

ISBN 978-602-1328-20-0



OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2021
**PERSPEKTIF TEKNOLOGI
ENERGI INDONESIA**
Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi Charging Station

**PUSAT PENGKAJIAN INDUSTRI PROSES DAN ENERGI
BADAN PENGKAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI**

OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2021

Perspektif Teknologi Energi Indonesia: Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi *Charging Station*

Diterbitkan oleh:

Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE)

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Gedung B.J. Habibie, Lantai 11

Jl. M.H. Thamrin 8, Jakarta 10340

Telp. : (021) 7579-1391

Fax. : (021) 7579-1391

email : sekr-ppipe@bppt.go.id

© Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

Boleh dikutip dengan menyebut sumbernya

Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Outlook energi indonesia 2021 : perspektif teknologi energi Indonesia : tenaga surya untuk penyediaan energi charging station / editor, Edi Hilmawan ... [et al.]. -- Tangerang : Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi, 2021.
84 hlm. ; 21 cm.

ISBN 978-602-1328-20-0

1. Politik energi. I. Edi Hilmawan.

354.4

TIM PENYUSUN

- **Pengarah:**

- **Kepala BPPT** : Dr. Ir. Hammam Riza, M.Sc.
- **Deputi Kepala BPPT Bidang Pengkajian Kebijakan Teknologi**: Dr. Ir. Gatot Dwianto, M.Eng.

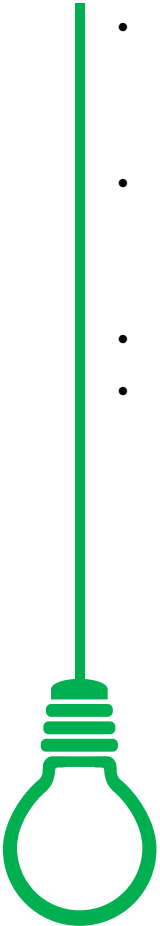
- **Penanggung Jawab:**

- **Direktur Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi**: Dr. Ir. Adiarso, M.Sc.
- **Kepala Program**: Dr. Edi Hilmawan, B.Eng., M.Eng.

- **Editor**: Dr. Edi Hilmawan, B.Eng., M.Eng.; Ira Fitriana, S.Si., M.Sc.; Ir. Agus Sugiyono, M.Eng.; Dr. Ir. Adiarso, M.Sc.

- **Kontributor:**

- **Inventarisasi Data**: Ir. Erwin Siregar; Ir. Irawan Rahardjo, M.Eng.; Prima Trie Wijaya, S.Kom., M.Kom.; Kristiana, ST., MMSI.; Nini Gustriani, S.E.; Erna Rosmala Sari, A.Md.; Evitera Rosyari Dewi, S.E.; Siti Zunuraen, S.T.
- **Model Energi**: Ir. Joko Santosa, M.Sc.; Drs. Yudiartono, M.M.; Ira Fitriana, S.Si., M.Sc.; Anindhita, S.Si., M.S.
- **Kebijakan Energi**: Dr. Edi Hilmawan, B.Eng., M.Eng.; Dra. Nona Niode, Dr. Irhan Febijanto, M. Eng.; Drs. R. Agung Wijono, M.T.; Ir. Rohmadi Ridlo, M. Eng.; Ir. Murbantan Tandirerung, M.T.
- **Analisis Dampak**: Ir. Agus Sugiyono, M.Eng.; Ratna Etie Puspita Dewi, S.T., M.Sc.; Ir. La Ode Muhamad Abdul Wahid; Nugroho Adi Sasongko, S.T., M.Sc., Ph.D.; Ayu Lydi Ferabianie, ST, M.T.; Aflakhur Ridlo, S.T., M.Sc., Ph.D.; Anwar Tri Anafi, S.Si.; Afri Dwijatmiko, S.T.; Alfian Yudha Prihatmoko, S.T.; Armita Widyasuri, S.Kom.



SAMBUTAN



Ketergantungan yang tinggi pada sumber energi fosil, masih menjadi permasalahan utama penyediaan energi nasional. Pada tahun 2019 tercatat 90,7% penyediaan energi primer nasional dipenuhi dari batubara, minyak bumi dan gas bumi. Terlebih lagi di sektor transportasi, yang merupakan sektor pengguna energi terbesar di Indonesia, 90,9% kebutuhan energinya dipenuhi oleh bahan bakar minyak (BBM). Penggunaan BBM yang tinggi mengakibatkan pengurasan devisa negara akibat impor, dan juga peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) akibat pembakaran hidrokarbon yang berasal dari sumber energi fosil. Guna mengatasi permasalahan tersebut, pemerintah mendorong diversifikasi bahan bakar di sektor transportasi, antara lain dengan penerapan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (KBLBB) dan penggunaan bahan bakar nabati (BBN). Penerapan KBLBB sangat efektif untuk mengurangi penggunaan BBM di sektor transportasi. Namun tanpa diiringi dengan diversifikasi bahan bakar pembangkit ke arah energi terbarukan, penerapan KBLBB tidak akan mengurangi emisi GRK nasional secara signifikan. Untuk itu Badan

Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) melakukan kajian optimasi penyediaan energi pada sistem pengisian daya listrik KBLBB dengan menggunakan sumber energi terbarukan, khususnya tenaga surya, yang hasilnya dituangkan dalam buku Outlook Energi Indonesia 2021 dengan tema Perspektif Teknologi Energi Indonesia: Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi *Charging Station*.

Sejak tahun 2009, BPPT secara rutin menerbitkan buku Outlook Energi Indonesia (OEI) setiap tahunnya. Pada penerbitan selanjutnya nanti akan menggunakan judul buku Perspektif Teknologi Energi Indonesia untuk pembaruan sekaligus menegaskan perbedaan antara hasil kajian yang dilakukan oleh BPPT dengan buku outlook energi yang juga dipublikasikan oleh instansi lain. Sedangkan tampilan buku juga dihadirkan dalam format tampilan yang lebih sederhana dan lebih mudah dipahami bagi para pembaca.

Semoga buku OEI 2021 ini bermanfaat bagi para pembaca sekalian, dan kami menyampaikan terima kasih kepada tim penyusun dan semua pihak yang telah berkontribusi dan membantu dalam penyusunan buku ini. Saran dan masukan dari para pembaca tetap kami harapkan demi kesempurnaan pada penerbitan buku berikutnya.

Jakarta, Agustus 2021

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Kepala

Dr. Ir. Hammam Riza, M.Sc.

DAFTAR ISI

1	Pendahuluan	[5]	4	Ketenagalistrikan	[49]
	Latar Belakang	[6]		Kebutuhan Listrik	[50]
	Kebijakan Energi Saat Ini	[7]		Produksi Listrik	[51]
	Model Energi	[10]		Kapasitas Pembangkit Listrik	[52]
2	Kebutuhan Energi	[17]		Energi Primer Pembangkit Listrik	[53]
	Kebutuhan Energi Saat Ini	[18]		Tambahan Kapasitas Pembangkit Listrik	[54]
	Kebutuhan Energi Per Jenis	[19]	5	Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi Charging Station	[55]
	Kebutuhan Energi Per Sektor	[21]		Sistem <i>Charging Station</i>	[56]
3	Penyediaan Energi	[25]		Pengembangan Energi Terbarukan untuk Mendukung Pengembangan KBLBB	[61]
	Potensi Sumber Daya Energi	[26]		TKDN untuk Industri PLTS dan SPKLU	[64]
	Minyak Bumi dan BBM	[30]		Emisi GRK	[66]
	Gas Bumi, LNG dan LPG	[34]		Dampak Ekonomi	[70]
	Batubara	[40]		LCA Pasokan Listrik PLTS untuk KBLBB	[78]
	Energi Baru dan Terbarukan	[42]	6	Penutup	[81]
	Energi Primer	[44]			



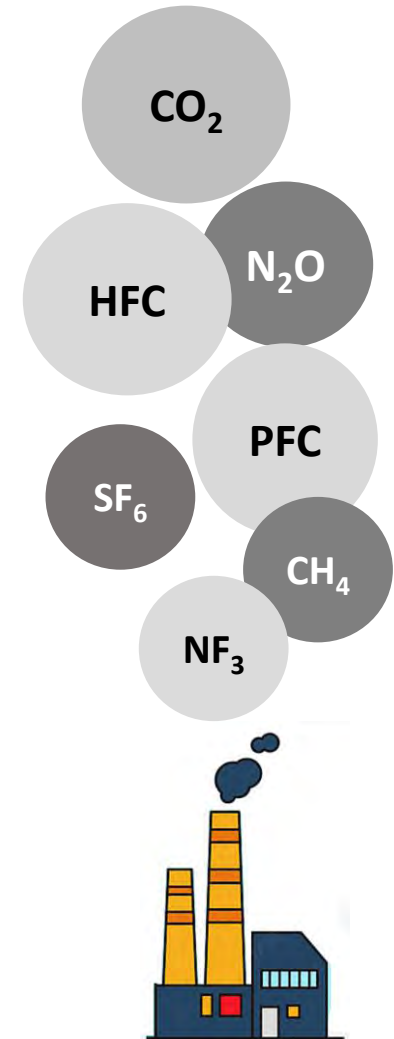
1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebijakan Energi Nasional (KEN) dan *Paris Agreement* merupakan langkah transisi energi di Indonesia menuju pemanfaatan energi baru terbarukan. Pemerintah berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) melalui penggunaan energi baru terbarukan. Sumber emisi GRK ada lima kategori, yaitu: energi, proses industri dan penggunaan produk, pertanian, kehutanan dan perubahan penggunaan lahan lainnya, serta pengelolaan limbah. Hanya sumber emisi GRK dari energi yang akan dibahas lebih lanjut dalam buku ini. Penerapan teknologi rendah karbon atau dekarbonisasi di sektor energi merupakan implementasi untuk mencapai target tersebut.

Dekarbonisasi secara teknis dapat dicapai melalui penerapan tiga pilar, yaitu: melakukan efisiensi energi, penggunaan energi terbarukan, dan elektrifikasi untuk penggunaan akhir. Berbagai opsi teknologi rendah karbon perlu diinventarisasi dan dianalisis untuk melihat prospeknya untuk jangka panjang. Penggunaan kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (KBLBB) merupakan implementasi dekarbonisasi melalui elektrifikasi untuk penggunaan akhir. Penggunaan KBLBB tidak signifikan dalam menurunkan emisi GRK pada sistem penyediaan listrik yang masih didominasi oleh pembangkit berbahan bakar fosil. Oleh karena itu, penggunaan energi terbarukan untuk pembangkit listrik perlu ditingkatkan, salah satu yang akan dianalisis lebih mendalam yaitu peningkatan penggunaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

Paris Agreement membawa konsekuensi bahwa pemerintah berkewajiban untuk menyampaikan laporan kontribusi penurunan emisi GRK yang dituangkan dalam NDC (*Nationally Determined Contribution*) kepada *United Nation Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). NDC berisi langkah-langkah untuk mencapai komitmen nasional dalam menurunkan emisi GRK dan mencapai tujuan pembangunan rendah emisi dan ketahanan iklim. Pada tahun 2014, Uni Eropa mengadopsi kerangka kerja iklim dan energi untuk mengurangi emisi GRK setidaknya 40% dari tingkat emisi tahun 1990 dan pemanfaatan energi terbarukan setidaknya 27% dari total energi primer. Saat ini negara-negara maju sudah mulai menetapkan target pencapaian *net zero emission* paling lambat tahun 2050. Proses transisi energi di Indonesia baru tahap beralih dari batubara ke gas bumi, sebelum beralih ke *net zero emission* untuk jangka panjang menuju ke 100% penggunaan energi terbarukan.



Kebijakan Energi Saat Ini

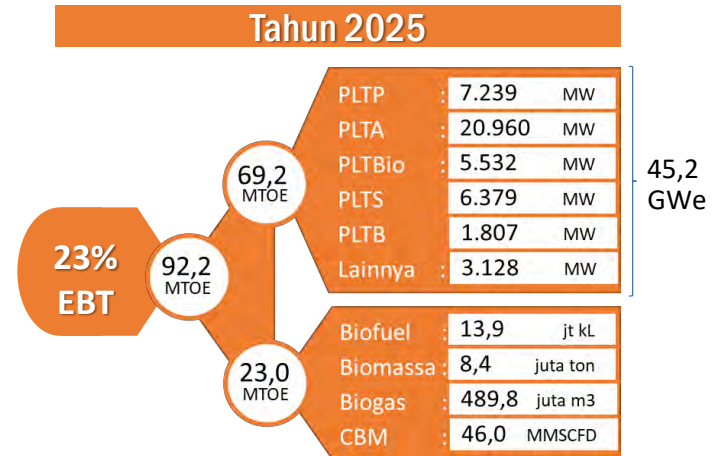
PP No. 79/2014 (Kebijakan Energi Nasional)

TARGET KEN	2025	2050
Bauran EBT	23%	31%
Penyediaan energi	> 400 MTOE	> 1.000 MTOE
Pembangkit Listrik	> 115 GW	> 430 GW
Elastisitas energi	< 1	
Listrik /kapita/thn	2.500 kWh	7.000 kWh
Rasio elektrifikasi	~100%	

Arah Pengelolaan Energi Nasional ditentukan dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang dirumuskan oleh DEN dan disahkan oleh Presiden dalam bentuk PP No. 79/ 2014.

Poin-poin penting dalam KEN tersebut, antara lain:

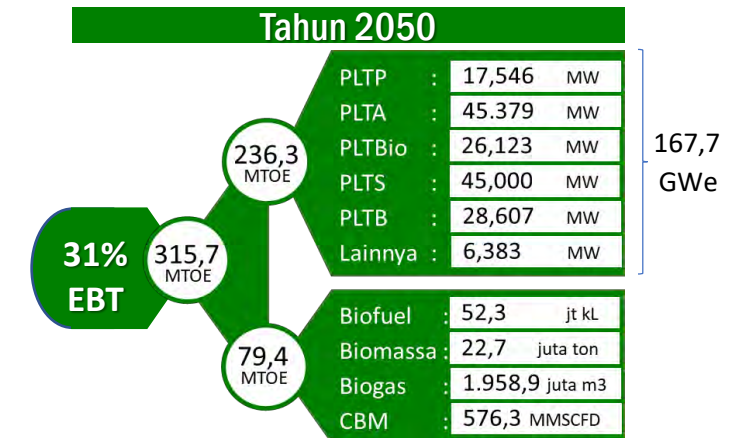
- (1) target bauran EBT sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050,
- (2) konsumsi listrik per kapita sebesar 2500 kWh/thn pada tahun 2025 dan 7000 kWh/thn pada tahun 2050,
- (3) kapasitas penyediaan energi minimal 400 MTOE pada tahun 2025 dan >1000 MTOE pada tahun 2050.



Perpres No. 22/2017 (Rencana Umum Energi Nasional)

Sebagai rincian dari Kebijakan Energi Nasional, Pemerintah mengeluarkan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) pada tahun 2017 yang disahkan melalui sebuah Peraturan Presiden. RUEN memuat target dan program rinci yang akan dilaksanakan pemerintah guna mencapai target-target yang telah dicanangkan pada KEN. Beberapa target penting yang ada pada RUEN, di antaranya adalah:

- (1) Kapasitas Pembangkit Listrik EBT sebesar 45,2 GW pada tahun 2025 dan 167,7 GW pada tahun 2050,
- (2) Bahan bakar terbarukan (Biofuel, Biomassa, Biogas dan CBM) sebesar 23 MTOE pada tahun 2025 dan 79,4 MTOE pada tahun 2050,
- (3) Penurunan Emisi 476 juta t-CO₂eq pada tahun 2025 (34.8%) dan 2726 juta t-CO₂eq pada tahun 2050 (58.3%)



National Determined Contribution (NDC) dan Grand Strategi Energi Nasional

National Determined Contribution (NDC)

Melalui UU No 16/2016 tentang Pengesahan *Paris Agreement to The United Nations Framework Convention On Climate Change* (Persetujuan Paris Atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim), secara nasional Indonesia telah menyatakan komitmennya dalam pengurangan emisi dengan meratifikasi Perjanjian Paris tersebut.

