan Peluang	Kondisi Saat Ini	Potensi Dampak
	<ul style="list-style-type: none"> b. Pengelolaan CPE oleh pemerintah dan dapat mengikutsertakan BUMN, badan usaha, dan/atau bentuk usaha tetap. c. Penggunaan CPE dilakukan ketika terjadi krisis energi dan/atau darurat energi. d. Pendanaan CPE berasal dari APBN dan sumber lainnya yang sah. e. Pembinaan dan pengawasan CPE oleh pemerintah 	
<p>6. Nilai Ekonomi Karbon</p>	<p>Peraturan OJK Nomor 14 Tahun 2023 tentang Perdagangan Karbon melalui Bursa Karbon:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Unit karbon yang diperdagangkan melalui Bursa Karbon adalah efek serta wajib terlebih dahulu terdaftar di Sistem Registri Nasional Pengendalian Perubahan Iklim dan Penyelenggara Bursa Karbon. b. Pihak yang dapat menyelenggarakan kegiatan usaha sebagai Bursa Karbon merupakan penyelenggara pasar yang telah memiliki izin usaha sebagai penyelenggara Bursa Karbon dari OJK. 	<p>Tersedianya payung hukum dalam mendukung pemerintah untuk melaksanakan program pengendalian perubahan iklim melalui pengurangan emisi gas rumah kaca, sejalan dengan komitmen Perjanjian Paris.</p>
<p>Sektor Tenaga Listrik</p>		
<p><i>Just Energy Transition Partnership (JETP)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> a. JETP ialah komitmen pendanaan transisi energi senilai 20 miliar dolar AS atau sekitar Rp 310 triliun yang dicetuskan pada Konferensi Tingkat Tinggi G20 di Bali, November 2022. b. Komitmen pendanaan itu berasal dari negara-negara G7 plus dan sejumlah bank internasional ternama dalam Glasgow Financial Alliance for Net Zero (GFANZ). c. <i>Comprehensive Investment and Policy Plan (CIPP)</i> JETP akan memuat peta jalan teknis dalam pengurangan emisi di sektor ketenagalistrikan serta menjadi kerangka kerja dalam transisi energi yang berkeadilan. 	<p>Target JETP:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Emisi gas rumah kaca diturunkan hingga 290 Mt CO2 dan mencapai bauran energi terbarukan 34% pada tahun 2030. b. Netralitas karbon pada tahun 2050. c. Strategi melalui pensiun dini PLTU sebelum tahun 2030.

Risiko dan Peluang	Kondisi Saat Ini	Potensi Dampak
Sektor Transportasi		
Bioetanol	<p>Peraturan Presiden Nomor 40 Tahun 2023 tentang Percepatan Swasembada Gula Nasional dan Penyediaan Bioetanol sebagai Bahan Bakar Nabati (<i>Biofuel</i>), disusun peta jalan:</p> <ol style="list-style-type: none"> Peningkatan produktivitas tebu sebesar 93 ton per hektar melalui perbaikan praktik agrikultur berupa pembibitan, penanaman, pemeliharaan tanaman, dan tebang muat angkut. Penambahan areal lahan baru perkebunan tebu seluas 700.000 hektar yang bersumber dari lahan perkebunan, lahan tebu rakyat, dan lahan kawasan hutan. Peningkatan efisiensi, utilisasi, dan kapasitas pabrik gula untuk mencapai rendemen sebesar 11,2%. Peningkatan kesejahteraan petani tebu. Peningkatan produksi bioetanol yang berasal dari tanaman tebu paling sedikit sebesar 1.200.000 KL. 	<p>Terwujudnya swasembada gula nasional guna menjamin ketahanan pangan nasional, menjamin ketersediaan bahan baku dan bahan penolong industri, mendorong perbaikan kesejahteraan petani tebu, serta mewujudkan ketahanan energi dan pelaksanaan energi bersih melalui penggunaan bahan bakar nabati (<i>biofuel</i>).</p>
Sektor Rumah Tangga dan Komersial		
Program Pendistribusian LPG Tabung 3 Kg Tepat Sasaran	<ol style="list-style-type: none"> Sejak 1 Maret 2023, pemerintah melalui Pertamina telah melakukan registrasi atau pendataan pengguna LPG tabung 3 kg di sub-penyialur atau pangkalan ke dalam sistem berbasis website sebagai tahap awal dari program pendistribusian LPG tabung 3 kg tepat sasaran. Mulai 1 Januari 2024, hanya pengguna yang telah terdata yang boleh membeli LPG tabung 3 kg. Dalam pendataan ini tidak ada pembatasan dalam pembelian LPG tabung 3 kg. Para pembeli di pangkalan hanya perlu membawa KTP dan/atau kartu keluarga, dan apabila sudah terdata dalam sistem hanya cukup membawa KTP untuk pembelian selanjutnya. Khusus untuk pengguna usaha mikro diperlukan tambahan foto diri di tempat usaha. 	<p>Mendorong transformasi subsidi LPG tabung 3 kg tepat sasaran sehingga subsidi LPG dapat diterima oleh masyarakat yang membutuhkan.</p>

Risiko dan Peluang	Kondisi Saat Ini	Potensi Dampak
Sektor Industri		
Revisi Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) 2015-2035	Konsep revisi RIPIN 2015-2035 Target dalam revisi RIPIN 2015-2035 mencakup, khusus untuk 2025: <ol style="list-style-type: none"> Pertumbuhan sektor industri pengolahan nonmigas ditargetkan sebesar 6,4 persen dari semula sebesar 9,1 persen. Kontribusi industri pengolahan nonmigas terhadap PDB ditargetkan sebesar 19,2 persen (atau mencapai 20 persen) dari semula 27,4 persen. Kontribusi ekspor produk industri pengolahan nonmigas ditargetkan mencapai 78 persen dari semula 73,5 persen. Jumlah tenaga kerja di sektor industri pengolahan nonmigas ditargetkan sebanyak 22,6 juta orang dari semula 21,7 juta orang. Impor bahan baku sektor industri terhadap PDB sektor industri nonmigas ditargetkan 35 persen dari semula 23 persen. Nilai investasi industri sektor industri pengolahan nonmigas mencapai Rp 882 triliun dari semula Rp 1.000 triliun. 	Agar Indonesia dapat keluar dari jebakan negara berpendapatan menengah (<i>middle income trap</i>), melalui peningkatan kinerja sektor industri dalam transformasi ekonomi. Sektor manufaktur menjadi kunci dalam perekonomian Indonesia karena peningkatan produktivitas akan diiringi dengan meningkatnya pendapatan per kapita masyarakat.

IV.1.2 Teknologi Penelitian dan Pengembangan, serta Pengurangan Biaya

Komitmen beberapa negara di dunia untuk melawan perubahan iklim yang sedang terjadi telah mendorong negara-negara lain di dunia untuk menetapkan target NZE masing-masing dengan mengurangi dan menekan emisi yang dihasilkan. Salah satu hal

utama yang saat ini secara agresif terjadi di seluruh dunia adalah penggunaan sumber energi terbarukan pada pembangkit listrik menggantikan sumber tenaga fosil.

Keekonomian sumber energi terbarukan semakin bersaing dan, khususnya di negara-negara Barat, sumber energi terbarukan lebih murah dibandingkan dengan sumber energi fosil. *Levelized cost of energy* (LCOE) yang berasal

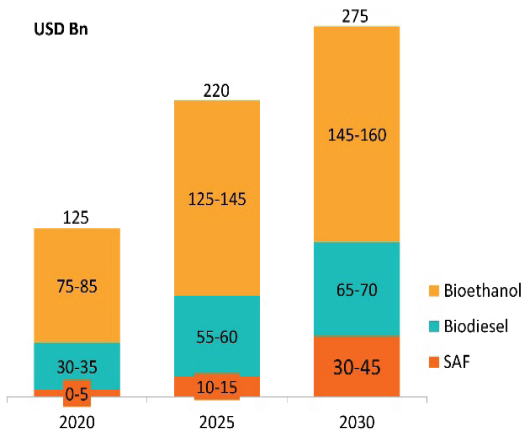
dari energi surya dan angin secara global saat ini sudah lebih murah dibandingkan dengan energi dari gas ataupun batubara. Bahkan LCOE pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) lepas pantai atau *offshore wind* saat ini secara global telah setara dengan energi dari batubara, yaitu 74 dolar AS/MWh. Diproyeksikan ke depan *offshore wind* akan semakin murah didorong oleh teknologi yang semakin maju (BNEF, 2023).

Secara garis besar keekonomian sumber energi terbarukan masih belum dapat bersaing dengan sumber energi yang berasal dari fosil. Tiongkok saat ini merupakan negara dengan keekonomian sumber energi terbarukan terbaik. Tercatat untuk produksi listrik dari tenaga surya mencapai 39 dolar AS/MWh, PLTB di darat atau *onshore wind* sebesar

34 dolar AS/MWh, dan *offshore wind* sebesar 66 dolar AS/MWh (BNEF, 2023).

Semakin bersaingnya keekonomian dari sumber tenaga energi terbarukan tak lepas dari beberapa hal, antara lain ketersediaan bahan baku, kebijakan pemerintah setempat untuk transisi ke penggunaan energi terbarukan, dan letak geografis (untuk sumber tenaga angin dan matahari).

Salah satu jenis EBET yang berpotensi untuk terus dikembangkan di Indonesia adalah *biofuel*. Perusahaan minyak dan gas yang secara garis besar bisnisnya sebagai pemasok bahan bakar untuk transportasi dalam beberapa tahun terakhir telah mulai meningkatkan investasinya di sektor *clean fuel* atau bahan bakar ramah lingkungan.








Gambar 4.1 Pasar *Biofuel* Global
 Sumber: Analisis PEI (2022)

Biofuel memainkan peran penting dalam dekarbonisasi sektor transportasi, dengan pertumbuhan sebesar kurang lebih 8% per tahun (secara global) hingga tahun 2030 terutama didorong oleh bioetanol yang mencapai kurang lebih 60% dari total permintaan. Pertumbuhan bioetanol diproyeksikan sebesar 5% per tahun, hingga tahun 2030 didorong oleh mandat *biofuel* (khususnya di AS dan Uni Eropa).

Saat ini lebih dari 99% kebutuhan bioetanol berasal dari *first generation* (1G) yang didominasi oleh hidrolisis/fermentasi sumber

bahan pangan jagung atau tebu. *Second generation* (2G), atau yang lebih dikenal dengan *advanced biofuel*, saat ini masih dalam tahap pengembangan. Jenis 2G membutuhkan biaya lebih tinggi daripada 1G, tetapi mampu menghasilkan emisi lebih rendah dan lebih berkelanjutan. Jenis 2G diperkirakan akan tumbuh secara signifikan dalam lima tahun ke depan, seiring dengan perkembangan teknologi yang ada. Berikut disampaikan perbandingan mandat dan peraturan pemanfaatan bioetanol di beberapa negara.