Perjanjian Paris ini pada pokoknya berisikan kesepakatan antar negara yang tergabung dalam UNFCCC untuk membatasi kenaikan suhu global di bawah 2°C dari tingkat pra-industrialisasi dan melakukan upaya membatasinya hingga di bawah 1,5°C. Dengan meratifikasi Perjanjian Paris tersebut, Indonesia diharuskan untuk menguraikan dan mengkomunikasikan aksi ketahanan iklim pasca-2020 dalam dokumen Kontribusi yang ditetapkan secara Nasional (*Nationally Determined Contribution/NDC*) dan diserahkan kepada Sekretariat Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang Perubahan Iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change/UNFCCC*).

Di dalam dokumen NDC yang telah dikirimkan ke UNFCCC, Indonesia menetapkan target pengurangan emisi Gas Rumah Kaca di Indonesia, yakni sebesar 29% tanpa syarat (dengan usaha sendiri) dan 41% bersyarat (dengan dukungan internasional yang memadai) pada tahun 2030.

Grand Strategi Energi Nasional

Pemerintah bersama-sama dengan Dewan Energi Nasional (DEN) sedang mengkaji *Grand Strategi Energi Nasional (GSEN)*, sebagai strategi perencanaan jangka menengah pembangunan infrastruktur energi nasional 2020-2040 untuk menjamin ketersediaan energi yang cukup, kualitas yang baik, harga terjangkau dan ramah lingkungan. GSEN ini disusun untuk mengantisipasi perubahan lingkungan strategis global dan nasional dalam upaya mencapai target EBT sesuai dengan RUEN, target penurunan emisi sesuai *National Determined Contribution (NDC)* dan juga pengendalian impor energi (minyak, BBM dan LPG).

Strategi yang dikembangkan, antara lain meningkatkan *lifting* minyak bumi dan peningkatan kapasitas kilang BBM, mengoptimalkan pemanfaatan gas bumi, mendorong pengembangan kendaraan listrik, serta mendorong pengembangan EBT untuk mengurangi impor minyak. Sedangkan untuk mengurangi impor LPG melalui strategi peningkatan produksi LPG domestik, penggunaan kompor listrik, pembangunan jaringan gas kota, dan pemanfaatan *Dimethyl Ether (DME)*

Pelaksanaan *Grand Strategi Energi Nasional* juga mempertimbangkan kondisi pengembangan energi nasional saat ini. Memperhatikan sumber EBT yang tersedia dan menyesuaikan dengan tren ekonomi EBT.

Kebijakan Terkait Kendaraan Listrik

Perpres No. 55/2019

Penerapan kendaraan bermotor listrik merupakan salah satu strategi yang diangkat pemerintah untuk mengurangi ketergantungan terhadap BBM dan menurunkan emisi CO₂ di sektor transportasi.

Untuk itu pemerintah telah mengeluarkan Perpres No. 55/2019, tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (*Battery Electric Vehicle*) untuk Transportasi Jalan. Berdasarkan perpres ini, percepatan program KBL Berbasis Baterai untuk transportasi jalan akan diselenggarakan melalui:

1. percepatan pengembangan industri KBL Berbasis Baterai dalam negeri, di antaranya meliputi: penyusunan roadmap, kewajiban membangun fasilitas manufaktur dalam negeri, penyelenggaraan kegiatan litbang, kewajiban pemenuhan TKDN dan pengendalian penggunaan Kendaraan Bermotor Berbahan Bakar Minyak Fosil
2. pemberian insentif;
3. penyediaan infrastruktur pengisian listrik dan pengaturan tarif tenaga listrik untuk KBL Berbasis Baterai;
4. pemenuhan terhadap ketentuan teknis KBL Berbasis Baterai; dan
5. perlindungan terhadap lingkungan hidup.

Permen ESDM No. 13/2020

Aturan turunan dari Perpres No. 55/ 2019, mengenai penyediaan infrastruktur pengisian listrik dan pengaturan tarif tenaga listrik untuk KBL Berbasis Baterai, diuraikan dalam Permen ESDM No. 13/ 2020 tentang Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai.

Di dalam permen ESDM ini diatur mengenai:

1. Infrastruktur Pengisian KBL Berbasis Baterai yang berupa Stasiun Penukaran Baterai Kendaraan Listrik Umum (SPBKLU) dan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU);
2. Badan Usaha, Izin usaha, Skema usaha dari SPBKLU dan SPKLU;
3. Tarif tenaga listrik untuk SPBKLU dan SPKLU;
4. Fasilitas keringanan untuk Badan Usaha SPBKLU dan SPKLU; dan
5. Keselamatan Ketenagalistrikan SPBKLU, SPKLU, dan Instalasi Listrik Privat.

Peraturan Turunan Lainnya

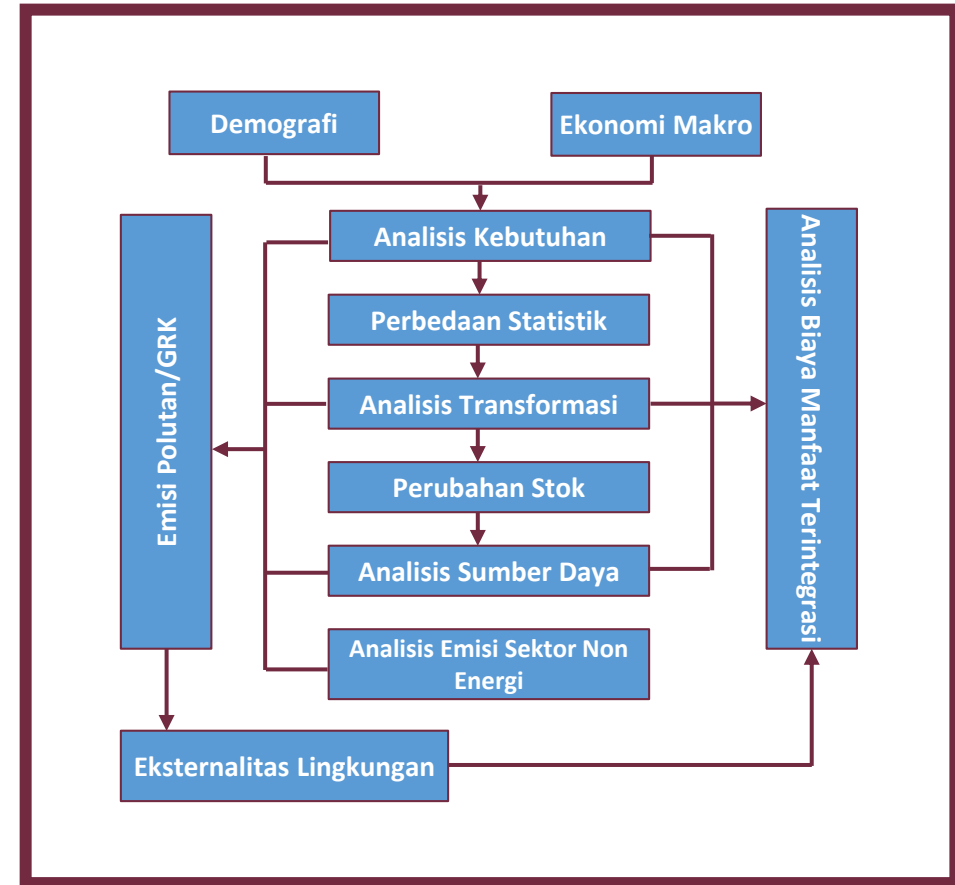
Aturan turunan lainnya terkait dengan percepatan pengembangan industri KBL, pemberian insentif, pemenuhan ketentuan teknis KBLBB dan perlindungan terhadap lingkungan hidup, sedang dibahas dan dimatangkan isinya di kementerian terkait, antara lain Kementerian Perindustrian, Kementerian Perhubungan, Kementerian Keuangan dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Model Energi

Model LEAP

Analisis pemanfaatan tenaga surya untuk penyediaan energi *charging station* dimodelkan dengan aplikasi *Low Emissions Analysis Platform* (LEAP). LEAP adalah *software* pemodelan terintegrasi berbasis skenario yang banyak digunakan untuk analisis kebijakan energi dan kajian mitigasi perubahan iklim baik sektor energi maupun non energi. LEAP menjadi standar *de facto* bagi negara-negara yang melakukan perencanaan sumber daya terintegrasi, kajian mitigasi gas rumah kaca (GRK), dan strategi pembangunan rendah karbon.

Kajian ini menggunakan pendekatan *bottom up/end-use* untuk sisi kebutuhan energi dan pendekatan simulasi dan optimasi untuk sisi penyediaan energi. LEAP mendukung berbagai metodologi pemodelan yang berbeda ini. Penerapan optimasi dibatasi hanya pada sektor ketenagalistrikan akibat teknologi pembangkit yang beragam, dari energi fosil hingga energi baru terbarukan (EBT).



Skenario

SKENARIO BAU (*Business As Usual*)

Skenario BAU merupakan kondisi tanpa intervensi baru dari Pemerintah yang berhubungan dengan energi dan kendaraan listrik. Kebijakan dan program terkait yang diterapkan adalah yang berlaku di tahun dasar yaitu tahun 2019. Pengembangan kendaraan listrik dan SPKLU serta teknologi lain yang tidak diatur dalam kebijakan tersebut mengikuti mekanisme pasar. Dalam skenario BAU, pengembangan pembangkit listrik mengikuti Draft RUPTL 2021-2030 PLN.

SKENARIO EV (*Electric Vehicle*)

Skenario EV memakai asumsi bahwa jumlah kendaraan listrik mengikuti target kuantitatif pengembangan industri kendaraan bermotor nasional yang tercantum dalam Permenperin No. 27/2020. Pertumbuhan kendaraan listrik setelah tahun 2035 mengikuti tren sebelumnya. Dalam skenario EV, pengembangan pembangkit listrik mengikuti Draft RUPTL 2021-2030 PLN .

SKENARIO NRE (*New Renewable Energy*)

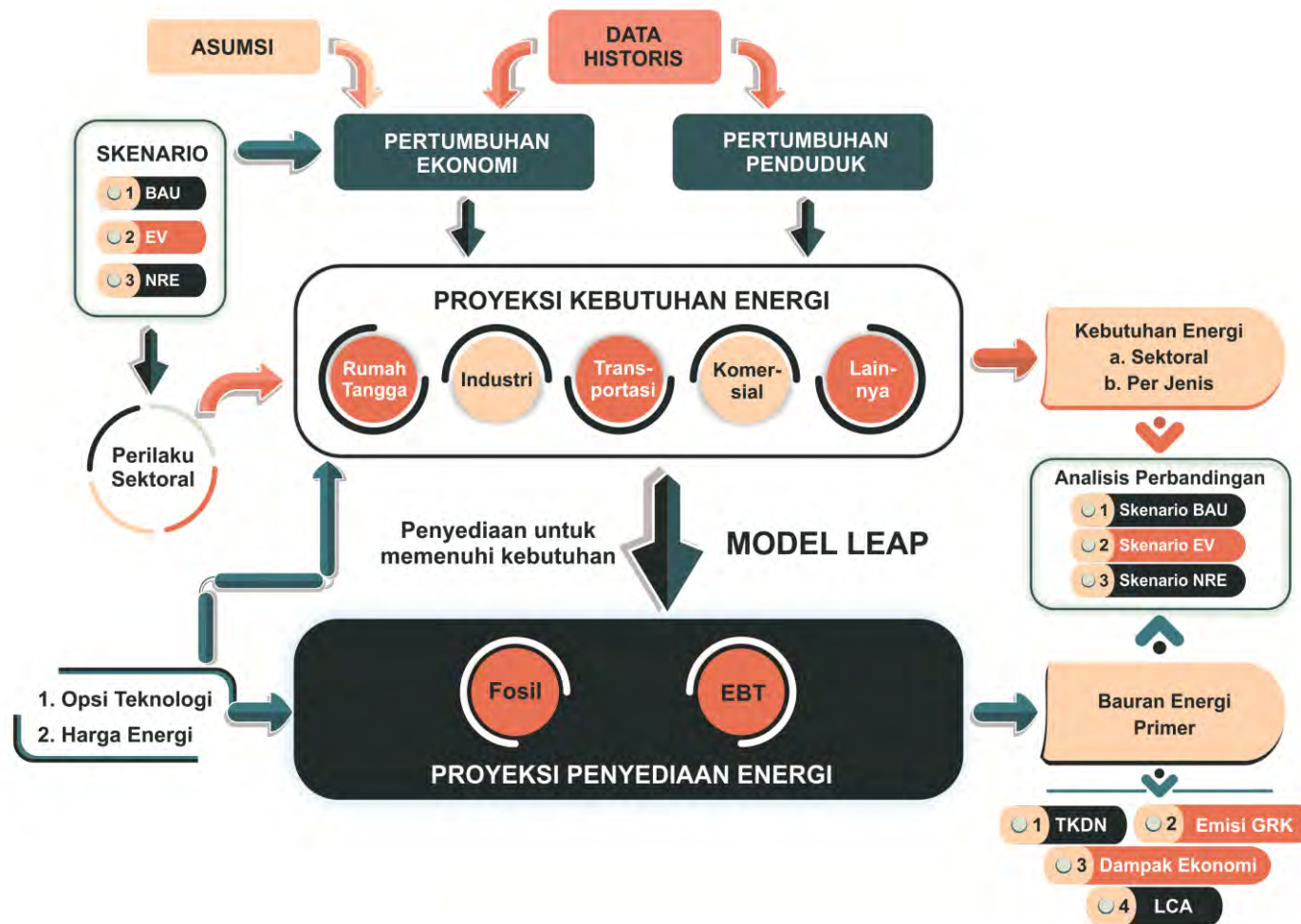
Skenario NRE memakai asumsi yang sama dengan skenario EV. Namun dalam pengembangan pembangkit listriknya mengoptimalkan pembangkit yang menggunakan energi baru dan terbarukan.

Asumsi

Asumsi kunci yang digunakan sebagai masukan untuk model adalah pertumbuhan penduduk, Produk Domestik Bruto (PDB), dan angka penjualan kendaraan listrik seperti ditunjukkan pada tabel di samping. Semua skenario mempunyai asumsi pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi selama periode 2019 - 2050 yang sama. Sedangkan penambahan kendaraan listrik sesuai dengan penjelasan skenario. Penggunaan biomassa non-komersial tidak dipertimbangkan dalam semua skenario.

Keterangan		Satuan	2019	2020	2025	2030	2040	2050
Penduduk		Juta Jiwa	267	270	283	295	313	324
Pertumbuhan Penduduk		%/Tahun	1,16	1,16	0,95	0,80	0,54	0,30
PDB		Triliun Rp.	10.949	10.723	13.566	17.590	30.047	48.709
Pertumbuhan PDB		%/Tahun	5,02	-2,07	5,08	5,50	5,50	4,50
Penjualan Mobil Listrik	BAU	Ribu unit	0,04	0,26	42,28	126	420	885
	EV & NRE	Ribu unit	0,04	0,26	400	600	1.500	2.800
Penjualan Motor Listrik	BAU	Ribu unit	1,26	2,01	311	801	1.944	3.042
	EV & NRE	Ribu unit	1,26	2,01	1.760	2.450	4.375	7.875

Keterkaitan Data, Skenario, dan Hasil Model



LEAP merupakan model perencanaan energi yang disusun berdasarkan sistem akuntansi. Sektor pengguna energi dibagi menjadi lima sektor, yaitu rumah tangga, industri, transportasi, komersial, dan lainnya. Model menghitung kebutuhan energi untuk setiap sektor pengguna energi berdasarkan aktivitas dikalikan dengan intensitas energi. Proyeksi pertumbuhan setiap aktivitas ataupun intensitas energi merupakan variabel eksogen. Parameter masukan lainnya yang digunakan dalam model adalah data historis konsumsi energi, pertumbuhan PDB dan pertumbuhan penduduk.

Metodologi Analisis Kebutuhan Energi

Analisis Energi Final

$$E = A \times I$$

Dengan:

E = Kebutuhan energi

A = Aktivitas

I = Intensitas energi final



Sektor Industri dan Komersial

Analisis Energi Useful

$$E = A \times U / Eff$$

Dengan:

E = Kebutuhan energi

A = Aktivitas

U = Intensitas energi useful

Eff = Efisiensi



Sektor Rumah Tangga

Analisis Stock Turnover Transport

$$E = S \times D / C$$

Dengan:

E = Kebutuhan energi

S = Jumlah kendaraan

D = Jarak tempuh

C = Konsumsi energi spesifik



Sektor Transportasi

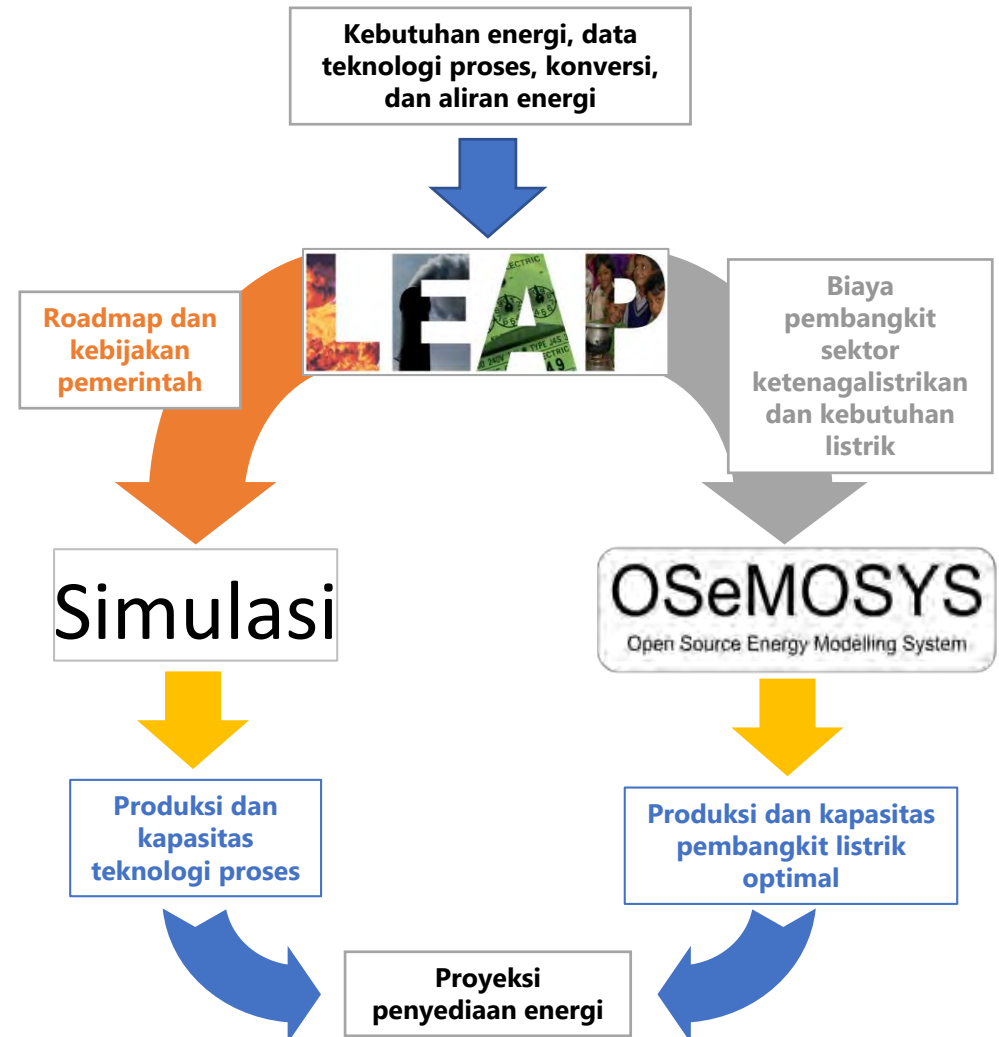
Kebutuhan energi menurut sektor seperti industri, rumah tangga, transportasi, komersial, dan lainnya dirinci lebih jauh berdasarkan subsektor, energi yang digunakan, teknologi pengguna akhir, dan peralatan. Faktor penentu utama proyeksi kebutuhan energi adalah pertumbuhan ekonomi (PDB) dan pertumbuhan penduduk. Selain itu, urbanisasi, perubahan struktur ekonomi, difusi teknologi dan kebijakan pemerintah juga ikut memberikan kontribusi terhadap proyeksi kebutuhan energi ke depan. Masing-masing sektor menggunakan pendekatan analisis yang berbeda disesuaikan dengan karakter sektor tersebut dan ketersediaan data.

Metodologi Analisis Penyediaan Energi

Model penyediaan energi yang dikembangkan memuat semua data teknologi proses dan konversi, seperti kilang dan pembangkit listrik. Selain itu, model penyediaan energi juga dilengkapi dengan aliran energi seperti ekspor, impor, serta produksi tambang (batubara, gas alam dan minyak bumi). Penambahan kapasitas dan *process dispatch* dari berbagai teknologi ini dalam rangka memenuhi kebutuhan energi dilakukan dengan pendekatan simulasi dan optimasi.

Pendekatan optimasi diaplikasikan untuk menentukan *process dispatch* pada pembangkit listrik yang mempunyai keragaman jenis teknologi dan jenis energi primer. Metode optimasi yang diterapkan adalah metode *least cost optimization* yang akan memilih portofolio jenis pembangkit dengan total biaya produksi listrik yang paling rendah. Dalam hal ini, LEAP menggunakan **OSeMOSYS** sebagai **linear programming solver engine**.

Sedangkan penambahan kapasitas untuk teknologi proses lainnya seperti kilang minyak, kilang LNG, dan kilang LPG dilakukan dengan menerapkan metode simulasi. Simulasi peningkatan kapasitas mengacu pada *roadmap* dan/atau kebijakan pemerintah.



Batasan Dalam Analisis

TKDN

- Permenperin No. 04/2017 tentang Ketentuan dan Tata Cara Penilaian Tingkat Komponen Dalam Negeri untuk PLTS.
- Permenperin No. 54/M-ND/PER/3/2012 tentang Pedoman Penggunaan Produk Dalam Negeri untuk Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan.



Emisi GRK

- IPCC 2006
- Faktor Emisi Tier 1
- GWP sesuai SAR II IPCC 1995
- Tidak mempertimbangkan kebutuhan energi untuk *feedstock*.



Dampak Ekonomi

- Menggunakan metode *cost benefit analysis*.
- Parameter yang dipertimbangkan meliputi impor BBM, emisi GRK, biaya penyediaan listrik, infrastruktur *charging station*, dan kendaraan listrik.



LCA

Menggunakan *software* SimaPro® 9.1 2020 dengan metodologi CML *baseline* (Centrum voor Milieukunde Leiden).

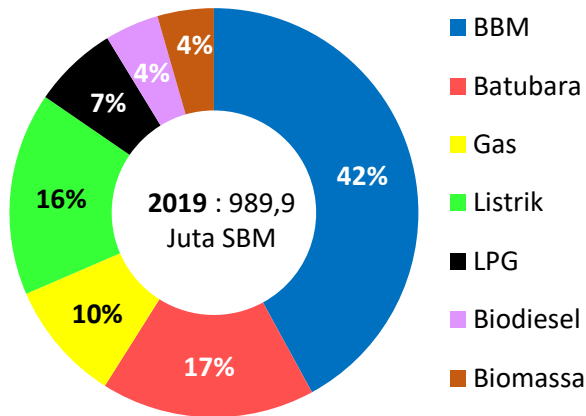




2

KEBUTUHAN ENERGI

Kebutuhan Energi Saat Ini

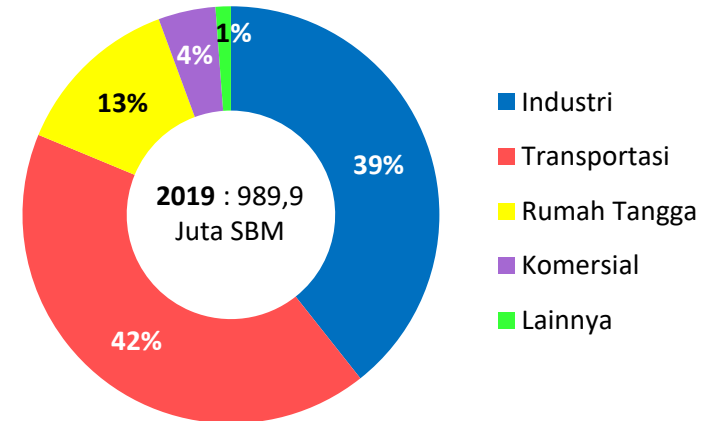


Konsumsi Energi per Jenis (2019)

Total konsumsi energi final pada tahun 2019 sebesar 989,9 juta SBM (Setara Barel Minyak). Pangsa konsumsi energi final per jenis masih didominasi oleh BBM (avgas, avtur, bensin, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel, dan minyak bakar). Besarnya konsumsi BBM itu dikarenakan penggunaan teknologi peralatan BBM masih lebih efisien dibanding peralatan lainnya, terutama di sektor transportasi. Sejalan dengan meningkatnya konsumsi BBM, konsumsi BBN (*biofuel*) sebagai substitusi BBM, terutama biodiesel juga meningkat mengikuti tren pertumbuhan minyak solar dan mandatori biodiesel. Biodiesel selain digunakan untuk sektor transportasi juga digunakan untuk sektor industri, komersial, dan pembangkit listrik. Batubara banyak digunakan di sektor industri dan pembangkit listrik.

Konsumsi Energi per Sektor (2019)

Sektor transportasi merupakan pengguna energi terbesar dibandingkan sektor pengguna energi lainnya. Energi yang digunakan di sektor transportasi hampir keseluruhannya menggunakan BBM, terutama bensin. Sektor industri banyak menggunakan batubara karena hampir semua teknologi *boiler* di industri memerlukan batubara sebagai bahan bakar. Sebagian besar aktivitas sehari-hari sektor rumah tangga didukung oleh energi listrik. Sebagai konsekuensi dari kebijakan konversi minyak tanah ke LPG, konsumsi LPG di sektor rumah tangga cukup besar. Untuk sektor komersial, penggunaan energi listrik lebih mendominasi dibandingkan energi yang lain. Kegiatan di sektor lainnya yang meliputi pertanian, konstruksi dan pertambangan, paling banyak menggunakan minyak solar. Konsumsi energi di sektor lainnya adalah yang paling kecil dibanding konsumsi energi di sektor pengguna energi lainnya.

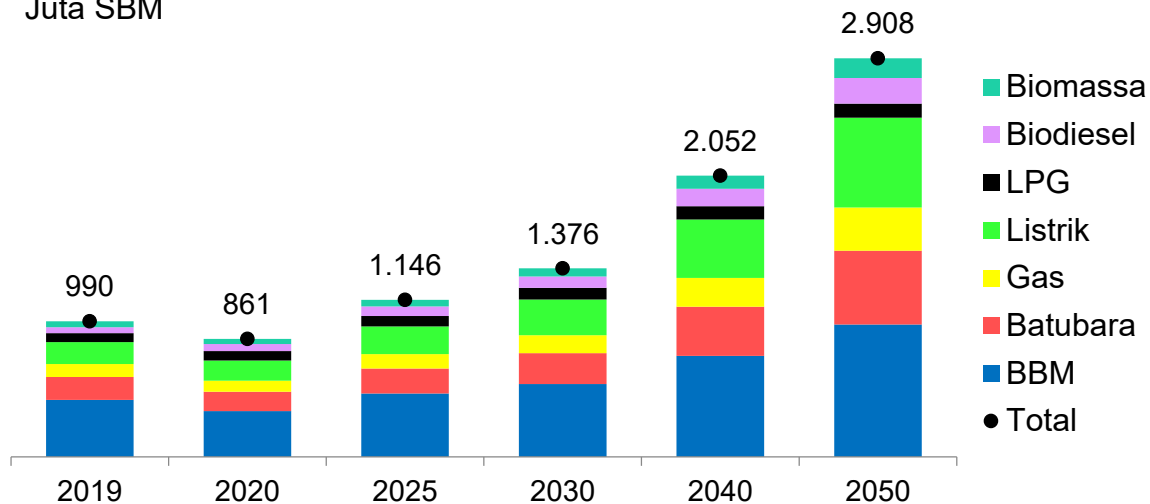


Keterangan: Diaolah dari HEESI 2020, KESDM

Kebutuhan Energi Per Jenis

Skenario BAU

Juta SBM



Proyeksi Kebutuhan Energi per Jenis

Pada skenario BAU (*Bussines As Usual*), diperkirakan kebutuhan energi nasional tahun 2019- 2050 terus meningkat sesuai dengan pertumbuhan ekonomi, penduduk, harga energi, dan kebijakan pemerintah. Total kebutuhan energi final diproyeksikan akan meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 3,5% per tahun.

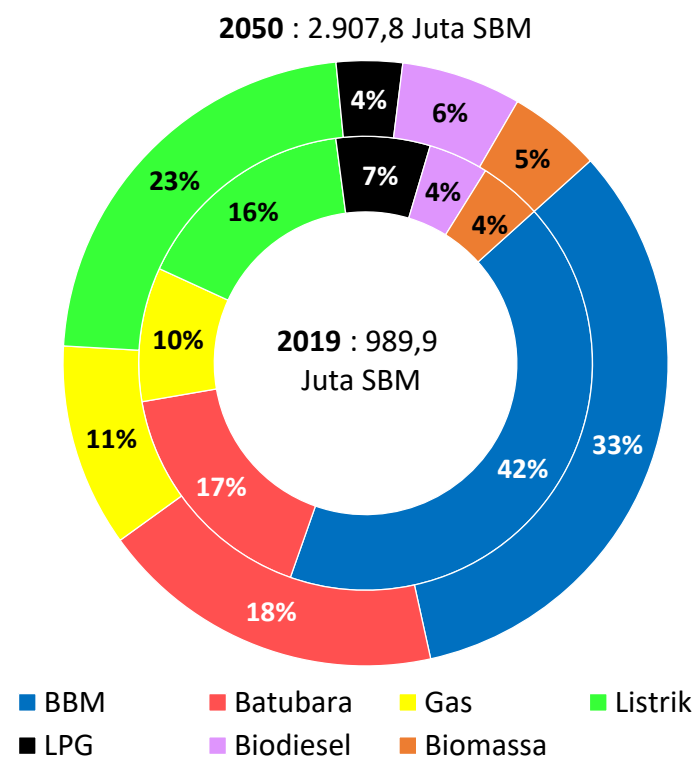
Kebutuhan energi final per jenis masih didominasi oleh BBM yang meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 2,8% per tahun, hal ini dikarenakan penggunaan teknologi peralatan BBM masih lebih efisien dibanding peralatan lainnya.

Sebagai substitusi BBM, kebutuhan biodiesel meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 4,9% per tahun mengikuti tren pertumbuhan kebutuhan minyak solar dan mandatori biodiesel. Biodiesel selain digunakan untuk sektor transportasi juga digunakan untuk sektor industri, komersial, dan pembangkit listrik.

Pemanfaatan energi listrik terus berkembang mengingat inovasi teknologi berbasis listrik tumbuh pesat dan digunakan hampir di semua sektor, terutama di sektor rumah tangga dan komersial. Penggunaan kendaraan listrik juga berkontribusi pada peningkatan kebutuhan listrik. Kebutuhan listrik hingga tahun 2050 meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 4,7% per tahun.

Pada proyeksi ini jenis energi biomassa dan biogas untuk keperluan rumah tangga tidak diperhitungkan.

Pangsa Kebutuhan Energi per Jenis



Pada tahun 2050, pangsa kebutuhan BBM akan menurun karena adanya substitusi minyak solar dengan biodiesel dan juga penggunaan kendaraan listrik.