Tabel 4. 2 Perbandingan Mandat Pencampuran (*Blending*) Etanol di Beberapa Negara
Sumber: diolah dari berbagai sumber

				
Melarang penjualan gasoline murni (harus dengan campuran ethanol)	10% biofuel blending mandate untuk gasoline	Minimal 14% bahan bakar di tahun 2030 sudah menggunakan sumber energi terbarukan bagi seluruh negara anggota	Pada tahun 2017 telah diwajibkan 10% blending ethanol ke gasoline dan pada tahun 2020 telah mengeluarkan aturan bahwa bahan baku untuk ethanol berasal dari jagung dan singkong	Persatuan Menteri ESDM No.12/2015:
Etanol ditetapkan sebesar 18-27% volume, disesuaikan setiap tahun koordinasi dengan Industri terkait	Banyak negara bagian mempunyai mandat tambahan atau tambahan intensif untuk meningkatkan penggunaan biofuel	Tidak ada mandat yang seragam untuk EU-28, mandat diserahkan ke setiap negara anggota		Mandat percampuran biodiesel, bioethanol dan minyak nabati ke dalam bahan bakar minyak Perpres No.40 Tahun 2023 tentang Percepatan Swasembada Gula Nasional dan Penyedia Bioethanol sebagai Bahan Bakar Nabati (Biofuel)

Indonesia menghadapi tantangan untuk mengadopsi bioetanol di sektor transportasi, yang disebabkan oleh terbatasnya

ketersediaan bahan baku. Dalam hal ini, kolaborasi antar pemerintah dan dunia usaha sangat penting untuk meningkatkan adopsi bioetanol

dalam bauran bahan bakar nasional. Pemerintah perlu membuat peta jalan pengembangan bioetanol dengan meningkatkan penyediaan bahan baku tanaman penghasil bioetanol, dan juga memberikan insentif untuk pengembangan 1G dan 2G, sekaligus mendorong produsen mobil di Indonesia untuk memasukkan campuran etanol dalam kualifikasi teknis mesin yang mereka kembangkan.

Bagi pelaku bisnis, diperlukan kolaborasi lintas sektor untuk membuka pasar bioetanol. BUMN dapat menjadi pemimpin pengembangan tersebut, misalnya Pertamina dan PTPN bekerja sama dalam penyediaan bahan baku dan pengolahan bioetanol. Indonesia juga perlu mengembangkan kemitraan dengan investor global untuk mempercepat pengembangan kemampuan dan peningkatan investasi dalam pengembangan teknologi bioetanol 2G, serta mengembangkan infrastruktur pendukung.

Berikut ini tiga manfaat bioetanol untuk bahan bakar transportasi:

1. Memperkuat ketahanan energi
 - a. Memproduksi bioetanol di dalam negeri (dengan bahan baku yang bersumber dari dalam negeri) dapat mengurangi impor bahan bakar.
 - b. Potensi *yield* yang lebih tinggi untuk kilang (dengan memproduksi bahan bakar beroktan lebih rendah, ditambah dengan bioetanol beroktan tinggi).
2. Menambah nilai keekonomian sektor pertanian
 - a. Meningkatkan permintaan bahan baku tanaman pangan (misalnya jagung, gula, singkong).
 - b. Potensi sinergi dengan sektor pangan lainnya (misalnya pemanfaatan limbah, seperti ampas tebu, sebagai bahan baku, penggunaan produk limbah jagung sebagai pakan ternak).
3. Meningkatkan kualitas bahan bakar
 - a. Angka oktan lebih tinggi meningkatkan performa dan efisiensi mesin.
 - b. Menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

IV.1.3 Preferensi Pasar

PEO 2023 berfokus pada preferensi pemegang saham terhadap isu lingkungan, sosial, dan tata kelola (ESG) di sektor energi fosil, antara lain, peran bank dan investor dalam mengatasi perubahan iklim, pergeseran dari *growth investor* ke *value investor*, aliran modal ke perusahaan energi

fosil, keputusan perubahan strategi oleh perusahaan besar.

a. Peran Bank dan Investor dalam Mengatasi Perubahan Iklim

Beberapa bank terbesar telah menetapkan target untuk mengurangi pendanaan di sektor bahan bakar fosil dan meningkatkan pendanaan untuk energi terbarukan. Contohnya, HSBC telah mengumumkan bahwa mereka tidak lagi mendanai ladang migas baru, seiring dengan tren global menuju emisi nol bersih (NZE) pada tahun 2050. Namun, bank-bank tersebut akan terus mendanai ladang yang sudah ada. ING Groep NV juga telah menghentikan pendanaan proyek migas baru seiring dengan dorongan IEA. Selain itu, investor yang mengelola aset senilai lebih dari 1,5 triliun dolar AS telah memperingatkan bank-bank Eropa, termasuk Barclays, BNP Paribas, Credit Agricole, Deutsche Bank, dan Societe Generale (Reuters, 2023).

Investor institusi memainkan peran kunci dalam mendorong perubahan perusahaan-perusahaan migas. Namun, terdapat perbedaan preferensi antara investor institusi dan perusahaan mengenai teknologi yang

harus diutamakan. Menurut sebuah studi dari Deloitte seperti yang dikutip oleh Valle (2023), para investor institusi di sektor migas bersedia menerima dividen yang lebih rendah dan nilai pembelian kembali (*buyback*) yang lebih sedikit untuk mengalokasikan lebih banyak dana ke proyek transisi energi. Perusahaan migas telah mendistribusikan jumlah yang substansial kepada pemegang saham, dengan total gabungan dividen dan *buyback* sebesar 8% pada tahun 2022, yang dipimpin oleh perusahaan migas internasional, seperti Exxon Mobil, Chevron, BP, Equinor, Shell, dan TotalEnergies. Namun, hal itu menuai kritik karena tidak disertai dengan investasi yang lebih banyak dalam transisi energi. Investor dengan ekuitas sebesar 2,3 triliun dolar AS dalam industri migas global mengubah ekspektasi mereka, yaitu mendukung teknologi rendah karbon dengan pengembalian yang lebih rendah, yaitu 3%. Lebih lanjut, 75% dari mereka bersedia terus memegang saham untuk tujuan ini.

Berbeda dengan jenis investor tersebut, 60% eksekutif yang disurvei mengindikasikan bahwa mereka hanya akan

berinvestasi dalam proyek berkarbon rendah jika tingkat pengembalian internal melebihi 12% hingga 15%. Selain itu, juga terdapat studi PWC (2019) terkait preferensi investor yang menginginkan dividen setidaknya sebesar 5%.

Adapun terkait perbedaan preferensi dalam pengeluaran, para eksekutif fokus pada teknologi hidrogen dan CCS, sementara investor lebih suka "teknologi yang lebih transformatif", seperti elektrifikasi transportasi, stasiun pengisian daya listrik, dan penyimpanan baterai.

b. Pergeseran dari *Growth Investor* ke *Value Investor*

Studi dari PWC (2019) menemukan bahwa perusahaan migas tengah menghadapi kesulitan dalam menarik investor. Harga minyak terus berfluktuasi dan lanskap energi terus berubah. Kinerja saham sektor ini selama lima tahun terakhir secara konsisten tertinggal di belakang S&P 500. Mereka yang sebelumnya telah berinvestasi dalam migas, seperti *growth investor*, tidak lagi tertarik pada industri ini.

Sementara itu, investor yang lebih fokus pada aspek ESG tidak pernah tertarik pada migas karena fokus mereka

pada pengurangan karbon dan masalah terkait lainnya. Ini berarti tipe investor yang tersisa adalah *value investor*. *Value investor* paling peduli terhadap tingkat dividen yang stabil tanpa risiko. Dana pensiun, dana yayasan, dana kekayaan negara, dana asuransi, dan sebagainya bertujuan untuk menjaga nilai dana mereka dan mengalahkan inflasi. *Value investor* cenderung mencari volatilitas minimal dan pengembalian yang stabil. Yang dapat dilakukan perusahaan salah satunya adalah memastikan pendapatan melalui *free cash flow* (FCF), *return on capital employed* (ROCE), dan dividen terjaga, bahkan selama kondisi harga minyak rendah.

Pergeseran ini pun terlihat tidak hanya pada perusahaan migas, tetapi juga perusahaan batubara. Sebagai contoh di Amerika Serikat, Kuykendall (2022) mengutip beberapa pandangan investor individu (*individual investors*) yang membeli sektor yang dibenci, yang dalam hal ini untuk sektor energi adalah batubara. Harga saham Alpha Metallurgical Resources Inc., produsen batubara terbesar di Amerika Serikat, meningkat tajam 986,2% *year on year*

pada 27 April 2022. Begitu jugadarisembilan perusahaan tambang batubara yang dianalisis S&P Global Commodity Insights, seluruh harga sahamnya meningkat pada tahun tersebut dengan pengali ekuitas beberapa kali. *Individual investors* di Amerika Serikat berkontribusi 10% terhadap kepemilikan perusahaan batubara. Investor ini mengejar “nilai”, terlihat dari beberapa investor yang beralih ke komoditas dari sebelumnya di perusahaan teknologi. *Free cash flow* yang substansial dan pengeluaran modal yang terbatas menarik investor.

c. Aliran Modal ke Perusahaan Fosil

The Economist (2022) mengemukakan, meskipun beberapa perusahaan energi fosil menjual aset bahan bakar fosil senilai 44 miliar dolar AS sejak 2018 karena tekanan dari berbagai pihak, perusahaan swasta aktif mengakuisisi aset minyak, gas, dan batubara, melebihi investasi mereka di energi terbarukan. Begitu juga *private infrastructure funds* yang mengakuisisi aset *midstream*, seperti pipa gas yang dianggap aman dan menguntungkan. Selain itu, BUMN-BUMN dan *sovereign funds* juga masuk walaupun

dengan cara yang tidak kelihatan.

Terkait divestasi oleh beberapa perusahaan, Ross (2023) berargumen bahwa pemilik dan pengelola aset perlu menolak tekanan untuk divestasi tanpa *engagement* terlebih dahulu. Pemilik dan pengelola dana perlu lebih sering memberikan suara terkait resolusi iklim, lebih aktif dalam meminta perusahaan bertanggung jawab atas tindakan terkait iklim mereka, karena *engagement* lebih efektif untuk mendorong perubahan dalam mengatasi masalah iklim dibandingkan dengan divestasi. Hal ini juga diperkuat oleh studi Stanford Graduate School of Business yang menunjukkan dampak divestasi pada biaya modal perusahaan fosil bersifat terbatas.