Dalam memenuhi kebutuhan substitusi minyak solar, pangsa kebutuhan biodiesel akan meningkat menjadi 6% pada tahun 2050 .

Pangsa kebutuhan energi listrik selama tahun 2019 – 2050 akan mengalami peningkatan yang cukup besar, yaitu menjadi 23% pada tahun 2050. Penggunaan kendaraan listrik listrik di sektor transportasi angkutan jalan raya turut berkontribusi pada peningkatan ini.

Selama tahun 2019 – 2050 pangsa kebutuhan LPG akan menurun karena diharapkan sebagian kebutuhan LPG untuk memasak dapat disubstitusi dengan energi listrik.

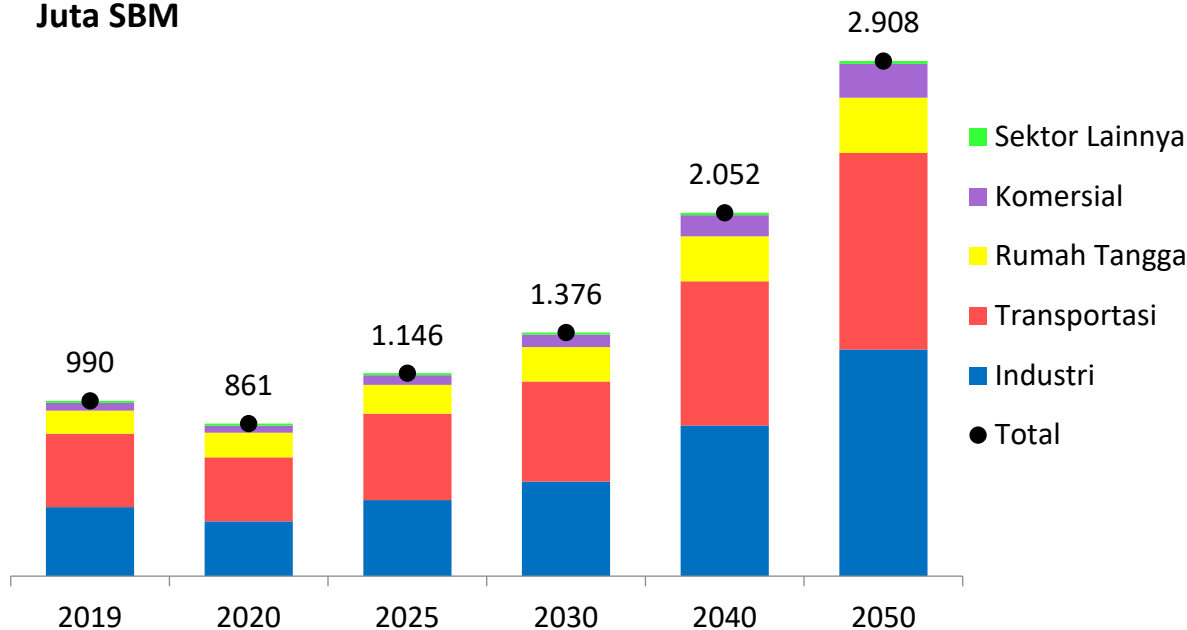
Adanya pembatasan penggunaan pembangkit listrik tenaga batubara dimasa mendatang, menyebabkan pangsa kebutuhan batubara hanya meningkat menjadi 18% pada tahun 2050.

Pemanfaatan gas untuk sektor rumah tangga dan transportasi hingga kini masih menghadapi kendala pembangunan jaringan pipa gas, pangsa kebutuhan gas diperkirakan peningkatannya tidak besar.

Kebutuhan Energi Per Sektor

Skenario BAU

Juta SBM



Proyeksi Kebutuhan Energi per Sektor

Sektor industri, kebutuhannya diproyeksikan terus meningkat dengan pertumbuhan rata-rata 3,9% per tahun. Kebutuhan energi di sektor industri mendominasi total kebutuhan energi final hingga tahun 2050.

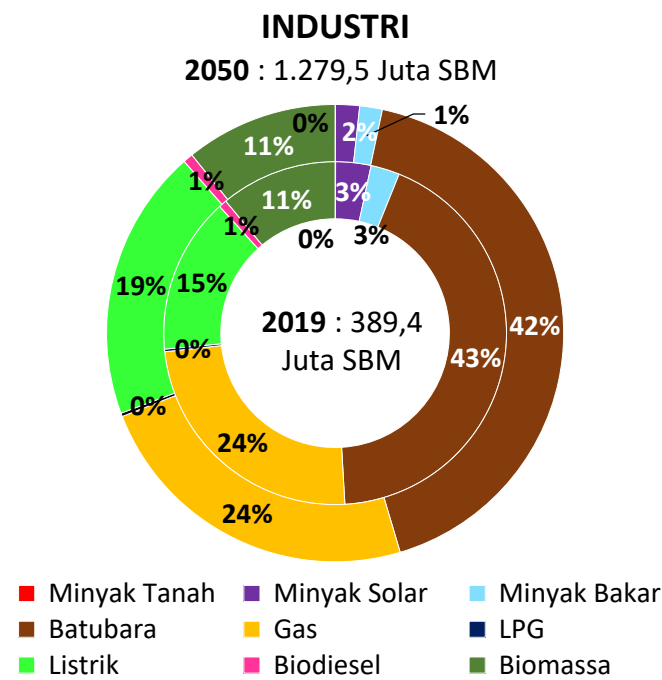
Sektor transportasi, kebutuhannya mengalami pertumbuhan lebih rendah daripada sektor industri yaitu 3,2% per tahun, yang mana didorong oleh pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor.

Sektor komersial diperkirakan kebutuhannya akan terus meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata yang tertinggi dibandingkan sektor-sektor yang lain yaitu sebesar 4,9% per tahun, peningkatan ini sejalan dengan meningkatnya perekonomian dan jumlah penduduk.

Sektor rumah tangga dan sektor lainnya juga akan terus meningkat kebutuhannya dengan laju pertumbuhan rata-rata yang lebih rendah, yakni 2,9% per tahun dan 0,9% per tahun.

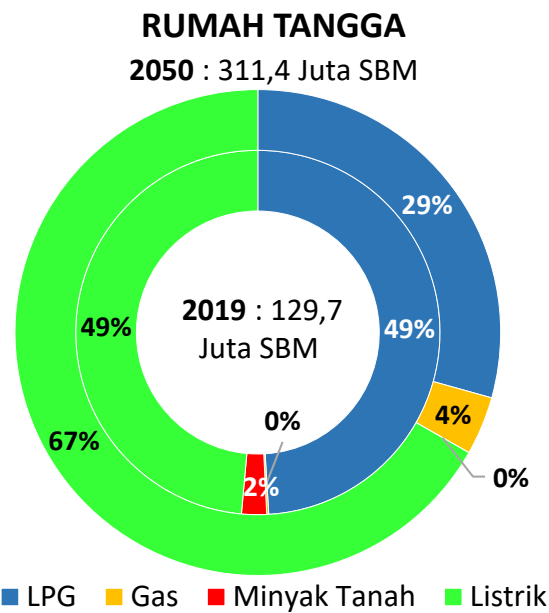
Sektor Industri

Sektor industri pada tahun 2019 mengonsumsi energi sebanyak 389,4 Juta SBM dengan jenis energi batubara, gas, dan listrik, selain minyak solar dan minyak bakar. Pada tahun 2050 diperkirakan ketiga jenis energi tersebut tetap mendominasi kebutuhan energi di sektor industri. Kebutuhan energi sektor industri diproyeksikan meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 3,9% per tahun menjadi 1.279,5 juta SBM pada tahun 2050.

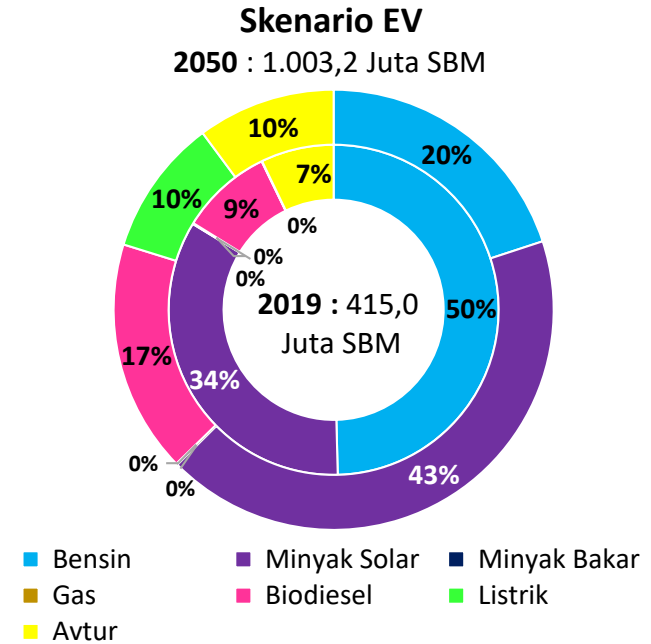
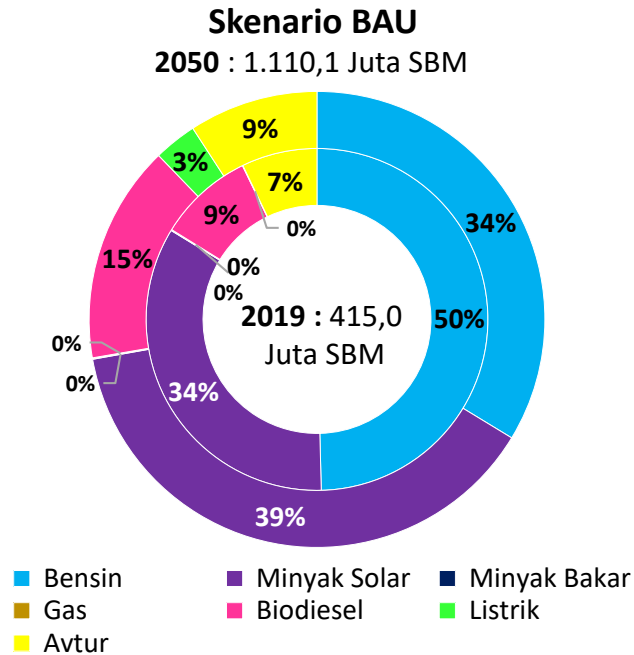


Sektor Rumah Tangga

Selama kurun waktu 2019-2050, kebutuhan energi sektor rumah tangga diperkirakan akan meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 2,9% per tahun, yaitu dari 129,7 juta SBM pada tahun 2019 menjadi 311,4 juta SBM pada tahun 2050. Kebutuhan listrik diperkirakan akan mendominasi sektor ini dengan pangsa sekitar 67% pada tahun 2050, menggeser kebutuhan LPG. Kebutuhan gas bumi juga terus meningkat, pada tahun 2050 pangsa mencapai 4%.



Sektor Transportasi



Skenario BAU :

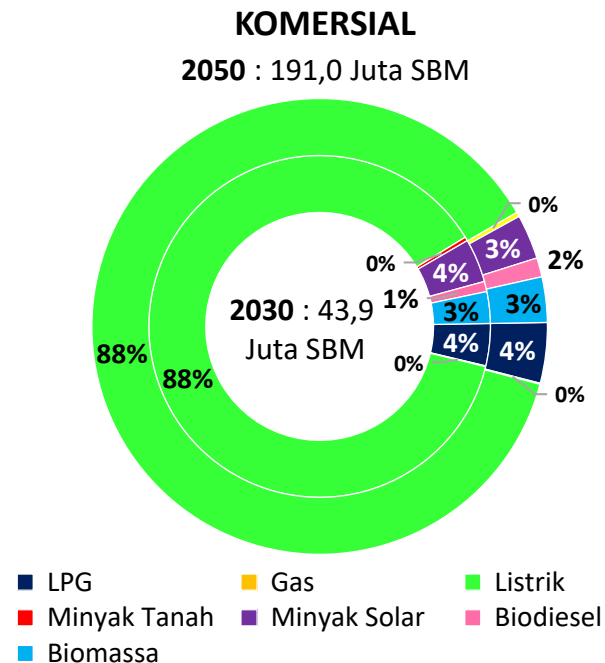
Total kebutuhan energi final sektor transportasi diproyeksikan terus meningkat menjadi 1.110,1 juta SBM pada tahun 2050 atau meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 3,2% per tahun. Pada tahun 2050, pangsa kebutuhan energi listrik meningkat menjadi 3% (33,9 juta SBM), sedang pangsa kebutuhan bensin mengalami penurunan menjadi 34% (374,1 juta SBM).

Skenario EV :

Total kebutuhan energi final sektor transportasi diproyeksikan terus meningkat menjadi 1.003,2 juta SBM pada tahun 2050 atau meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata sebesar 2,9% per tahun. Pada tahun 2050, pangsa kebutuhan energi listrik meningkat menjadi 10% (100,8 juta SBM), sedang pangsa kebutuhan bensin mengalami penurunan menjadi 20% (200,3 juta SBM).

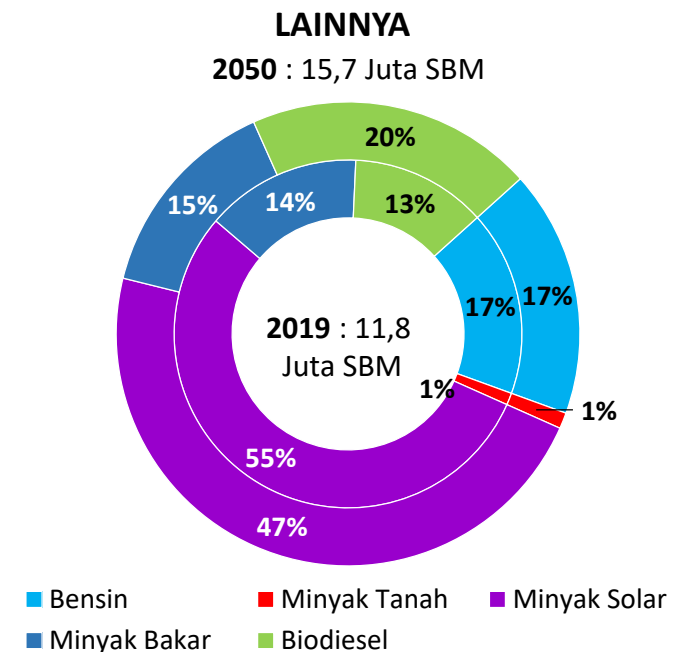
Sektor Komersial

Total kebutuhan energi final di sektor komersial diproyeksikan meningkat menjadi 191,0 juta SBM pada tahun 2050 atau meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 4,9% per tahun. Peran listrik mendominasi dalam pemenuhan kebutuhan energi final, karena sektor ini banyak memerlukan peralatan yang menggunakan energi listrik, seperti: lift, eskalator, lampu penerangan, pendingin ruangan (AC), dan banyak lagi aplikasi peralatan berbasis listrik.



Sektor Lainnya

Total kebutuhan energi final di sektor lainnya diproyeksikan meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 0,9% per tahun. Kegiatan di sektor ini meliputi pertanian, perkebunan, perikanan, konstruksi, serta pertambangan yang sebagian besar peralatannya menggunakan minyak solar sebagai bahan bakarnya. Bensin diperlukan untuk beberapa peralatan, seperti: traktor kecil.