Upaya-upaya yang dibutuhkan untuk meningkatkan *engagement*, antara lain, adalah meningkatkan transparansi dalam rekam jejak pemungutan suara investor institusional dalam resolusi iklim. Otoritas pengatur jasa keuangan perlu mempertimbangkan cara untuk memudahkan pemilik aset dalam mengetahui upaya pengelola aset mereka terkait pengelolaan aset.

d. Perubahan Strategi Perusahaan Migas dan Dampaknya terhadap Harga Saham

BP mengumumkan perubahan strategi pada 7 Februari 2023, yakni lebih fokus pada produksi migas daripada energi terbarukan dan pengurangan karbon. Mereka berencana meningkatkan produksi migas menjadi 2 juta barel setara minyak per hari pada tahun 2030, naik dari target sebelumnya sebesar 1,5 juta, meskipun masih 25% lebih rendah daripada level tahun 2019. Mereka akan menginvestasikan lebih banyak pada sektor migas, didukung oleh pandangan yang lebih positif terhadap harga. Target pengurangan karbon telah disesuaikan, dengan penurunan 20%-30% dalam emisi *Scope 3* pada tahun 2030, dibandingkan dengan target sebelumnya sebesar 35%-40%. Namun, mereka tetap bertujuan untuk mengurangi separuh emisi *Scope 1 & 2* pada 2030 dan mencapai nol emisi untuk semua *scope* pada tahun 2050.

BP akan menginvestasikan 10 miliar dolar AS lebih sedikit dalam energi terbarukan pada tahun 2030, tetapi masih

berencana mengembangkan kapasitas bersih sebesar 50 GW, dengan menekankan integrasi dengan hidrogen hijau, bahan bakar rendah karbon, pengisian daya listrik untuk kendaraan listrik, dan perdagangan listrik. Mereka juga akan mengalokasikan lebih banyak modal untuk bisnis toko *convenience*, pengisian daya listrik, bioenergi, dan hidrogen.

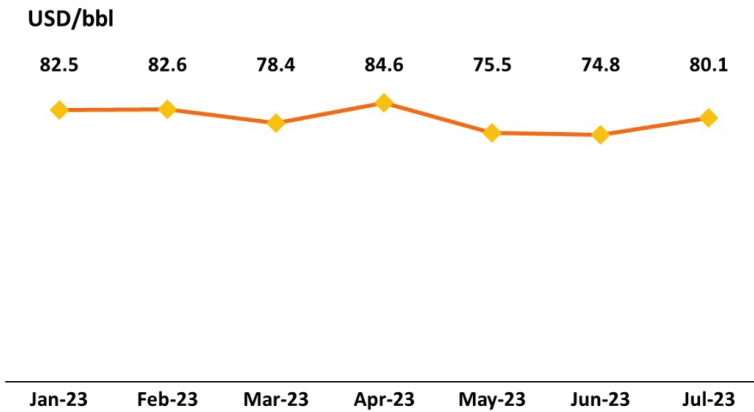
Perubahan strategi ini menimbulkan pertanyaan tentang konsistensi dan kredibilitas BP, tetapi tampaknya didukung oleh para investor karena saham BP telah meningkat sejak pembaruan tersebut. Hal ini sepertinya sejalan dengan studi Deloitte yang sudah dijelaskan sebelumnya, yakni elektrifikasi transportasi merupakan salah satu preferensi para investor.

IV.1.4 Reputasi Sektor Energi

Industri hulu migas dinilai telah menunjukkan ketahanannya dengan pemulihan yang kuat dari pandemi Covid-19. Namun, saat ini terdapat tantangan besar berikutnya bagi pelaku usaha migas, yakni untuk menunjukkan keberlanjutan dan mampu memenuhi permintaan energi seiring dengan pemulihan

ekonomi dan kegiatan produksi masyarakat. Ditambah dengan tren global transisi energi yang terjadi di beberapa negara di dunia, hal itu tentunya akan menekan permintaan atau *demand* produk

migas di masa mendatang. Melihat perkembangan harga minyak di sepanjang tahun 2023, terlihat bahwa harga minyak dunia masih berada di atas rata-rata 70 dolar AS/barel.



Gambar 4. 2 Harga Dated Brent 2023
 Sumber: *statista.com (2023)*

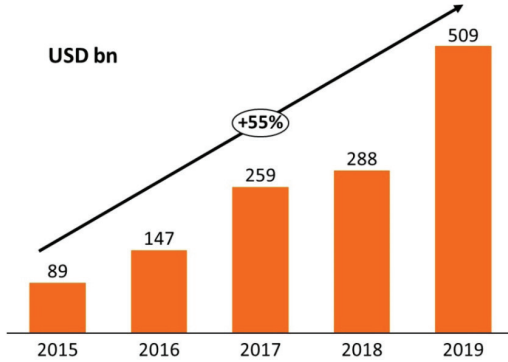
Saat ini, perusahaan migas dunia juga dituntut untuk menjadi salah satu penggerak utama dalam mendorong percepatan transisi energi global. Perusahaan migas di Eropa, seperti Total, ENI, dan BP, telah melakukan investasi energi terbarukan ke dalam portofolio bisnisnya. Terdapat beberapa hal yang menjadi pendorong bagi perusahaan migas dunia untuk bergerak dalam transisi energi, antara lain:

- a. Tekanan dekarbonisasi: Mengurangi emisi operasional, mengembangkan CCS/CCUS, dan mendorong

implementasi bahan bakar rendah karbon.

- b. Diversifikasi bisnis energi: Berinvestasi dalam EBET untuk mendukung portofolio bisnis yang berkelanjutan ke depan.

Investasi perusahaan migas dunia ke depan akan semakin terdiversifikasi dengan penurunan investasi di sektor hulu, dan digantikan dengan peningkatan investasi energi terbarukan atau rendah karbon. Hal itu ditujukan untuk membuat portofolio bisnis perusahaan yang berkelanjutan.



Gambar 4. 3 Investasi Proyek Sustainability Global
 Sumber: Analisis PEI (2022)

Jumlah investasi pada sektor energi terbarukan atau rendah karbon pada perusahaan migas saat ini didominasi oleh perusahaan migas Eropa, dengan empat perusahaan migas besar Eropa, yaitu Shell, BP, TotalEnergies, dan ENI. Mereka memiliki porsi investasi di sektor rendah karbon lebih dari 15% total belanja modal perusahaan tersebut.

IV.1.5 Benchmark Transisi Energi pada IOC-NOC

Menurut *McKinsey's Global Energy Perspective (2022)*, bahan bakar fosil, seperti minyak dan gas alam, akan terus menjadi bagian yang signifikan dari bauran energi global pada tahun 2050. Faktor keterjangkauan dan keamanan pasokan tidak mudah untuk digantikan sepenuhnya oleh energi terbarukan. Namun, dengan perkembangan bisnis rendah karbon yang semakin bersaing secara ekonomi, investasi di sektor

energi rendah karbon telah tumbuh secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir.

Tahun 2022, total investasi untuk M&A proyek rendah karbon telah secara signifikan melampaui total investasi untuk proyek M&A hulu. Nilai investasi M&A tersebut tidak hanyaterjadipada perusahaan migas, tetapi juga merupakan total investasi M&A pada perusahaan di seluruh dunia. Harga minyak yang cukup tinggi selama periode 2022 turut mendorong investasi M&A di sektor rendah karbon.

Transisi energi menciptakan berbagai peluang baru bagi perusahaan migas. Rystad Energy dalam risetnya tentang transisi energi menyebutkan tiga pilar transisi energi yang akan memainkan peran strategis dalam industri hulu migas, yaitu diversifikasi energi, ketangguhan portofolio atau *portfolio resilience*, dan dekarbonisasi.

Diversifikasi energi mencakup diversifikasi investasi di pasar energi baru, sektor non-eksplorasi dan produksi, dan energi terbarukan. Untuk *portfolio resilience*, gas merupakan kontributor penting dalam transisi energi seperti yang telah dijelaskan dalam bab-bab sebelumnya. Terakhir, untuk dekarbonisasi lebih difokuskan pada penurunan emisi pada operasi perusahaan migas, misalnya:

- Efisiensi intensitas energi, seperti meningkatkan efisiensi fasilitas pembakaran (*furnace*) atau optimalisasi uap dan utilitas.
- Upaya mengurangi/*recovery* gas buang (*flare gas*).
- Penggunaan pembangkit listrik rendah karbon, seperti penggunaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) pada area operasi perusahaan.
- Penggunaan sumber panas rendah karbon, seperti mengganti sumber pembakaran BBM dengan gas alam.

Hal-hal tersebut dapat membantu perusahaan migas untuk menurunkan emisi dari operasionalisasi perusahaan yang mereka jalankan setiap hari, dan tentunya akan mendorong target NZE perusahaan di masa mendatang.

Untuk pengembangan bisnis rendah karbon, perusahaan migas Eropa saat ini cukup agresif.

Sebagai contoh dalam kajian yang dikeluarkan oleh BloombergNEF (2023), TotalEnergies, Shell, dan Equinor saat ini telah memiliki kapasitas terpasang energi terbarukan lebih dari 5 GW. Sementara untuk sektor transportasi, Shell, TotalEnergies, dan BP aktif mengembangkan ekosistem kendaraan listrik dengan masing-masing telah memiliki lebih dari 10.000 titik pengisian daya listrik. Hal tersebut jauh lebih agresif dibandingkan penetrasi kapasitas terpasang energi terbarukan perusahaan migas diluar eropa lainnya.

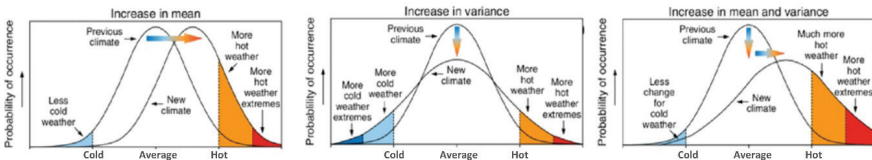
IV.2 Risiko Fisik Iklim dan Peluangnya

IV.2.1 Outlook Peningkatan Temperatur Global

Iklim didefinisikan sebagai kondisi statistik (rata-rata dan variabilitas) parameter cuaca (curah hujan, temperatur, kelembapan, dan sebagainya) dalam rentang waktu yang cukup panjang, misalnya 30 tahun. Ketika terjadi perubahan terhadap rata-rata karakteristik iklim ini, misalnya perubahan pada temperatur atau curah hujan, dapat dikatakan bahwa telah terjadi perubahan iklim. Meehl *et al.* (2000) menyatakan bahwa perubahan iklim dapat dikatakan terjadi ketika rata-rata dan/atau variasi parameter iklim

yang teramati pada satu periode iklim berubah dibandingkan dengan periode iklim sebelumnya. Pemanasan global dianggap sebagai faktor utama penyebab perubahan iklim dan berdampak pada berbagai sektor kehidupan dan pembangunan. Pemanasan global pada dasarnya merupakan

fenomena kenaikan temperatur dari tahun ke tahun akibat efek gas rumah kaca (GRK) yang disebabkan oleh peningkatan emisi GRK, seperti karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), nitrogen oksida (N₂O), dan klorofluorokarbon (CFC) pada atmosfer bumi.



Gambar 4.4 Perubahan pada Iklim Berupa (A) Perubahan Rata-rata; (B) Perubahan Varian; dan (C) Perubahan Rata-rata dan Varian
 Sumber: Hadi (2023)

Berdasarkan Laporan Kajian Ke-6 Intergovernmental for Climate Change (IPCC-AR6) pada tahun 2021, peningkatan temperatur pada atmosfer, laut, dan daratan besar disebabkan oleh pengaruh manusia. Perbandingan rekonstruksi rata-rata per dekade temperatur permukaan global selama 2.000 tahun terakhir dengan hasil observasi temperatur sekitar 200 tahun terakhir memperlihatkan adanya kenaikan temperatur besar-besaran yang belum pernah terjadi sebelumnya.

Temperatur global naik lebih cepat sejak tahun 1970-an dibandingkan dengan periode 50 tahunan lainnya selama setidaknya dalam 2.000 tahun terakhir,

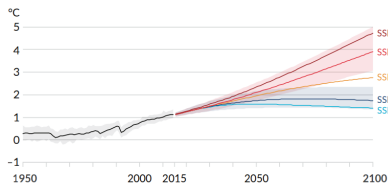
dengan temperatur pada dekade ini (tahun 2011-2020) melebihi periode hangat multi-abad terakhir pada sekitar 6.500 tahun yang lalu (0,2° C sampai dengan 1° C relatif terhadap tahun 1850-1900). Temperatur global diproyeksikan akan terus naik setidaknya hingga setengah abad lagi berdasarkan semua skenario emisi.

Pemanasan global sebesar 1,5° C dan 2° C akan terjadi dan terlewati pada abad ke-21 ini sehingga perlu segera dilakukan upaya penurunan emisi GRK. Diperkirakan temperatur rata-rata global akan meningkat 1° C sampai dengan 1,8° C (berdasarkan skenario emisi GRK sangat rendah/ SSP1-1.9), 2,1° C sampai dengan

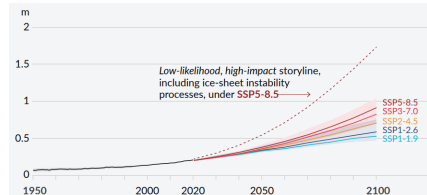
3,5° C (berdasarkan skenario emisi GRK menengah/SSP2-4.5), hingga 3,3° C sampai dengan 5,7° C (berdasarkan skenario emisi

GRK sangat tinggi/SSP5-8.5) pada tahun 2081-2100 dibandingkan dengan tahun 1850-1900.

(a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



(b) Global mean sea level change relative to 1900

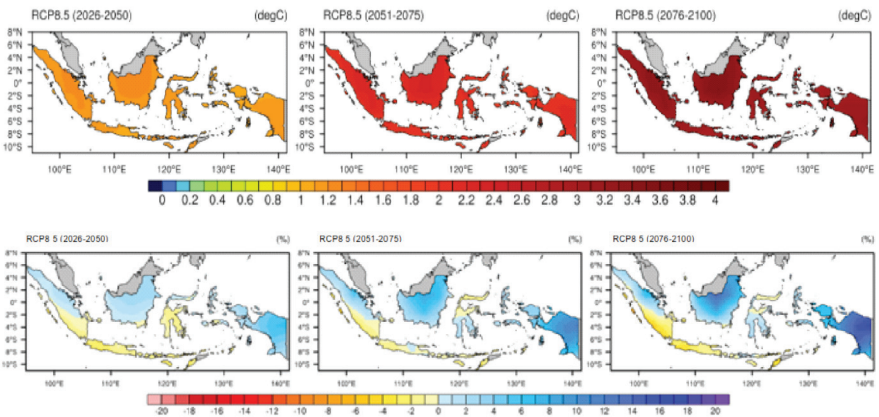


Keterangan: SPPx-y merujuk pada Shared Socio-economic Pathway tipe x (tren sosial ekonomi yang mendasari skenario) dengan perkiraan level radiative forcing sebesar y W/m2 akibat skenario pada tahun 2100.

Gambar 4. 5 Kenaikan Temperatur dan Muka Laut Global pada 1950-2100 Berdasarkan Lima Skenario
 Sumber: AR6 IPCC, 2021

Di Indonesia, perubahan iklim dapat dilihat pada gambaran pola temperatur dan curah hujan rata-

rata tahunan berikut ini berdasarkan ensemble model proyeksi iklim global skenario RCP8.5 (SSP5-8.5).



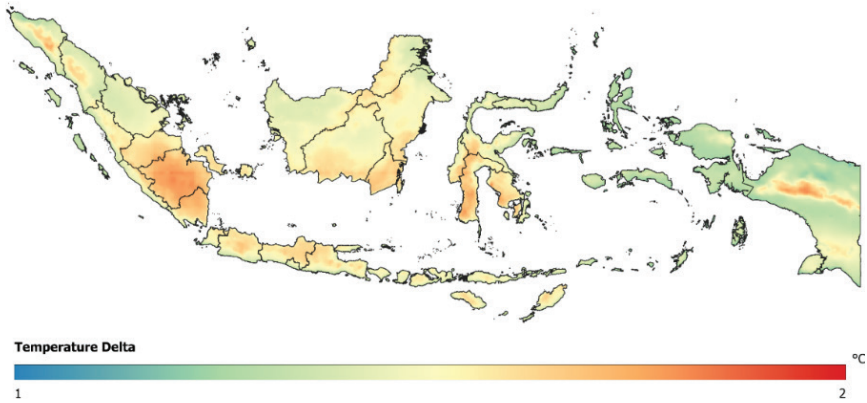
Gambar 4. 6 Perubahan (dalam %) a) Temperatur Rata-rata Tahunan dan b) Curah Hujan Rata-rata Tahunan (Dihitung dari ensemble 24 model iklim global-CMIP5 GCMs untuk skenario iklim RCP 8.5 dengan 3 periode waktu proyeksi secara terpisah). Perubahan tersebut relatif terhadap kondisi baseline observasi (periode 1981-2005) menggunakan dataset CHIRPS v2.0.

Sumber: 3rd National Communication Indonesia under UNFCCC (2017)

Laporan khusus *Ocean and Cryosphere* oleh IPCC (2019) mendukung temuan riset Wester *et al.* (2019) di kawasan Hindhu Kush Himalaya, bahwa laju pemanasan global yang terjadi di wilayah pegunungan lebih cepat daripada nilai rata-rata global. Fenomena ini disebut pemanasan yang bergantung pada ketinggian (*elevation dependent warming*), yaitu peningkatan suhu pada wilayah pegunungan tinggi lebih cepat dibandingkan dengan yang terjadi di dataran yang lebih rendah.

Fenomena itu juga terjadi di Indonesia, yang diperlihatkan oleh

model iklim regional beresolusi spasial 5 kilometer dari BMKG-JICA, misalnya di kawasan Bukit Barisan di Pulau Sumatera dan kawasan Jayawijaya di Pulau Papua. Proses fisis pada fenomena tersebut diidentifikasi cukup serupa dengan proses pemanasan di wilayah kutub, di mana sensitivitas temperatur terhadap gaya radiasi meningkat pada temperatur rendah yang umum terjadi di lingkungan kutub dan pegunungan. Namun, secara keseluruhan, faktor penyebab terjadinya fenomena tersebut masih diteliti lebih lanjut pada saat ini.



Gambar 4. 7 Kenaikan Temperatur Rata-rata Disimulasikan dengan Model Iklim Regional BMKG-JICA yang Merepresentasikan Perubahan Iklim dari Kondisi *Baseline* (Tahun 1980-2001) Menuju Kondisi Proyeksi Masa Depan (Tahun 2034-2044)
 Sumber: IPCC (2019)

IV.2.2 Cuaca Ekstrem dan Dampak Sektor Energi

Komponen perubahan iklim yang berdampak pada aktivitas manusia terdiri atas dua kategori:

climate driver dan *climate hazard*. *Climate driver* merupakan faktor penyebab perubahan dalam suatu sistem iklim, baik penyebab alamiah maupun penyebab oleh manusia (antropogenik). Penyebab alamiah

mencakup perubahan temperatur, intensitas dan frekuensi curah hujan, arus laut, kecepatan angin, dan variabel lain yang juga berpotensi menyebabkan terjadinya *climate hazard*. *Climate hazard* merupakan bencana yang muncul akibat perubahan iklim dan berdampak langsung ataupun tidak langsung kepada manusia dan ekosistem, yang dapat berupa fenomena cuaca ekstrem jangka pendek, seperti banjir, banjir pesisir, tanah longsor,

kekeringan, dan gelombang panas, ataupun fenomena cuaca ekstrem jangka panjang. Peristiwa jangka pendek ini dikenal sebagai cuaca ekstrem (*extreme weather*) dengan dampak yang dirasakan segera setelah peristiwa terjadi. Adapun fenomena jangka panjang dikenal sebagai *slow onset* yang merupakan perubahan gradual dengan dampak akumulatif yang dirasakan di masa depan setelah rentang waktu yang cukup panjang.

Tabel 4.3 *Climate Driver* dan *Climate Hazard*
 Sumber: Katopodis (2019)

Climate Driver	Climate Hazard
<p>Extreme weather: angin kencang, sambaran petir, <i>storm surges</i>, gelombang tinggi, gelombang panas, curah hujan tinggi</p> <p>Slow onset: peningkatan temperatur global, perubahan tingkat dan pola curah hujan, perubahan tingkat kelembapan, kenaikan muka laut, El Niño Southern Oscillation</p>	<p>Extreme weather: kebakaran hutan dan lahan, banjir, banjir pesisir, tanah longsor</p> <p>Slow onset: kekeringan</p>

Sektor energi tanah air menghadapi berbagai ancaman akibat perubahan iklim, khususnya yang terkait dengan cuaca ekstrem. Kemampuan adaptasi dan mitigasi terhadap dampak perubahan iklim akan sangat dibutuhkan untuk

keberlangsungan operasionalisasi sektor energi, kemampuan sektor energi dalam mewujudkan ketahanan energi nasional, serta kapabilitas sektor energi dalam menurunkan kerentanan dan risiko akibat cuaca ekstrem.