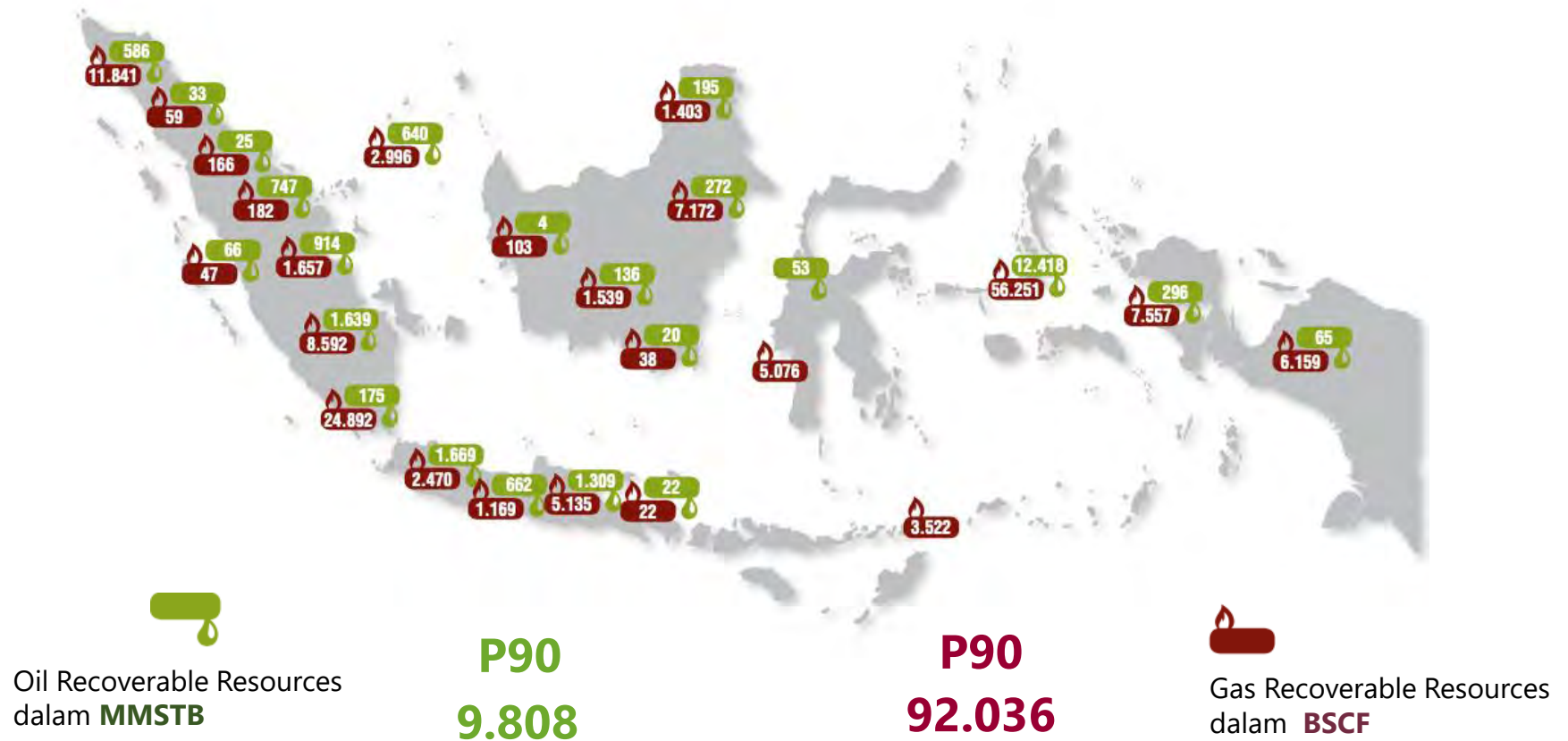


3

PENYEDIAAN ENERGI

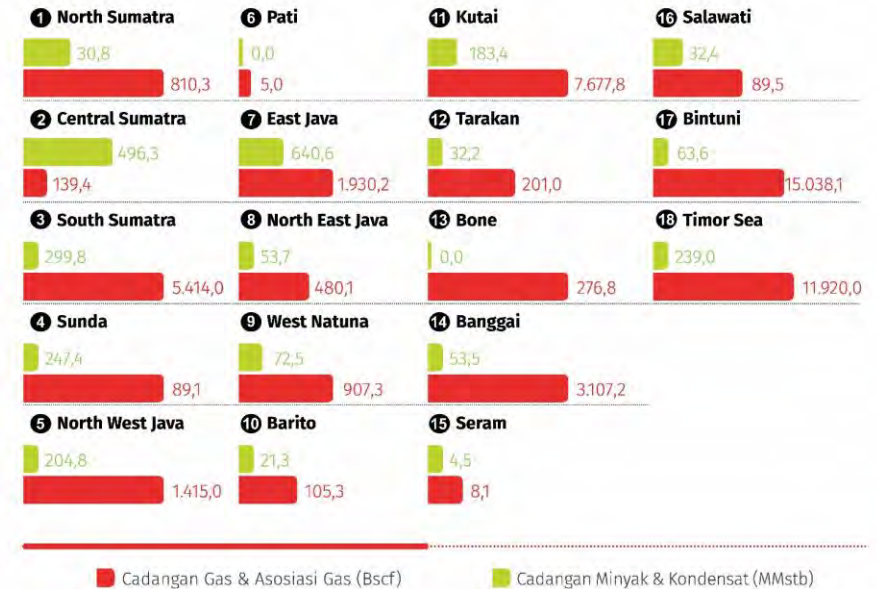
Potensi Sumber Daya Energi

Sumber Daya Minyak dan Gas Bumi



Sumber : Laporan Tahunan SKK Migas (2019)

Cadangan Minyak dan Gas Bumi



Total cadangan minyak bumi nasional tahun 2019 adalah **2,5** miliar standar barel tangki (BSTB) menurun 0,21% dibandingkan tahun 2018 yang mencapai 3,2 BSTB.

Total cadangan gas bumi adalah **50** triliun standar kaki kubik (TCF) menurun 0,019% dibandingkan tahun 2018.

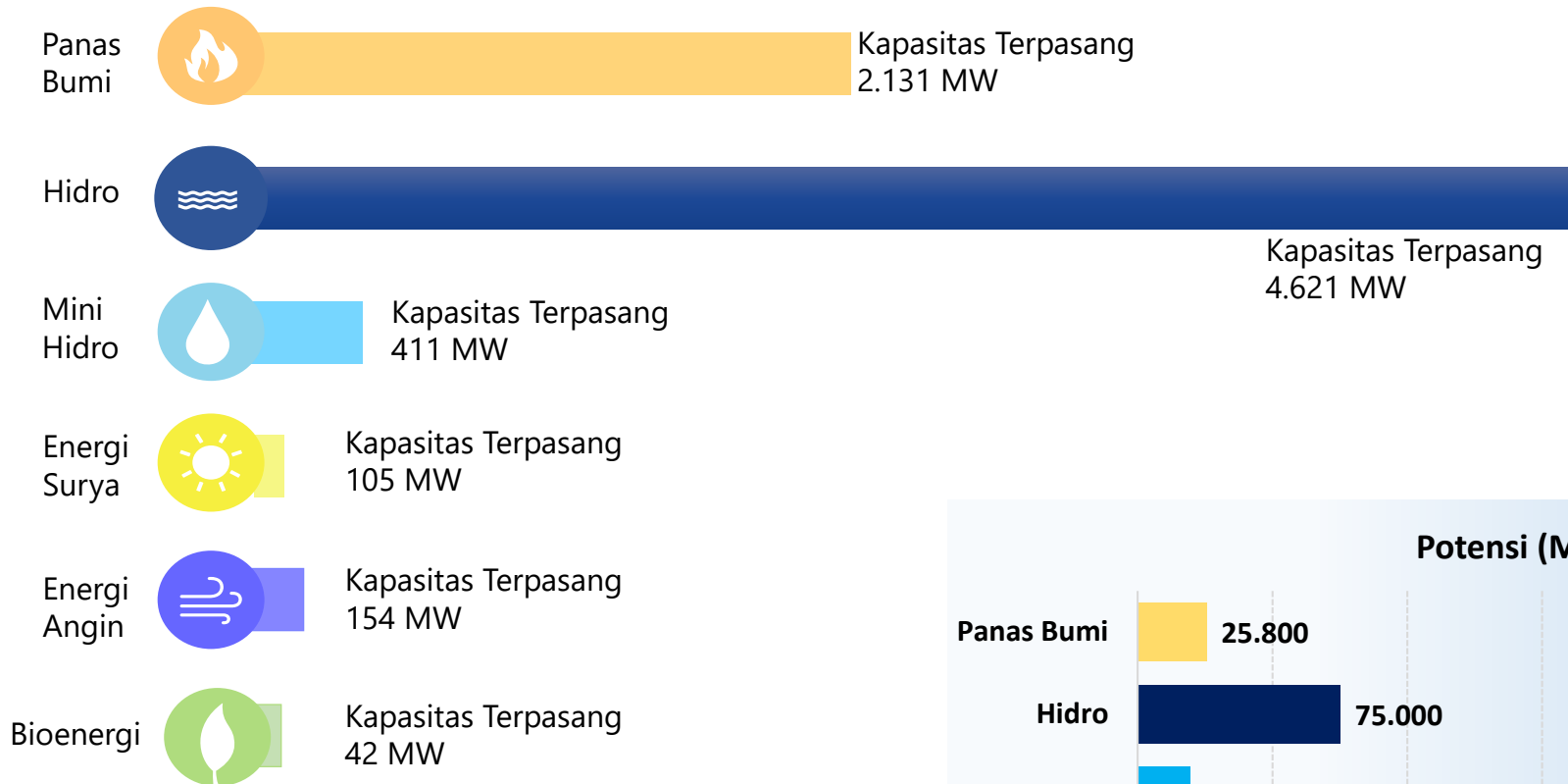
Sumber : Laporan Tahunan SKK Migas (2019)

Sumber Daya dan Cadangan Batubara

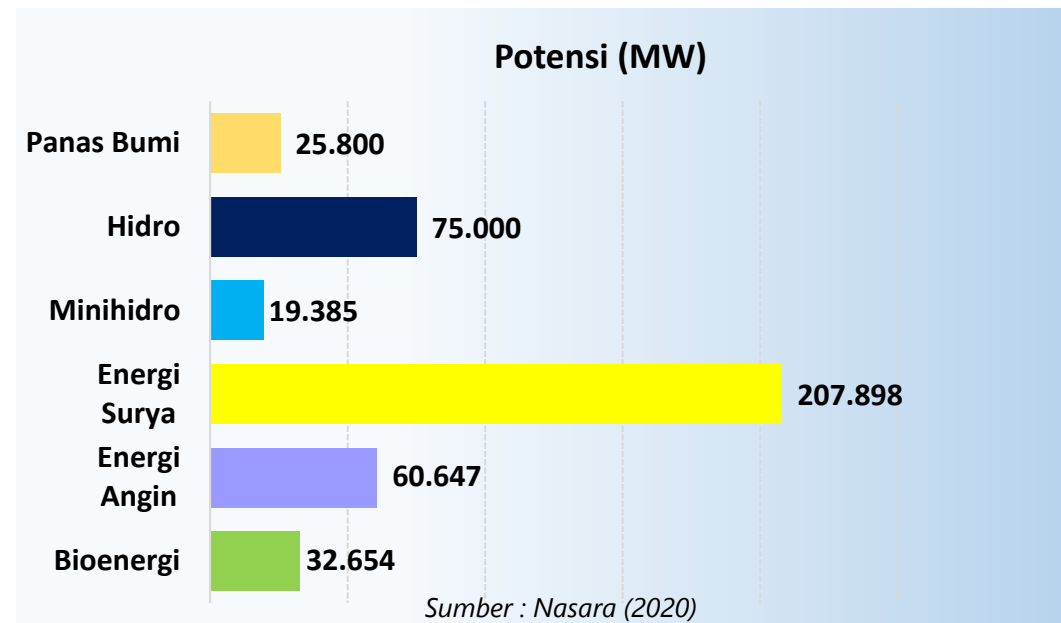
Pulau	Provinsi	Sumber Daya (Juta Ton)						Cadangan (Juta Ton)			
		Hipotetik	Tereka	Tertunjuk	Terukur	Total	Total (verifikasi CP)	Terkira	Terbukti	Total	Total (verifikasi CP)
Jawa	Banten	5,470	32,920	17,175	5,988	61,553	12,691	0,117	0,117	0,234	0,234
	Jawa Tengah		0,820			0,820	0,820				
	Jawa Timur		0,080			0,080	0,080				
Sumatera	Aceh		326,683	465,572	346,904	1.139,159	1.070,997	340,458	212,546	553,004	546,145
	Sumatera Utara		7,000	1,838	5,780	14,618	7,000				
	Riau	3,860	533,830	845,536	535,270	1.918,496	753,199	189,324	369,592	558,916	295,000
	Sumatera Barat	1,194	152,399	85,459	270,306	509,358	271,539	16,796	93,474	110,270	44,640
	Jambi	140,307	2.444,154	2.044,422	2.994,827	7.623,710	2.613,715	865,474	1.151,579	2.017,053	912,962
	Bengkulu		205,512	227,833	195,551	628,896	68,790	71,710	83,405	155,115	25,460
	Sumatera Selatan	3.099,447	14.499,311	13.961,082	12.634,227	44.194,067	33.748,926	5.336,245	4.117,916	9.454,161	8.460,801
	Lampung		122,949	19,950	9,000	151,899	106,950				
Kalimantan	Kalimantan Barat	2,257	375,690	6,850	3,700	388,497	371,007				
	Kalimantan Tengah	22,540	4.899,415	3.008,731	2.899,141	10.829,827	3.808,389	1.105,415	1.312,734	2.418,149	913,228
	Kalimantan Selatan		5.424,828	4.432,122	7.551,529	17.408,479	12.248,164	2.117,250	2.757,460	4.874,710	3.386,817
	Kalimantan Timur	872,986	14.888,604	21.080,481	23.299,452	60.141,523	30.829,954	6.282,894	9.520,929	15.803,823	9.543,933
	Kalimantan Utara	25,790	1.215,493	1.041,541	1.497,471	3.780,295	2.272,158	738,394	917,868	1.656,262	939,481
Sulawesi	Sulawesi Selatan	10,662	17,861	10,319	3,862	42,704	24,562	1,164		1,164	
	Sulawesi Barat	11,463	15,999	0,780	0,165	28,407	13,112	1,800		1,800	1,800
	Sulawesi Tengah	0,524	1,980			2,504	2,504				
	Sulawesi Tenggara	0,636				0,636	0,636				
Maluku	Maluku Utara	8,217				8,217	8,217				
Papua	Papua Barat	93,663	32,820			126,483	95,573				
	Papua Barat	7,197	2,160			9,357	9,357				
Total Indonesia		4.306,213	45.200,508	47.249,691	52.253,173	149.009,585	88.338,340	17.067,041	20.537,620	37.604,661	25.070,501

Sumber : Badan Geologi ESDM (2019)

Potensi dan Kapasitas Terpasang Pembangkit Energi Terbarukan



Potensi EBT seperti panas bumi, air, bioenergi, sinar matahari dan angin/bayu sangat melimpah di Indonesia. Sebagian besar pemanfaatan EBT adalah untuk pembangkit listrik, namun bioenergi berupa CPO juga dimanfaatkan sebagai bahan bakar sektor transportasi untuk substitusi minyak solar.



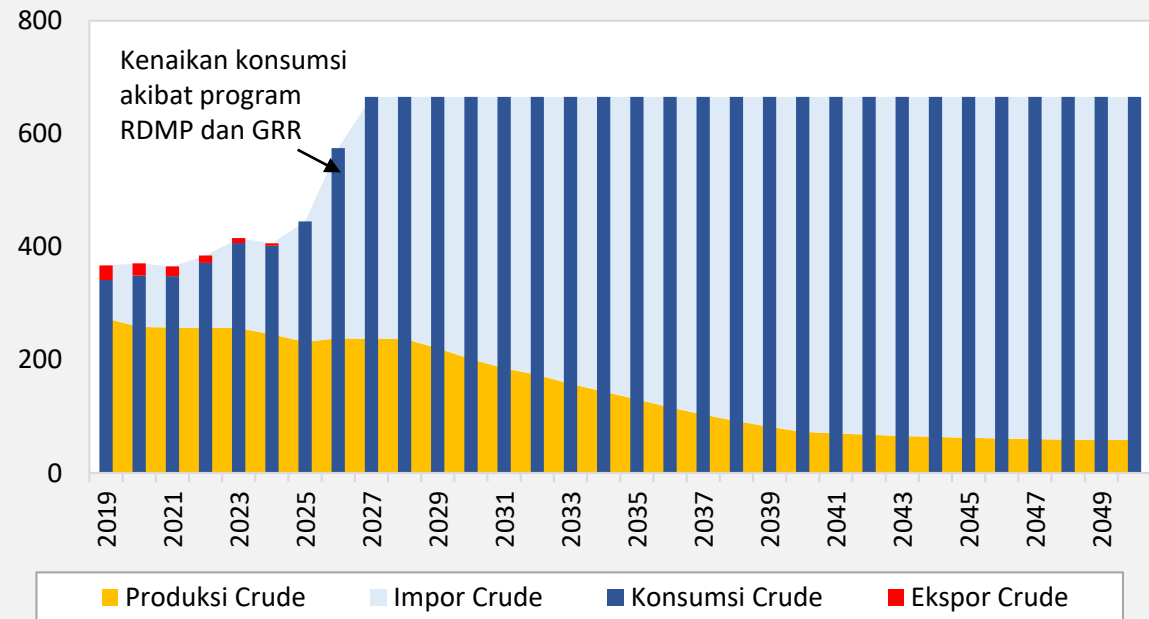
Minyak Bumi dan BBM

Neraca Minyak Bumi

Kebutuhan minyak bumi (*crude*) untuk masukan kilang minyak diperkirakan akan meningkat dari 341 juta SBM 2019 menjadi 665 juta SBM pada tahun 2027. Peningkatan tersebut karena adanya penambahan kapasitas kilang melalui program RDMP (*Refinery Development Master Plan*) pada 5 kilang (Plaju, Dumai, Cilacap, Balongan, dan Balikpapan), serta program GRR (*Grass Root Refinery*) di Tuban dengan kapasitas 300 MBOPD. Selanjutnya, kebutuhan *crude* diperkirakan tetap hingga tahun 2050 karena tidak ada penambahan kapasitas kilang (dengan adanya kendaraan listrik).

Di sisi lain, produksi *crude* diperkirakan terus menurun dengan laju penurunan rata-rata 4,9% per tahun. Penurunan tersebut terjadi karena kondisi sebagian sumur minyak yang sudah tua atau lokasi sumberdaya yang jauh di daerah *frontier*. Sementara itu, ekspor *crude* diperkirakan terus menurun hingga berhenti pada tahun 2024.

Juta SBM

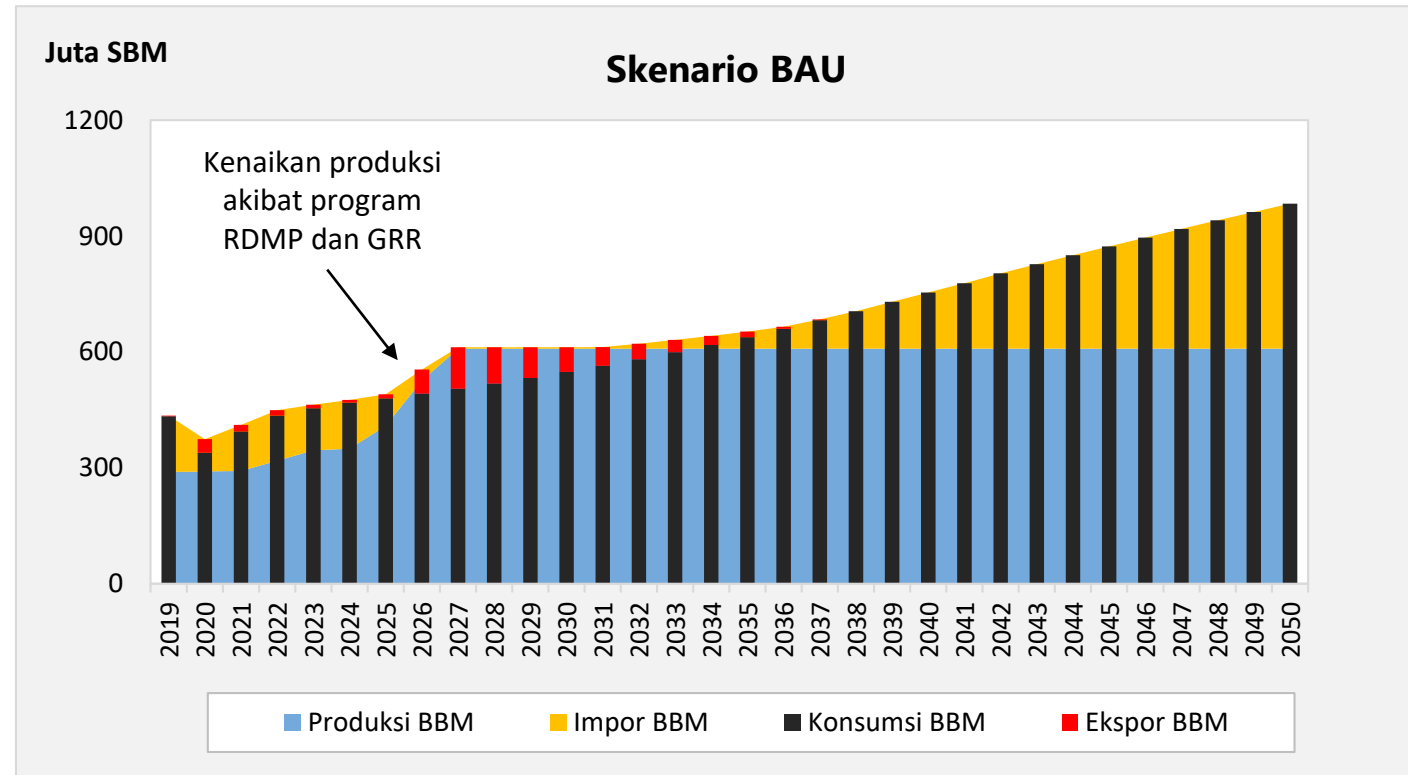


Impor *crude* diperkirakan terus meningkat seiring dengan penambahan kapasitas kilang dan produksi *crude* yang menurun. Rasio impor *crude* diperkirakan meningkat hingga 91,3% dari total kebutuhan tahun 2050. Kondisi ini terjadi di semua skenario, baik skenario BAU, skenario EV dan skenario NRE.

Neraca Bahan Bakar Minyak (BBM)

Kebutuhan BBM pada tahun 2020 mengalami penurunan karena adanya pandemi COVID-19. Namun diperkirakan akan meningkat kembali mulai tahun 2021 dengan pertumbuhan rata-rata 2,7% per tahun atau menjadi 984 juta SBM pada tahun 2050 untuk skenario BAU.

Kebutuhan BBM tersebut tidak dapat dipenuhi dari kapasitas kilang saat ini sehingga diperlukan tambahan kapasitas kilang sesuai program RDMP dan GRR yang beroperasi mulai tahun 2027. Produksi BBM diperkirakan dapat melebihi kebutuhan domestik sehingga dapat diekspor mulai tahun 2026 hingga tahun 2033.



Namun, kebutuhan BBM yang terus bertambah menyebabkan kembali menjadi net impor BBM setelah tahun 2033. Rasio impor BBM diperkirakan mencapai 38% dari total kebutuhan pada tahun 2050 untuk skenario BAU. Jenis BBM yang paling banyak diimpor adalah minyak solar, bensin, dan avtur.

Neraca Bahan Bakar Minyak (BBM)

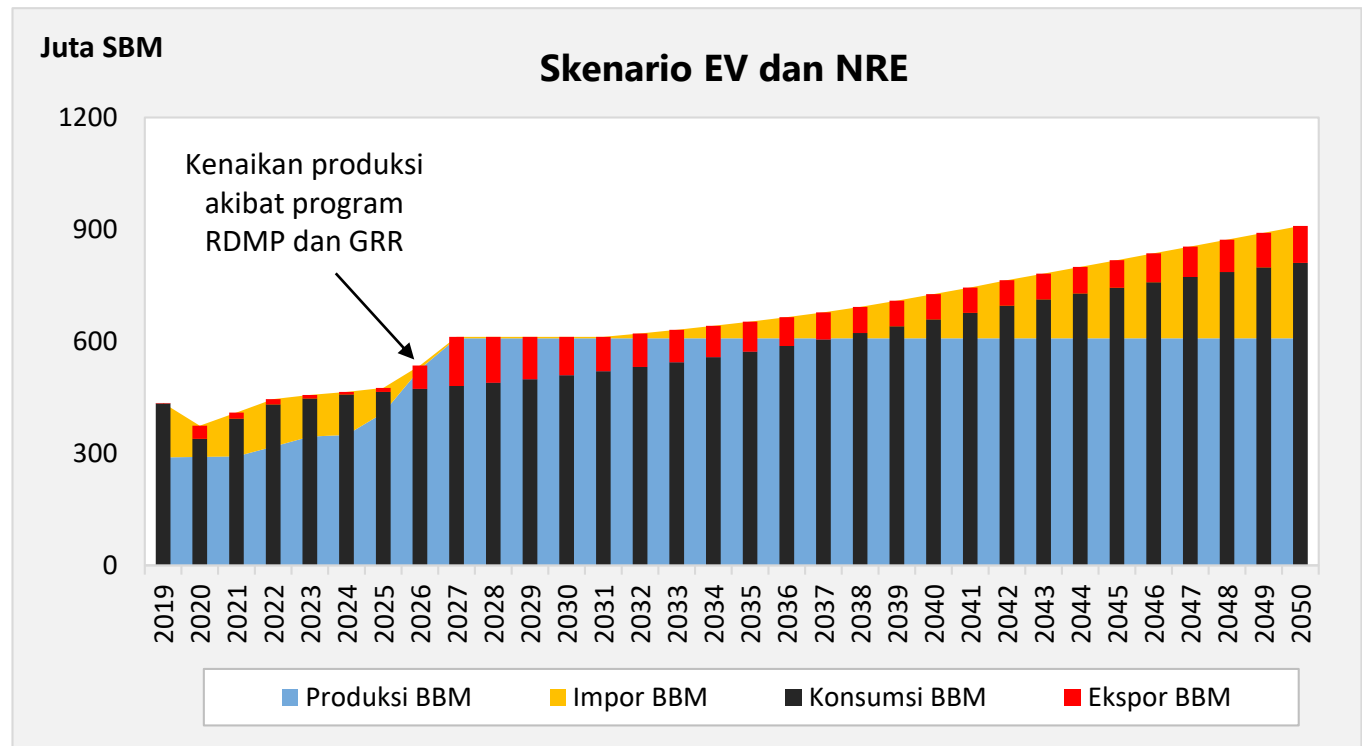
Kebutuhan BBM pada skenario EV dan NRE tumbuh lebih rendah daripada skenario BAU, yaitu rata-rata 2,0% per tahun akibat penurunan kebutuhan bensin. Dengan pengembangan kendaraan listrik jenis mobil dan sepeda motor, mulai tahun 2037 tidak lagi mengimpor bensin, tetapi mengekspor kelebihanannya.

Namun demikian, masih dibutuhkan impor BBM jenis lain, terutama minyak solar. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan kendaraan listrik jenis bus, truk, dan angkutan umum agar dapat mengatasi impor minyak solar tersebut.

Kondisi pada skenario NRE sama dengan skenario EV karena pada skenario NRE hanya ditambah dengan optimasi pemanfaatan pembangkit EBT, sehingga tidak berdampak pada kebutuhan BBM.



Optimalisasi kendaraan listrik pada skenario EV dan skenario NRE dapat menurunkan kebutuhan BBM sekitar 18% dari total kebutuhan tahun 2050. Selanjutnya, net impor BBM diperkirakan menurun hingga 174 juta SBM pada tahun 2050.



Sektor Pengguna Bahan Bakar Minyak (BBM)



Industri

Pada tahun 2050, diperkirakan BBM masih tetap digunakan di sektor industri walaupun dengan pangsa yang menurun dibandingkan 2019.



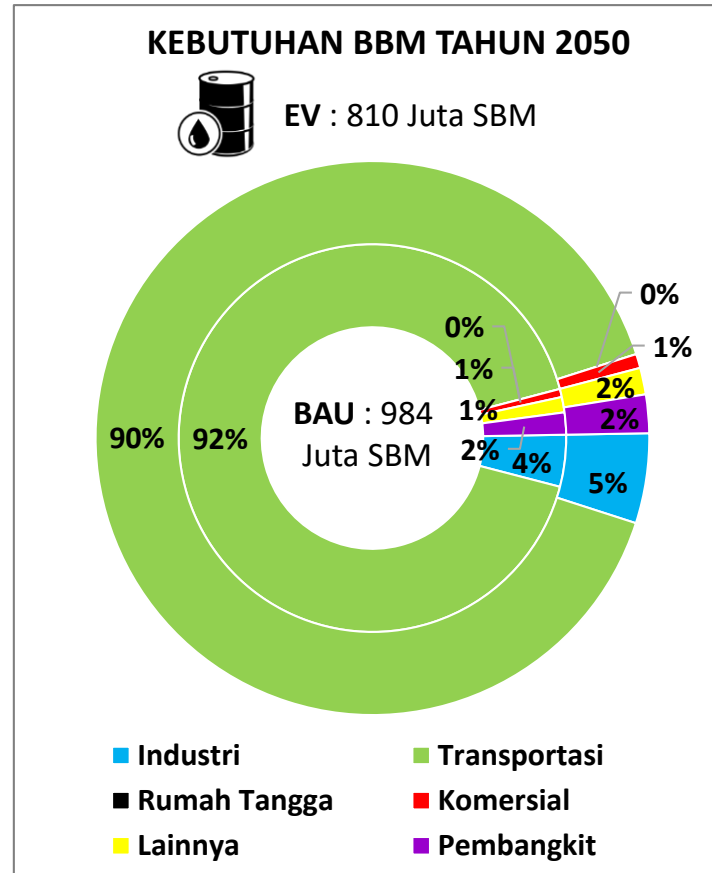
Transportasi

Penggunaan BBM di sektor transportasi diperkirakan masih terus mendominasi secara pangsa, namun nilainya menurun pada skenario EV.



Rumah Tangga

Di sektor rumah tangga, BBM (minyak tanah) diperkirakan tidak lagi digunakan pada tahun 2050.



Komersial

BBM yang digunakan di sektor komersial adalah minyak solar yang digunakan untuk genset.



Lainnya

Jenis energi yang digunakan di sektor lainnya adalah BBM dan biodiesel. Belum ada jenis energi lain yang dapat mensubstitusi BBM.

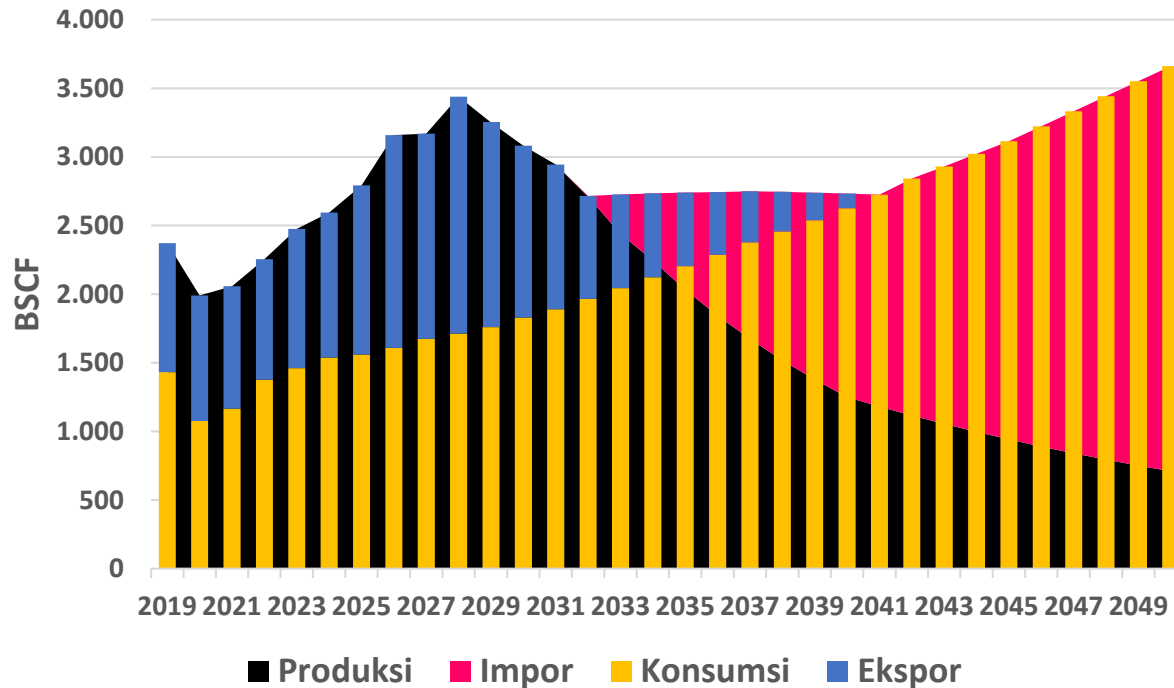


Pembangkit

BBM digunakan untuk pembangkit di wilayah terpencil, yaitu PLTD *hybrid* (dengan PLTS atau PLTB).