Tabel 4. 4 Fenomena dan Dampak Cuaca Ekstrem

Sumber: Analisis Internal (2023)

Fenomena Cuaca Ekstrem	Kategori Bencana	Dampak Umum Cuaca Ekstrem
Hidrometeorologi Basah	Banjir, banjir pesisir/rob, tanah longsor, gelombang tinggi, <i>ocean storm surge</i> , dan angin puting beliung	<ul style="list-style-type: none"> • Kerentanan pada struktur tanah dan konstruksi infrastruktur operasi dan produksi, kilang dan pengolahan, serta jalur perpipaan produk minyak dan gas bumi karena erosi/abrasi ataupun karena terpapar air terus-menerus. • Kerentanan pada armada kapal tanker karena mengalami dampak gelombang tinggi ataupun <i>storm surge</i> sehingga harus mencari jalur pelayaran yang lebih aman.
Hidrometeorologi Kering	Gelombang panas (<i>heatwaves</i>), kekeringan, degradasi lahan, kebakaran hutan dan lahan, dan kelangkaan air	<ul style="list-style-type: none"> • Kebakaran hutan dan lahan akan berdampak pada kerusakan fasilitas/ infrastruktur operasi dan produksi minyak dan gas bumi, termasuk menyebabkan masalah kesehatan manusia akibat asap dan abu. • Kerentanan pada proses eksplorasi, pengeboran, dan ekstraksi minyak dan gas bumi yang menggunakan sumber daya air dalam jumlah besar.

Fenomena Cuaca Ekstrem	Kategori Bencana	Dampak Umum Cuaca Ekstrem
Peningkatan Temperatur Global	Kenaikan muka air laut akibat mencairnya es di kutub	<ul style="list-style-type: none"> • Kenaikan muka air laut dapat berdampak negatif pada kegiatan operasi dan produksi minyak dan gas bumi di sekitar wilayah pesisir karena zona penyangga alamiah dapat terdegradasi akibat intrusi air laut ke daratan.
ENSO (El Niño Southern Oscillation)	Gangguan iklim (El Niño sebagai pemicu anomali iklim kering, dan La Nina sebagai pemicu anomali iklim basah)	<ul style="list-style-type: none"> • Durasi musim kemarau yang lebih lama dibandingkan dengan musim hujan dapat menyebabkan gangguan kesehatan pekerja.

IV.2.3 Kebencanaan dan Dampak Sektor Energi

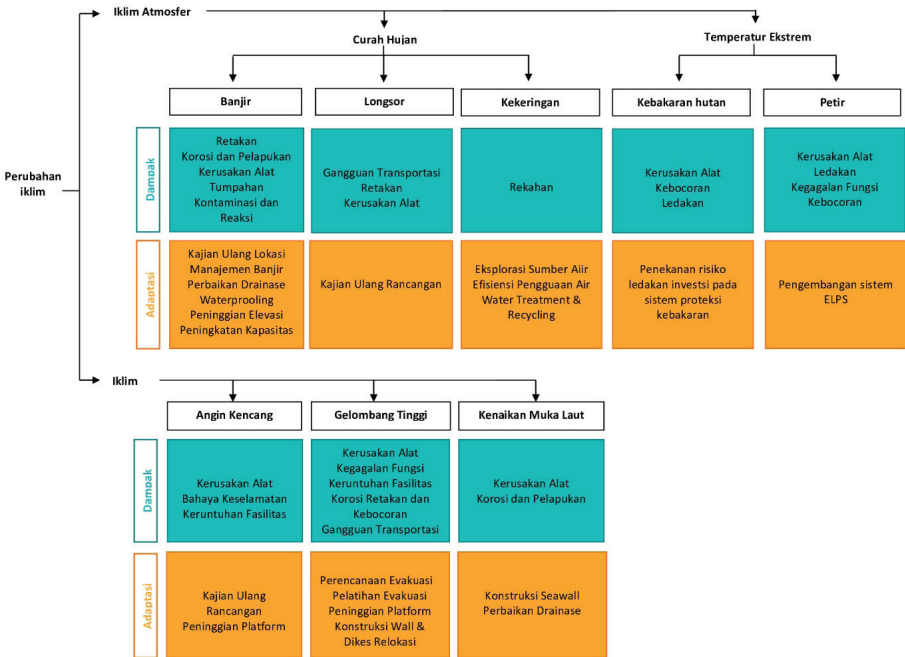
Dalam menghadapi perubahan iklim, peningkatan ketahanan sistem untuk mengurangi risiko bahaya perubahan iklim dilakukan melalui upaya pengembangan strategi adaptasi. Adaptasi pada perubahan iklim dapat diartikan sebagai kemampuan suatu sistem untuk menyesuaikan dirinya dengan adanya perubahan iklim dengan mengurangi kerusakan yang ditimbulkan, mengambil manfaat atau mengatasi perubahan dengan segala akibatnya. Meskipun demikian, upaya tersebut sulit

memberi manfaat secara efektif apabila laju perubahan iklim melebihi kemampuan beradaptasi. Oleh karena itu, strategi adaptasi harus diimbangi dengan “strategi mitigasi”, yaitu upaya mengurangi sumber emisi GRK.

Sebagai langkah identifikasi dampak perubahan iklim dan upaya adaptasinya, disusunlah kategori kebencanaan pada sektor energi yang dibagi berdasarkan dua jenis iklim, yaitu iklim atmosfer dan iklim laut. Secara umum, pada gambar di bawah diperlihatkan bahwa pada iklim atmosfer terdapat lima kategori kebencanaan yang

dipengaruhi dua *climate driver*, yaitu curah hujan ekstrem dan temperatur ekstrem. Curah hujan ekstrem akan berkontribusi pada timbulnya *climate hazard* berupa banjir, tanah longsor, dan kekeringan. Sementara pada

climate driver temperatur ekstrem, *climate hazard* yang timbul akan terkait dengan kebakaran hutan dan sambaran petir. Pada jenis iklim laut terdapat *climate hazard* berupa angin kencang, gelombang tinggi, dan kenaikan muka laut.



Gambar 4. 8 Contoh Dampak Spesifik dan Upaya Adaptasi Perubahan Iklim di Sektor Energi
 Sumber: Katopodis (2019)

Setiap *climate hazard* untuk kedua jenis iklim memiliki penjelasan dampak yang lebih spesifik terhadap keselamatan manusia, lingkungan hidup, dan peralatan, seperti kerusakan alat, kebocoran, korosi, dan bahaya keselamatan. Upaya adaptasi dan

kesiapsiagaan terhadap perubahan iklim yang tepat sasaran sesuai dengan kriteria dan jenis bencana sangat diperlukan oleh sektor energi supaya potensi dampak perubahan iklim pada saat ini dan masa mendatang dapat diantisipasi dan diminimalkan. Dalam konteks

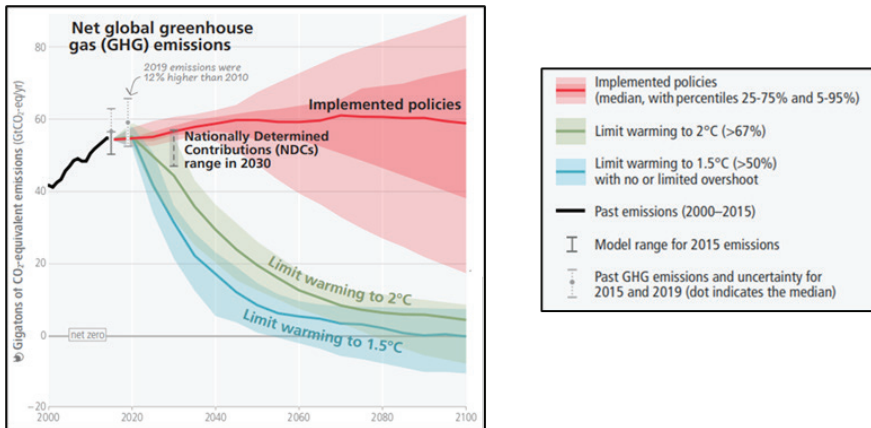
adaptasi perubahan iklim di sektor energi, langkah adaptasi yang dapat ditempuh mencakup usaha-usaha penyesuaian teknologi dan kebijakan, peningkatan kesadaran pekerja, kajian ulang desain peralatan dan tata ruang, dan juga pembangunan infrastruktur antisipatif.

IV.3 Evaluasi Aksi Mitigasi dan Adaptasi

IV.3.1 Outlook Arah Perubahan Iklim dalam Kebijakan Saat Ini

Berdasarkan laporan IPCC (2023), secara historis terlihat bahwa konsentrasi emisi GRK terus meningkat. Saat ini investasi iklim belum mencapai target yang

diperlukan untuk membatasi peningkatan temperatur sesuai Perjanjian Paris (di bawah 2° C). Menurut IPCC, dengan *trajectory* emisi dari kebijakan yang telah diterapkan, arah peningkatan suhu menuju 3,2° C, dengan rentang peningkatan temperatur 2,2°-3,5° C (*medium confidence*). Situasi tersebut mengarah pada peningkatan risiko iklim yang tinggi. IPCC dalam laporannya merekomendasikan untuk penguatan adaptasi iklim, selain karena aksi adaptasi masih jauh lebih kecil dibandingkan dengan mitigasi, juga karena peningkatan risiko iklim. Penurunan temperatur ke batas 1,5° C dan 2° C memerlukan pengurangan GRK yang cepat, dalam, dan segera.

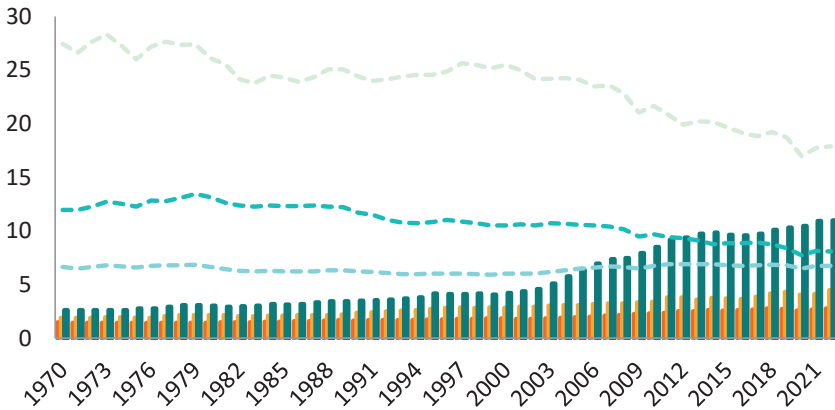


Gambar 4. 9 Proyeksi Emisi GRK Global
 Sumber: IPCC (2023)

Berdasarkan data IEA EDGAR (2023), emisi GRK per kapita global meningkat sedikit pada tahun 2022 dan telah meningkat secara signifikan sejak tahun 1990. Enam negara terbesar penghasil GRK pada tahun 2022 adalah Tiongkok, Amerika Serikat, India, Uni Eropa (EU27), Rusia, dan Brasil. Di antara negara-negara ini, Tiongkok, Amerika Serikat, dan India mengalami peningkatan emisi GRK pada tahun 2022, sedangkan tiga negara lainnya menguranginya. EU27 mengalami penurunan emisi GRK pada tahun 2022. Meskipun pulih pada tahun 2021, kondisinya

masih berada di bawah tingkat sebelum pandemi Covid-19.

Emisi GRK global sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, terutama CO₂. Beberapa negara EU27 mengalami penurunan emisi, sementara yang lain mengalami peningkatan, dengan Jerman menjadi negara penghasil terbesar di antara mereka. Di EU27, sebagian besar sektor mengalami penurunan emisi, kecuali sektor transportasi dan industri listrik. Sektor bangunan mengalami penurunan terbesar, diikuti oleh industri dan proses industri.

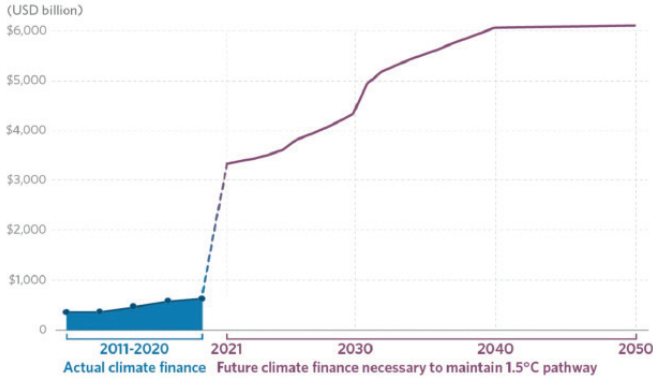


Gambar 4. 10 Emisi GRK Per Kapita (Mt CO_{2e}/tahun)
 Sumber: IEA EDGAR (2023)

IV.3.2 Perubahan Iklim dan Pendanaan Iklim

Berdasarkan Climate Policy Initiative (2021), pendanaan perubahan iklim saat ini masih jauh

dari rata-rata pendanaan yang dibutuhkan untuk mencapai 1,5° C, yakni berkisar 4,5-5 triliun dolar AS per tahun.



Gambar 4.11 Global Tracked Climate Finance Flows and The Average Estimated Annual Climate Investment Need Through 2050

Sumber: Climate Policy Initiative (2021)

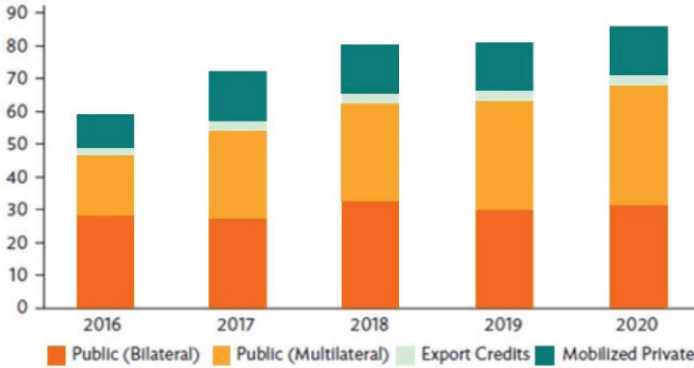
Menurut Climate Change Association & Finance (2022), pada tahun 2019–2020, dana iklim sebesar 632 miliar dolar AS berhasil dikumpulkan, naik 10% dari dua tahun sebelumnya. Meskipun ada peningkatan sebesar 53% dibandingkan dengan tahun 2017–2018, dana untuk adaptasi pada tahun 2019–2020 (sebesar 46 miliar dolar AS atau 7,3% dari total) masih jauh dari target kesetaraan yang diinginkan oleh Perjanjian Paris dan kebutuhan sebesar 300 miliar dolar AS menurut Inisiatif Kebijakan Iklim sebelum tahun 2030. Dengan demikian, sebagian besar pembiayaan ini (90%) tetap digunakan untuk mitigasi, yaitu sebesar 571 miliar dolar AS pada tahun 2019–2020. Dana internasional yang dikumpulkan oleh negara-negara industri untuk

negara-negara di Selatan hanya sebesar 83,3 miliar dolar AS pada tahun 2020, jauh di bawah target 100 miliar dolar AS per tahun yang ditetapkan untuk tahun 2020 dalam COP15 di Kopenhagen.

Lebih lanjut, menurut OECD (2022), pada tahun 2020 pembiayaan iklim untuk negara-negara berkembang dan ekonomi menengah (EMDEs) hanya naik 4% menjadi 83 miliar dolar AS, belum mencapai jiduk dukungan keuangan. Dari total tersebut, pembiayaan iklim publik (bilateral dan multilateral) masih mendominasi dengan 82%. Pembiayaan swasta yang dikelola oleh pembiayaan iklim publik turun menjadi 13 miliar dolar AS, sementara kredit ekspor terkait iklim tetap kecil. Pembiayaan untuk mitigasi tetap

menjadi mayoritas (58%) meskipun mengalami penurunan sebesar 2,8 miliar dolar AS. Pembiayaan untuk adaptasi meningkat 8,3 miliar dolar AS, mencapai 34% berkat beberapa

proyek infrastruktur besar. Dari pembiayaan publik selama periode 2016–2020, sebanyak 72% berupa pinjaman, hanya 25% berupa hibah, dan ekuitas tetap terbatas.



Gambar 4. 12 Total Climate Finance Provided and Mobilised (miliar dolar AS)

Sumber: OECD (2022)

Dampak sosial dan ekonomi dari krisis perubahan iklim tidak terhindarkan karena memicu peningkatan kejadian bencana. Menurut BNPB (2023), frekuensi bencana terkait iklim di tingkat global meningkat sejak tahun 1961, terutama bencana hidrometeorologi. Dalam lima bulan pertama tahun 2023, BNPB mencatat 1.675 kejadian bencana, dengan 99,1% berasal dari bencana hidrometeorologi, termasuk basah dan kering. Urbanisasi dan alih fungsi lahan diidentifikasi sebagai akar permasalahan utama bencana hidrometeorologi basah.

Peningkatan suhu global juga berdampak pada kenaikan tinggi muka laut, yang menyebabkan peningkatan frekuensi banjir rob, terutama akibat kerusakan ekosistem pesisir. Di samping bencana hidrometeorologi basah, kebakaran hutan juga meningkat, dengan luas lahan terbakar berhubungan dengan emisi karbon yang tinggi. Kerugian akibat perubahan iklim di Indonesia pada 2100 berkisar 2,5%-7% PDB (WBG and ADB, 2021). Dengan demikian, upaya adaptasi menjadi sangat krusial.



Bab V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI



Indonesia sebagai negara berkembang memiliki visi untuk mencapai negara maju pada tahun 2045 atau lebih cepat, dengan tetap mencapai target komitmen untuk mengatasi perubahan iklim. Berdasarkan visi ini, Indonesia perlu untuk mencapai pertumbuhan ekonomi tinggi yang didasari oleh transformasi struktural, seperti peningkatan kontribusi dari sektor industri dan jasa, perubahan kebijakan dan birokrasi, serta transisi sistem energi dan ekonomi menjadi sistem energi-ekonomi hijau. Transformasi struktural ini memerlukan perubahan besar dari seluruh lapisan masyarakat, didukung oleh para pemangku kepentingan, dan perlu ditopang oleh kebijakan pemerintah yang kuat.

Meskipun demikian, sistem energi-ekonomi nasional merupakan suatu sistem kompleks yang dipengaruhi tidak hanya oleh antar-agen di dalam sistem tersebut, tetapi juga oleh faktor-faktor eksternal lain. Situasi geopolitik dan kerja sama global, terobosan teknologi, bantuan pendanaan negara maju atas transisi energi, termasuk preferensi masyarakat, dapat mengubah lanskap transformasi energi-ekonomi Indonesia ke depan. Selain itu, dalam perjalanannya, transformasi struktural jangka panjang yang akan dilakukan

Indonesia ini juga akan menghadapi perubahan iklim yang sudah terjadi dan akan semakin parah ke depan jika aksi mitigasi global berjalan lambat.

Oleh karena itu, *Pertamina Energy Outlook (PEO) 2023* merekomendasikan beberapa hal berikut:

1. *Stress Testing (Uji Ketahanan) Perencanaan Jangka Panjang terhadap Beberapa Skenario Masa Depan yang Berbeda*
Kompleksitas sistem energi-ekonomi dan perkembangan masa depan yang tidak dapat diperkirakan dapat menimbulkan risiko ataupun tantangan terhadap perencanaan. PEO 2023 menyediakan tiga kombinasi skenario energi-ekonomi dan perubahan iklim yang dapat digunakan untuk menguji ketahanan perencanaan terhadap masa depan yang berbeda. Meskipun kemungkinan masa depan yang bisa terjadi jumlahnya tak terhingga, skenario PEO 2023 merupakan tiga dari berbagai kemungkinan skenario masa depan yang telah disusun sedemikian rupa dengan mengeksplorasi kemungkinan yang menantang, sesuai dengan teori penyusunan skenario, sehingga dapat digunakan untuk menguji ketahanan

perencanaan jangka panjang. Bagaimanapun tujuan dari analisis skenario adalah untuk memecah *mental model* dan bias dalam perencanaan jangka panjang. Selain itu, faktor-faktor yang perlu dievaluasi, seperti perubahan kebijakan, perubahan preferensi pasar, perkembangan dan terobosan teknologi, pengaruh tekanan reputasi, dan perubahan iklim, juga telah dibahas di dalam PEO 2023 untuk memberikan pandangan atas faktor-faktor yang dapat menjadi risiko ataupun peluang di masa mendatang.

2. Perencanaan Adaptasi Iklim

Berdasarkan laporan terakhir dari IPCC yang telah mempertimbangkan komitmen ataupun aksi mitigasi, perubahan iklim global mengarah ke RCP 8.5. Dalam skenario RCP 8.5, dunia akan menghadapi peningkatan temperatur 3,2°-5,4° C pada tahun 2100. PEO 2023 Subbab IV.2.1 memberikan gambaran situasi Indonesia jika arah perubahan iklim ke skenario RCP 8.5. Berdasarkan situasi tersebut, aksi adaptasi iklim perlu dipersiapkan oleh berbagai pihak, terutama sektor-sektor penting yang berpengaruh terhadap hajat hidup orang

banyak dan terdampak oleh perubahan iklim. Beberapa contohnya adalah sektor energi dan pangan.

Sebagai gambaran dalam skenario *Economic Renaissance* (ER), kebutuhan pangan, penggunaan energi listrik, dan pembangkit intermiten secara nasional akan meningkat secara signifikan. Dalam hal ini, risiko fisik perubahan iklim akan meningkatkan kerentanan pangan dan energi yang perlu disiapkan adaptasinya. Selanjutnya, kondisi risiko fisik perubahan iklim per wilayah akan berbeda-beda sehingga perlu dilihat peta risiko fisik per wilayah di Indonesia untuk perencanaan adaptasi yang tepat.