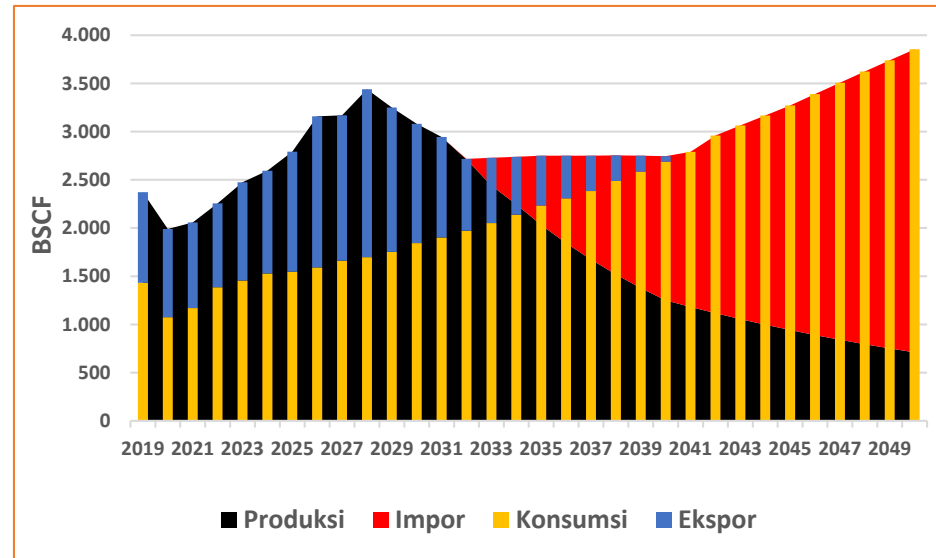
Gas Bumi, LNG dan LPG

Neraca Gas Bumi Skenario BAU



- ❖ Produksi gas bumi diperkirakan akan naik hingga sekitar 3,5 TSCF tahun 2028 dan kemudian terus menurun sampai akhir periode proyeksi akibat keterbatasan cadangan.
- ❖ Kontrak ekspor gas jangka panjang menyebabkan Indonesia mulai membuka impor gas dalam bentuk LNG di tahun 2032 untuk memenuhi kebutuhan gas domestik. Impor gas diproyeksikan akan terus bertambah hingga 2,95 TSCF di tahun 2050.
- ❖ Net impor gas diproyeksikan terjadi pada tahun 2034

Neraca Gas Bumi Skenario EV dan NRE

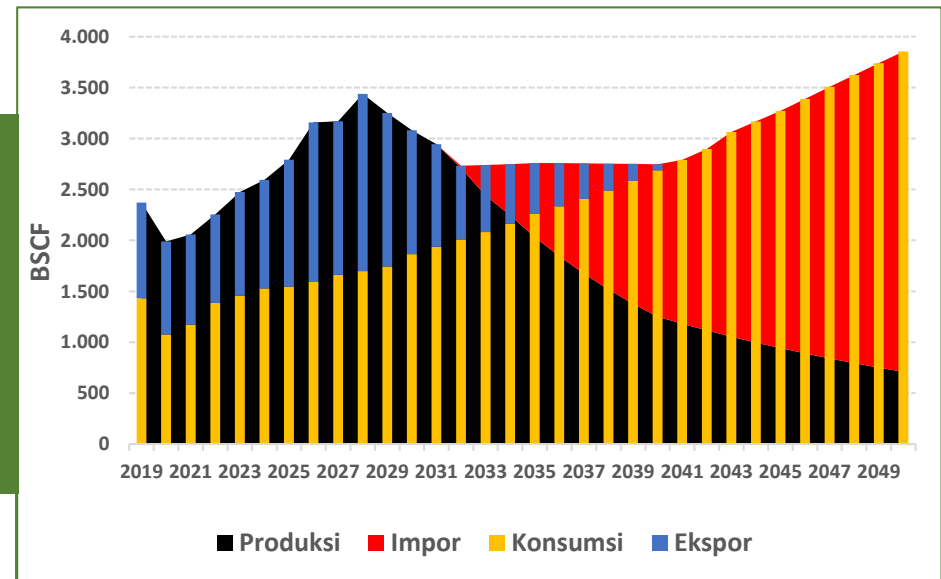


- ❖ Pemanfaatan kendaraan listrik sesuai rencana Kementerian Perindustrian berdampak pada kenaikan kebutuhan energi di sektor pembangkit listrik, termasuk pembangkit berbahan bakar gas. Kenaikan kebutuhan gas untuk pembangkit ini tidak terlalu besar dan menyebabkan impor gas di skenario EV sedikit lebih tinggi dari skenario BAU. Tahun 2050, impor gas diperkirakan mencapai 3,15 TSCF.
- ❖ Kenaikan impor tidak menyebabkan pergeseran tahun net impor gas, yaitu tetap di tahun 2034.

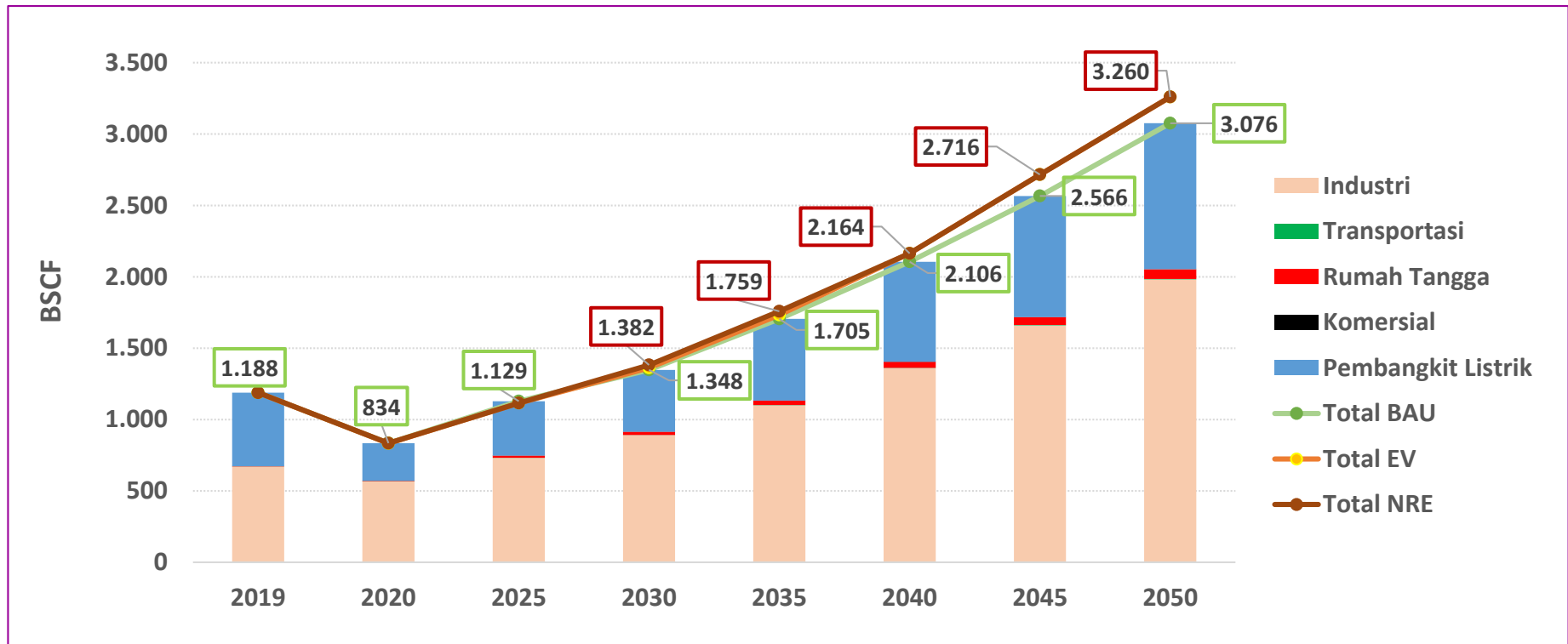
EV

- ❖ Optimasi energi terbarukan di sektor pembangkit tidak berpengaruh banyak pada kebutuhan gas. Oleh karena itu, tidak ada perbedaan signifikan antara pola penyediaan gas di skenario EV dan skenario NRE.

NRE



Pemanfaatan Gas Bumi

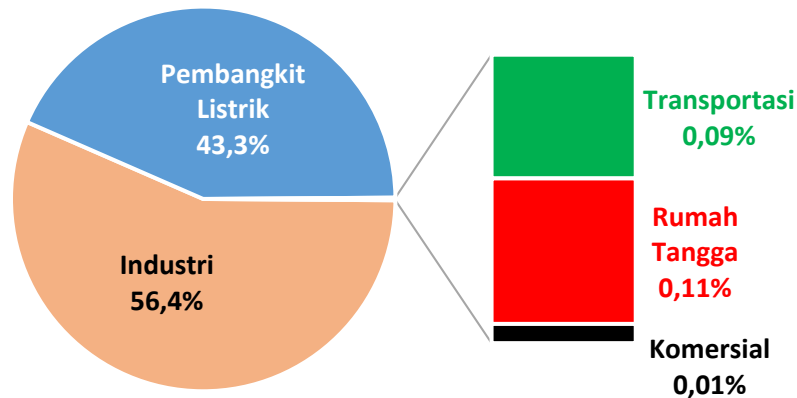


Pasokan gas bumi sebagian besar digunakan oleh sektor industri dan sektor pembangkit. Penyediaan gas untuk sektor industri dalam skenario BAU tumbuh 3,6% per tahun dan mencapai hampir 2 TSCF tahun 2050. Sementara penyediaan gas untuk sektor pembangkit tumbuh sekitar 2,2% per tahun dan mencapai 1 TSCF tahun 2050. Sektor rumah tangga mengalami pertumbuhan yang cukup besar, yaitu sekitar 13,6% per tahun. Namun keterbatasan infrastruktur jaringan gas menyebabkan penyediaan gas sektor ini secara kuantitas masih kecil, kurang dari 70 BSCF di akhir periode proyeksi.

Pasokan gas yang lebih tinggi di skenario EV dan NRE disebabkan oleh kenaikan konsumsi gas di sektor pembangkit untuk memenuhi lonjakan kebutuhan listrik akibat penambahan kendaraan listrik. Selisih pasokan gas antara skenario BAU dan skenario EV tahun 2050 diperkirakan mencapai 200 BSCF. Sedangkan perbedaan antara skenario EV dan skenario NRE sangat kecil.

Pangsa Pemanfaatan Gas Bumi

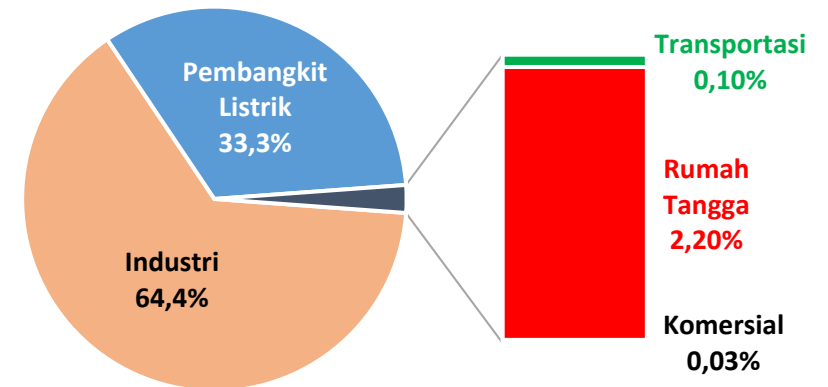
2019: 1.188 BSCF



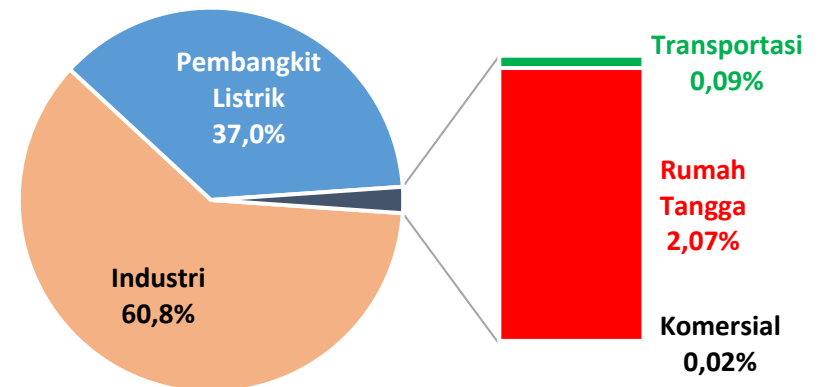
Dalam Permen ESDM No. 8/2020, pemerintah menetapkan harga gas bumi khusus untuk beberapa jenis industri, seperti pupuk, petrokimia, *oleochemical*, baja, keramik, kaca dan sarung tangan karet. Penetapan harga ini ditujukan untuk mendorong percepatan pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan daya saing industri nasional. Oleh karena itu, pangsa sektor industri dalam pemanfaatan gas bumi untuk skenario BAU meningkat cukup signifikan dari 56,4% pada tahun 2019 menjadi 64,4% pada tahun 2050.

Pemanfaatan gas di pembangkit listrik untuk skenario EV naik sejalan dengan peningkatan kebutuhan listrik akibat penambahan kendaraan listrik. Hal ini menyebabkan pangsa pembangkit listrik skenario EV tahun 2050 lebih besar daripada skenario BAU. Sementara itu, optimalisasi EBT pada skenario NRE tidak mempengaruhi konsumsi gas sektor pembangkit di tahun 2050, sehingga pangsa tiap sektor sama dengan skenario EV.