Secara spesifik di sektor energi, aksi adaptasi perlu diperkuat pada fasilitas penghasil energi dan jaringan pasokan energi, perbaikan dan *retrofit* fasilitas/aset sehingga tahan terhadap cuaca ekstrem, relokasi yang mempertimbangkan kerentanan terhadap cuaca ekstrem, serta pengelolaan rantai pasok energi sehingga tahan terhadap disrupsi cuaca ekstrem (misalnya meningkatkan variabilitas sumber, desentralisasi, penggunaan redundansi).

3. Penguatan Ketahanan dan Pendanaan Transisi Energi Nasional

Situasi geopolitik telah meningkatkan kesadaran banyak negara untuk menjaga ketahanan energi nasional. Hal ini terlihat dari diterapkannya kebijakan *reshoring* rantai pasok energi dan swasembada energi di beberapa negara, seperti kebijakan *Inflation Reduction Act* (IRA) di Amerika Serikat, *RePowerEU* dan *Fit for 55* di Uni Eropa, atau kebijakan swasembada energi di Inggris. Fokus dari negara-negara, terutama negara maju, ke dalam negerinya akan meningkatkan tantangan penyediaan energi dan pendanaan transisi energi di Indonesia. Ke depan, dengan meningkatnya tekanan penggunaan energi hijau dari berbagai pemangku kepentingan, tantangan pendanaan transisi energi akan semakin tinggi. Oleh karena itu, Indonesia perlu memperkuat keunggulan kompetitif dalam negeri dan memprioritaskan penyediaan sumber energi dari dalam negeri terlebih dahulu.

4. Perencanaan Pengembangan *Emerging Technologies* (Teknologi yang Sedang Berkembang)

Kunci utama dari transformasi sistem energi yang mendukung ekonomi adalah penguasaan teknologi. Teknologi konvensional saat ini memiliki intensitas emisi yang tinggi, sementara teknologi-teknologi hijau masih membutuhkan pengembangan lebih lanjut untuk menurunkan biaya atau meningkatkan keekonomiannya. Untuk menguasai energi yang lebih bersih dan mendukung pertumbuhan ekonomi, Indonesia perlu menguasai teknologi. Dengan demikian, teknologi hijau yang digunakan memiliki *multiplier effect* (efek pengganda) yang lebih besar dan tidak hanya sebatas diimplementasikan di Indonesia.

Penguasaan teknologi, paten, dan pengetahuan perlu ditingkatkan di Indonesia, dengan memperhatikan *emerging technologies* (teknologi yang sedang berkembang) yang diperlukan dalam transformasi sistem energi, termasuk kendala utamanya. Sebagai contoh,

masalah penangkapan dan penyimpanan karbon (*carbon capture and storage/ CCS*) ada pada teknologi penangkapan yang biayanya mencapai 80% dari total biaya CCS. Pemecahan masalah ini dapat meningkatkan keekonomian dan mendorong perkembangan teknologi CCS yang memiliki potensi menurunkan emisi di sektor pembangkit ataupun *hard-to-abate* di Indonesia. Contoh lainnya adalah pemanfaatan energi terkait laut, seperti arus laut ataupun gelombang laut, yang dalam hal ini Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki potensi besar di kelautan.

5. Penyusunan Peta Jalan Transisi Energi yang Holistik dan Terintegrasi

Beberapa negara, seperti Tiongkok dan AS, memiliki peta jalan transisi energi yang holistik. Sebagai contoh AS, dalam peta jalan transisi energinya, hidrogen akan masuk ke dalam sistem energi dan menopang ekonomi. Untuk mencapai hal itu,

AS menyiapkan peta jalan, regulasi, dan kebijakan untuk menurunkan biaya hidrogen sebesar 10 dolar AS per kilogram dalam 10 tahun. Peta jalan seperti ini diperlukan juga oleh Indonesia untuk memetakan segala potensi, risiko, dan peluang transisi energi ke depan, sehingga alokasi sumber daya dan dukungan yang diperlukan untuk mencapai target transformasi energi-ekonomi hijau dapat dipersiapkan dengan baik. Hingga saat ini, masih belum terdapat peta jalan transformasi energi-ekonomi yang holistik dan terintegrasi.

Dalam berbagai *outlook* ataupun arah pengembangan energi nasional, baik bauran energi maupun teknologi yang akan masuk dalam sistem energi hijau dijelaskan dengan baik. Namun, hingga saat ini belum terdapat kejelasan langkah-langkah yang akan dilakukan pemerintah untuk mencapai transisi energi, termasuk siapa yang akan melaksanakan dan siapa yang akan mengawasi.

DISCLAIMER

Bahan-bahan ini, terkecuali yang merupakan hak cipta dan sumber referensi yang disebutkan, termasuk pembaruan apa pun yang ada padanya, serta diterbitkan oleh dan tetap tunduk pada hak cipta PEI. PEI tidak memberikan jaminan atau representasi tentang akurasi atau kelengkapan informasi dan data yang terdapat dalam bahan-bahan ini, yang disediakan 'sebagaimana adanya'. Pendapat yang terdapat dalam bahan-bahan ini adalah pendapat PEI, dan tidak ada yang terkandung di dalamnya yang merupakan tawaran untuk melakukan transaksi apa pun, atau saran investasi.

PEI tidak menjamin atau mewakili bahwa bahan-bahan ini sesuai atau memadai untuk tujuan Anda. Jika, meskipun yang sebelumnya disebutkan, Anda atau orang lain mengandalkan bahan-bahan ini dengan cara apa pun, PEI tidak menerima, dan dengan ini menolak sejauh diizinkan oleh hukum, semua tanggung jawab atas kerugian dan kerusakan yang dialami yang timbul dalam hubungannya dengan ketergantungan tersebut.

Kajian *Pertamina Energy Outlook (PEO) 2023* berfokus pada proyeksi permintaan energi nasional, yang menggunakan asumsi dan skenario tertentu dalam memodelkan perencanaan kebutuhan energi nasional sampai dengan tahun 2060. Data historis yang digunakan bersumber dari publikasi resmi dari institusi terkait. Pengembangan asumsi dan skenario dalam PEO 2023 dilakukan Pertamina Energy Institute (PEI) dengan metode perencanaan skenario atau *scenario planning* yang telah melalui:

1. Diskusi kelompok terfokus (FGD) bersama berbagai narasumber:
 - a. Kementerian: Kementerian PPN/Bappenas, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Kementerian Perindustrian, Kementerian Keuangan, Kementerian Ketenagakerjaan, dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan;
 - b. Lembaga Pemerintah: Dewan Energi Nasional, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan;
 - c. Perbankan: Bank Mandiri dan Bank BCA;

- d. Akademisi Perguruan Tinggi: Universitas Gadjah Mada, Universitas Indonesia, Institut Teknologi Bandung, dan Universitas Padjadjaran.
2. Diskusi dengan perwakilan *holding/subholding* Pertamina Group.
3. Survei makroekonomi melalui berbagai ahli dan referensi *market intelligence* internasional.
4. Pemodelan kuantitatif menggunakan LEAP.
5. Diskusi bersama advisor.

Pemodelan skenario kuantitatif dalam kajian ini menggunakan perangkat lunak *Low Emission Anaysis Platform* (LEAP), mengacu pada penggunaan perangkat lunak yang sama oleh Kementerian/Lembaga di sektor energi di Indonesia dalam perencanaan kebutuhan energi nasional. Data yang diolah dalam pemodelan PEO 2023 adalah data hingga periode Mei 2023.

Data detail hasil pemodelan dalam PEO 2023 yang dijelaskan dalam bab ini dapat diperoleh, termasuk saran, tanggapan, ataupun pertanyaan lebih lanjut terkait kajian ini, dengan mengirimkan *e-mail* ke alamat energy-institute@pertamina.com dengan menyertakan judul *e-mail*: Enquiry PEO 2023.

REFERENSI

- Bisnis.com (2023). Gandeng PLN & PIM, Investor Jerman Mau Bangun Pabrik Hidrogen Hijau di Aceh, retrieved from <https://ekonomi.bisnis.com/read/20230828/44/1688954/gandeng-pln-pim-investor-jerman-mau-bangun-pabrik-hidrogen-hijau-di-aceh>
- BloombergNEF. (2022). 2022 Sustainable Aviation Fuel Outlook. <https://about.bnef.com/blog/2022-sustainable-aviation-fuel-outlook/>.
- Bloomberg NEF (2023). Hydrogen Levelized Cost Update, BNEF, retrieved from <https://about.bnef.com/blog/2023-hydrogen-levelized-cost-update-green-beats-gray/>
- BloombergNEF. (2023). Levelized Cost of Electricity 1H 2023. <https://www.bnef.com/flagships/lcoe>
- BloombergNEF. (2023). Oil & Gas 2023 Transition Scores Analysis.
- BNPB. (3 Juni 2023). BNPB. Retrieved from <https://www.bnpb.go.id/berita/perubahan-iklim-picu-peningkatan-kejadian-bencana>.
- Chongkittavorn, Kavi. (2023). "ASEAN Broadens its Geopolitical Profile", *Bangkok Post*.
- Climate Change Association & Finance. (2022). *Global Synthesis Report on Climate Finance*. Climate Change Association & Finance.
- Climate Policy Initiative. (2021). *Global Landscape of Climate Finance 2021*. Climate Policy Initiative.
- CNBC Indonesia (2022). Pertamina NRE Kembangkan Proyek Hidrogen & Amonia Hijau, retrieved from <https://www.cnbcindonesia.com/news/20221111151923-4-387145/pertamina-nre-kembangkan-proyek-hidrogen-amonia-hijau>
- Cohen, Jared, Wilson Shirley, dan Klara Svensson. (2023). *Resource Realism: The Geopolitics of Critical Mineral Supply Chains*. Goldman Sachs.
- Council on Foreign Relations. (2022). *OPEC in a Changing World*.
- Crow, Alexis dan Samir Saran. (2021). "The Geopolitics of Energy Transition: A Guide for Policymakers, Executives, and Investors", *ORF Special Report* No. 174.
- Dewan Energi Nasional. (2017). Rencana Umum Energi Nasional.
- DOE (2023). DOE Announces Nearly \$48 Million To Advance Clean Hydrogen Technologies, retrieved from <https://www.energy.gov/articles/doe-announces-nearly-48-million-advance-clean-hydrogen-technologies>
- Donnan, Shawn dan Enda Curran. (2023). *The Global Economy Enters an Era of Upheaval*. Bloomberg.
- Draft RPJPN 2025-2045. (n.d.).
- Economist Intelligence Unit (n.d.). *Real GDP (LCU)*. Retrieved from <https://viewpoint.eiu.com/data/results?searchId=3e2e150b-621f-4647-b8f4-57f169f5633e>
- ERIA (2022). Summary of ERIA Research Project Report 2022 no. 04 (2022). Demand and Supply

- Potential of Hydrogen Energy in East Asia - Phase 3, retrieved from <https://www.eria.org/publications/demand-and-supply-potential-of-hydrogen-energy-in-east-asia-phase-3/>
- Gaikindo. (2023). Penjualan Mobil Listrik Semester 1/2023 Tumbuh 557 Persen. <https://otomotif.bisnis.com/read/20230718/46/1676015/penjualan-mobil-listrik-semester-i2023-tumbuh-557-persen>.
- Glasser, Robert, Anastasia Kapetas, Will Leben, dan Cathy Johnstone. (2022). *The Geopolitics of Climate and Security in the Indo-Pacific*. Australian Strategic Policy Institute.
- HB Aditiya, M Aziz. (2021). Prospect of hydrogen energy in Asia-Pacific; A perspective review on techno-socio-economy, retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319921032444>
- Hadi, T.W. (2023). *Modul-2 Pelatihan Integrasi Adaptasi Perubahan Iklim ke Dalam Rencana Tata Ruang, Kajian Bahaya Hidrometeorologis*. Bandung: Pusat Perubahan Iklim ITB.
- Hock, R., G. Rasul, C. Adler, B. Cáceres, S. Gruber, Y. Hirabayashi, M. Jackson, A. Kääh, S. Kang, S. Kutuzov, Al. Milner, U. Molau, S. Morin, B. Orlove, dan H. Steltzer. (2019). "High Mountain Areas" dalam *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 131-202. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.004>.
- Hydrogen Council (2023). Hydrogen Insights 2023, retrieved from, <https://hydrogencouncil.com/en/hydrogen-insights-2023/>
- HyResource (2022). Hydrogen Energy Supply Chain - Pilot Project, retrieved from <https://research.csiro.au/hyresource/hydrogen-energy-supply-chain-pilot-project/>
- International Air Transport Association. (2022). Net zero 2050: sustainable aviation fuels. <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---alternative-fuels/>
- International Energy Agency. (2020). *Energy Technology Perspectives 2020: Special Report on Carbon Capture Utilisation and Storage*. Paris
- International Energy Agency. (2021). Renewables 2021 Biofuels. <https://www.iea.org/reports/renewables-2021/biofuels?mode=transport®ion=World&publication=2021&flow=Consumption&product=Ethanol>.
- International Energy Agency. (2023). CO2 Emissions in 2022. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>.
- IEA EDGAR. (2023). *GHG Emissions of All World Countries: 2023 Report*. EU.
- Institute for Essential Services Reform. (2023). Indonesia Electric Vehicle Outlook 2023. <https://iesr.or.id/pustaka/indonesia-electric-vehicle-outlook-ievo-2023>.
- IPCC. (2023). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental*

- Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland: IPCC.
- IRENA (2021). Geopolitics of the Energy Transformation. Technology leadership opportunities in green hydrogen value chains. <https://www.irena.org/Digital-Report/Geopolitics-of-the-Energy-Transformation#page-3>
- IRENA (2021). Green hydrogen policies and technology costs, retrieved from https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Nov/IRENA_Green_Hydrogen_breakthrough_2021.pdf?la=en&has_h=40FA5B8AD7AB1666EECBDE30EF458C45EE5A0AA6
- Jon Berry, KPMG. (2023). *Geopolitical Implications of the OPEC+ Oil Production Cut*.
- Katopodis, T. dan T. Sfetsos. (2019). "A Review of Climate Change Impacts to Oil Sector Critical Services and Suggested Recommendations for Industry Uptake", *Infrastructures* 4, No. 4: 74. <https://doi.org/10.3390/infrastructures4040074>
- Kementerian ESDM. (2023). Laporan Kinerja Tahun Anggaran 2022 Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- Kementerian ESDM. (2020). Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik dan Tarif Tenaga Listrik untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai. https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/683a2-bahan-presentasi-pak-hendra-1-.pdf.
- Kementerian ESDM. (2020). Rencana Strategis Kementerian ESDM 2020-2024.
- Maihold, Günther. (2022). *A New Geopolitics of Supply Chains*. Stiftung Wissenschaft und Politik, German Institute for International and Security Affairs.
- Misna, Andriah Feby. (21 Maret 2023). *Potensi Pemanfaatan Nuklir dalam Bauran Energi Nasional*. KESDM.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). *Capaian Kinerja Sektor ESDM Tahun 2022 & Target Tahun 2023*. Jakarta.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia*. Jakarta.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). Kementerian ESDM Dukung Pengembangan Hidrogen Hijau, retrieved from <https://ebtke.esdm.go.id/post/2023/08/30/3591/kementerian.esdm.dukung.pengembangan.hidrogen.hijau>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). *16 Proyek CCS/CCUS Ditargetkan Beroperasi Sebelum 2030*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/16-proyek-ccs-ccus-ditargetkan-beroperasi-sebelum-2030>.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). *Menteri ESDM Luncurkan Perdagangan Karbon Subsektor Pembangkit Listrik*. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/menteri-esdm-luncurkan-perdagangan-karbon-subsektor-pembangkit-listrik->
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2023). *Program Bahan Bakar Nabati B35 Siap Implementasi Mulai 1 Februari 2023*. <https://ebetke.esdm.go.id/post/2023/01/09/3395/program.bahan.bakar.nabati.b35.siap.implementasi.mulai.1.februari.2023>.

- Knowledge for Policy (2023). *Shift in the Geopolitical Landscape*.
- Kuykendall, T. (4 Mei 2022). *S&P Global Market Intelligence*. Retrieved from S&P Global Market Intelligence: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/they-ve-absolutely-exploded-coal-investors-win-triple-digit-us-stock-gains-70051407>.
- McKinsey Energy Insight Global Perspective (2022), retrieved from <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2022>
- Meehl, G.A., F. Zwiers, J. Evans, T. Knutson, L. Mearns, dan P. Whetton. (2000). "Trends in Extreme Weather and Climate Events: Issues Related to Modeling Extremes in Projections of Future Climate Change", *Bulletin of America Meteorology Society*, 81, 427-436, [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2000\)081<0427:TIEWAC>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2000)081<0427:TIEWAC>2.3.CO;2).
- M. Ilyas dan F. Aydogan. "Steam Generator Performance Improvements for Integral Small Modular Reactors", *Nuclear Engineering and Technology*, Vol. 49, hlm. 1669-1679, 2017.
- Natalegawa, Marty M. (2022). *Geopolitik dan Perekonomian Indonesia: Dampak dan Respons Kebijakan*. Bank Indonesia Institute.
- Neom.com (2023). Neom green hydrogen investment, retrieved from <https://www.neom.com/en-us/newsroom/neom-green-hydrogen-investment>
- Nian, V. (2017). "The Prospects of Small Modular Reactors in Southeast Asia", *Progress in Nuclear Energy*, Vol. 98, hlm. 131-142.
- OECD. (2022). *Climate Finance Provided and Mobilised by Developed Countries in 2016-2020: Insights from Disaggregated Analysis, Climate Finance and the USD 100 Billion Goal*. Paris: OECD Publishing.
- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (2022). Financial Incentives for Hydrogen and Fuel Cell Projects, retrieved from <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/financial-incentives-hydrogen-and-fuel-cell-projects>
- Peraturan Menteri ESDM. (2020). Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik Untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2020).
- Peraturan Menteri ESDM. (2023). Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik Untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Peraturan Menteri ESDM Nomor 1 Tahun 2023).
- Peraturan Presiden Republik Indonesia. (2019). Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan (Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019).
- Peraturan Presiden Republik Indonesia. (2023). Percepatan Swasembada Gula Nasional dan Penyediaan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Nabati (Biofuel).
- Percopo, Bob. (2022). *Geopolitics and Climate Change: Economic Implications*. Columbia SPS.
- PRIS. (2023). IAEA. Retrieved from <https://pris.iaea.org/pris/home.aspx>

- PT PLN (Persero). (2023). Annual Report 2022.
- PT PLN (Persero). (2023). Mudahkan Pengguna Kendaraan Listrik Selama Mudik, PLN Operasikan 616 SPKLU di 237 Lokasi di Indonesia. <https://web.pln.co.id/media/siaran-pers/2023/04/mudahkan-pengguna-kendaraan-listrik-selama-mudik-pln-operasikan-616-spklu-di-237-lokasi-di-indonesia>.
- PWC. (2019). PWC. Retrieved from <https://www.pwc.com/us/en/industries/energy-utilities-resources/library/oil-and-gas-companies-attract-investors.html>.
- Reuters. (23 Maret 2022). *Reuters*. Retrieved from <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/exclusive-dutch-banking-ends-financing-new-oil-gas-projects-2022-03-23/>.
- Reuters. (10 Februari 2023). *Reuters*. Retrieved from <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/investors-call-five-european-banks-end-new-oil-gas-finance-2023-02-10/>.
- REN21. (2023). Renewable in Energy Demand Agriculture in Focus. https://www.ren21.net/gsr-2023/modules/energy_demand/04_agriculture_in_focus/02_policy/.
- Ross, A. (15 September 2023). *Financial Times*. Retrieved from <https://www-ft-com.ezp.lib.cam.ac.uk/content/1c3a8e9c-a10c-46ce-9903-084e07056d40>.
- S&P Global (2023). *Top Geopolitical Risk 2023*.
- The Economist*. (12 Februari 2022). "Finance & Economics". Retrieved from *The Economics*: <https://www.economist.com/finance-and-economics/who-buys-the-dirty-energy-assets-public-companies-no-longer-want/21807594>.
- The Hague Centre for Strategic Studies. (2017). *The Geopolitical Impact of Climate Mitigation Policies*.
- Townend, Ruth dan Anna Åberg. (2023). *What is COP28 and Why is it Important?* Chathamhouse.org.
- Valle, S. (13 September 2023). *Reuters*. Retrieved from <https://www.reuters.com/business/energy/oil-investors-open-dividend-cut-boost-clean-energy-spending-deloitte-2023-09-12/>.
- Vujic, J., M.R. Bergmann, R. Skoda, dan M. Miletic. (2012). "Small Modular Reactors: Simpler, Safer, Cheaper?", *Energy*, Vol. 45, hlm. 288-295.
- Warstek Media. (n.a). *Warstek*. Retrieved from <https://warstek.com/smr/>.
- WBG dan ADB. (2021). *Climate Risk Country Profile: Indonesia*. WBG and ADB.
- Wester, P. et al. (2019). *The Hindu Kush Himalaya Assessment: Mountains, Climate Change, Sustainability and People*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92288-1>
- World Bank Group. (2023). *Falling Long-Term Growth Prospects*. Washington D.C: The World Bank.
- World Bank Group. (2023). *World Bank East Asia and The Pacific Economic*, Update April 2023. Washington, DC: The World Bank.

BUMI UNTUK
INDONESIA



Pertamina Energy Institute

PT Pertamina (Persero)

Grha Pertamina, Gedung Fastron Lantai 19
Jln. Medan Merdeka Timur No.6, Jakarta 10110

Email: energy-institute@pertamina.com



Follow us:

@Pertamina