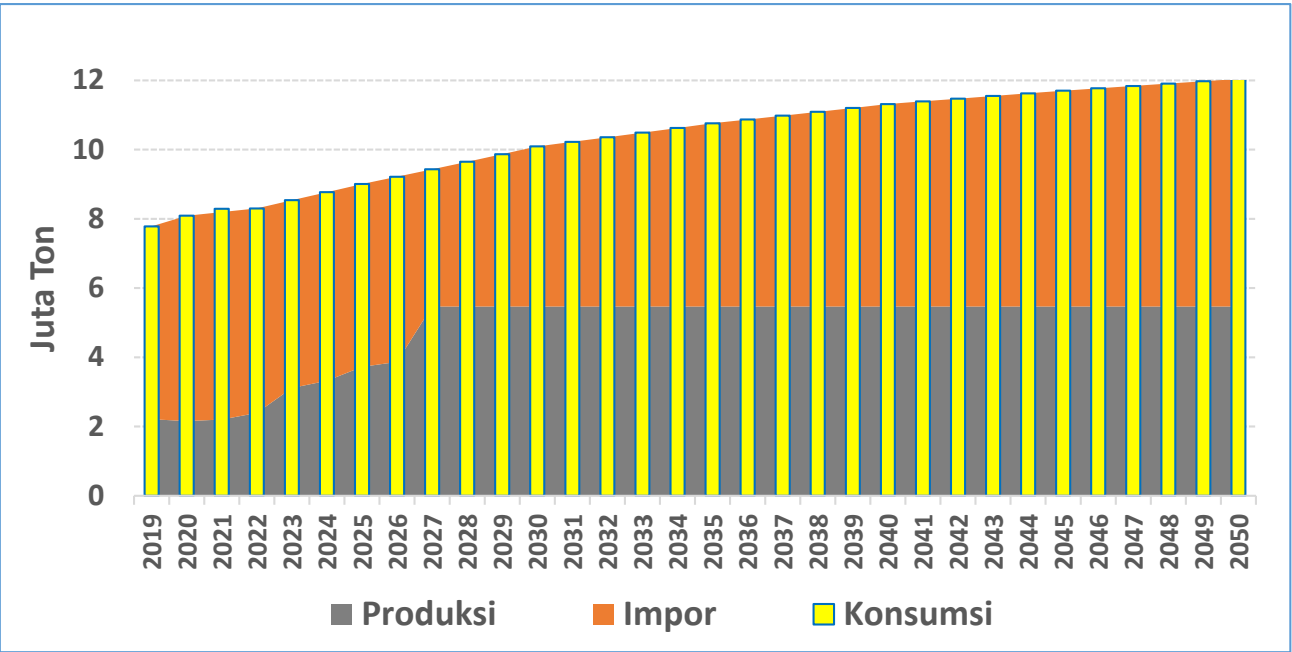
Skenario BAU 2050: 3.076 BSCF



Skenario EV dan Skenario NRE 2050: 3.260 BSCF



Neraca LPG

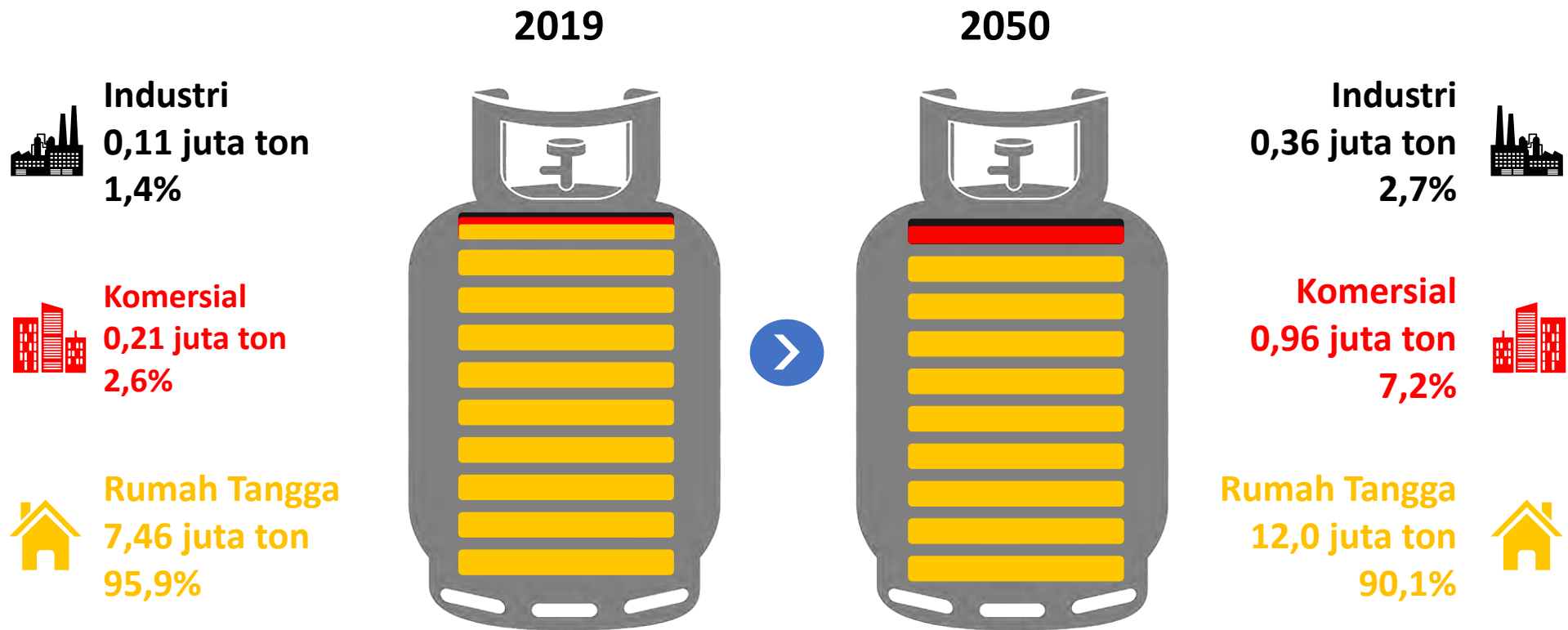


“
Tidak ada perbedaan neraca LPG antara skenario BAU, skenario EV, dan skenario NRE
”

- ❖ Penambahan kendaraan listrik dan optimalisasi EBT disektor pembangkit tidak mempengaruhi pola penyediaan LPG. Oleh karena itu, ketiga skenario mempunyai neraca LPG yang sama.
- ❖ Pertumbuhan konsumsi LPG melandai di akhir tahun proyeksi disebabkan substitusi oleh listrik dan gas bumi. Substitusi LPG dengan DME tidak dipertimbangkan dalam skenario.
- ❖ Kenaikan produksi LPG pada tahun 2027 disebabkan peningkatan kapasitas kilang (RDMP dan GRR). Setelah tahun ini, tidak ada lagi penambahan kapasitas kilang sehingga produksi LPG konstan pada angka 5,5 juta ton.
- ❖ Kenaikan produksi LPG diproyeksikan mampu mengurangi pangsa impor LPG dari 72% di tahun 2019 menjadi 55% di tahun 2050. Namun jika dilihat secara kuantitas, impor LPG masih meningkat 0,5% per tahun, dari 5,6 juta ton tahun 2019 menjadi 6,6 juta ton tahun 2050.

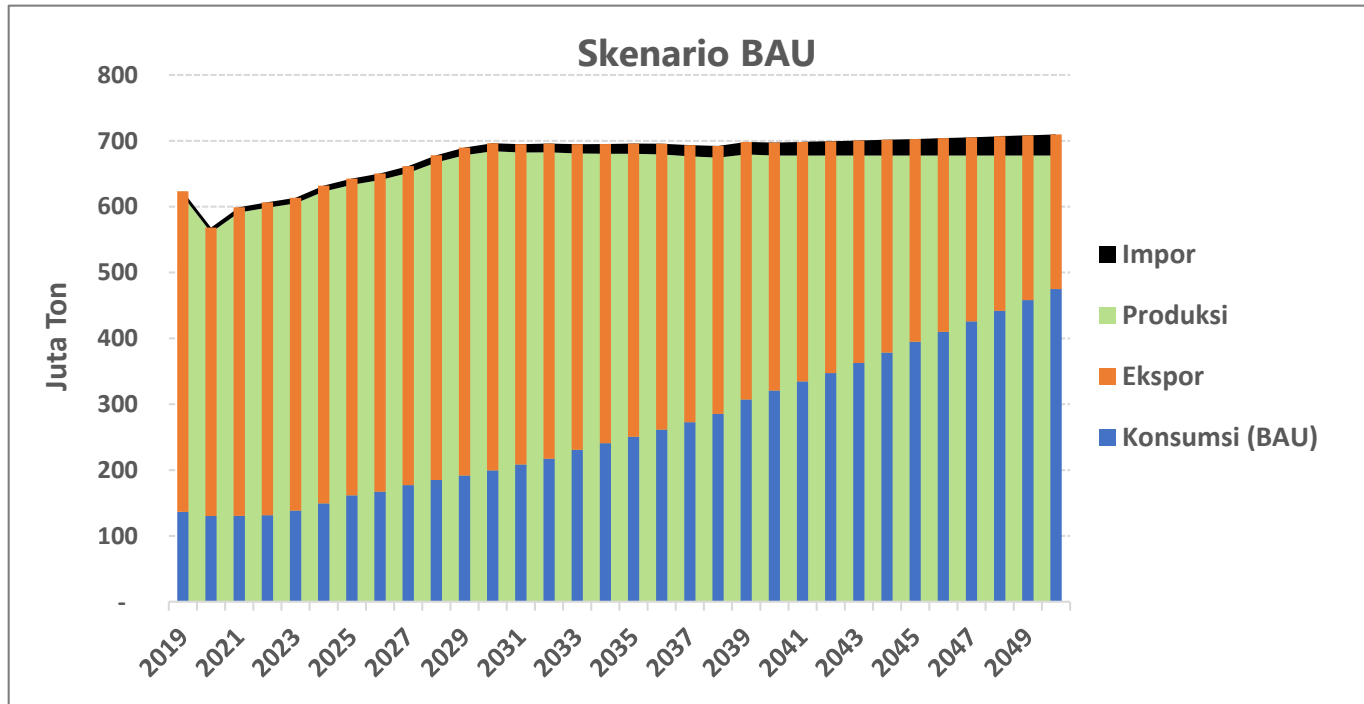
Sektor Pengguna LPG

Sektor rumah tangga mendominasi konsumsi LPG sejalan dengan Program Substitusi Minyak Tanah dengan LPG untuk Memasak di Rumah Tangga dan Usaha Kecil yang diterapkan pada tahun 2007. Pasokan LPG untuk sektor komersial dan sektor industri tumbuh masing-masing sebesar 5,1% dan 3,8% per tahun. Namun total pangsa kedua sektor ini di tahun 2050 masih kurang dari 10%.



Batubara

Neraca Batubara



“

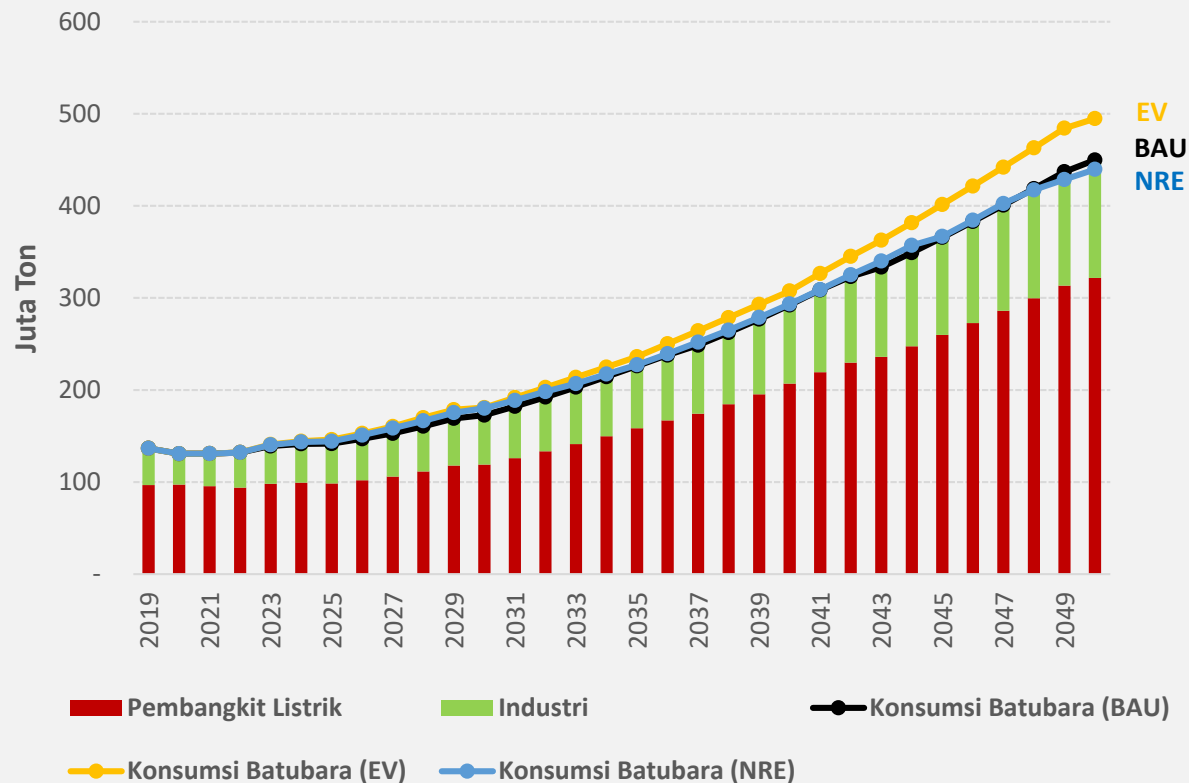
Volume ekspor batubara secara bertahap akan menurun dan beralih untuk kebutuhan domestik

”

Neraca batubara terdiri atas produksi, ekspor, impor, dan konsumsi dalam negeri. Neraca batubara pada skenario BAU, skenario EV, dan skenario NRE tidak berpengaruh pada produksi dan impor batubara, namun berpengaruh pada peningkatan kebutuhan dalam negeri dan penurunan ekspor batubara.

Dalam memenuhi kebutuhan dalam negeri dan ekspor batubara, produksi batubara untuk ketiga skenario diproyeksikan meningkat rata-rata 0,3% per tahun dari 616 juta ton pada tahun 2019 menjadi 678 juta ton pada tahun 2050. Impor batubara diproyeksikan meningkat 4,9% per tahun dari 7 juta ton pada tahun 2019 menjadi 32 juta ton pada tahun 2050. Impor batubara berupa antrasit dan kokas digunakan sebagai reduktor dalam industri mineral dan logam.

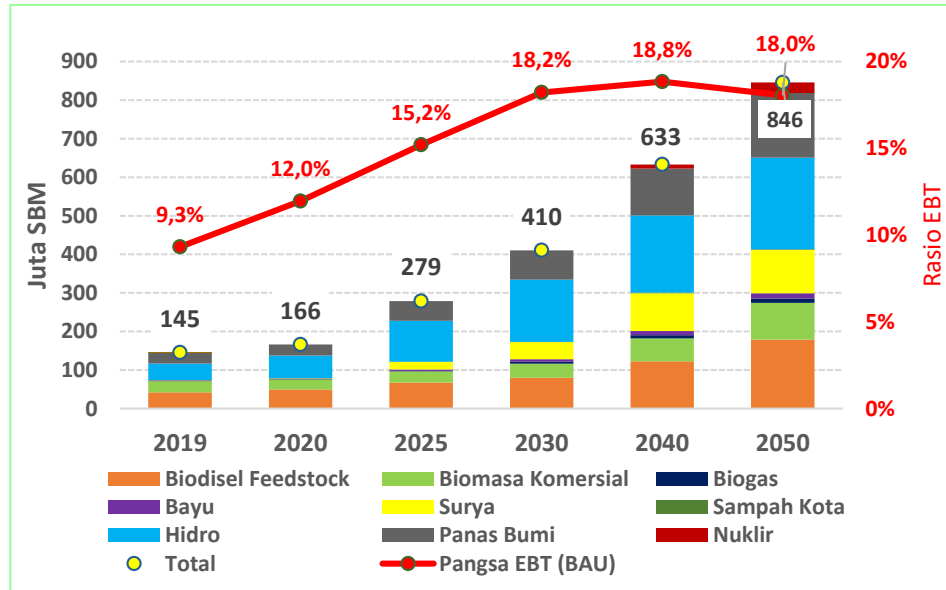
Pemanfaatan Batubara



- Pemanfaatan batubara pada tahun 2050 untuk skenario BAU sebesar 475 juta ton, naik menjadi 512 juta ton untuk skenario EV, dikarenakan penggunaan batubara masih dominan di pembangkit listrik. Pemanfaatan batubara pada skenario NRE turun 5% menjadi 452 juta ton, dengan adanya pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan pada pembangkit listrik.
- Seiring meningkatnya permintaan dalam negeri maka ekspor batubara diproyeksikan akan menurun terus dari 487 juta ton pada tahun 2019 menjadi 235 juta ton tahun 2050 untuk skenario BAU, 197 juta ton (skenario EV), serta 258 juta ton (skenario NRE).

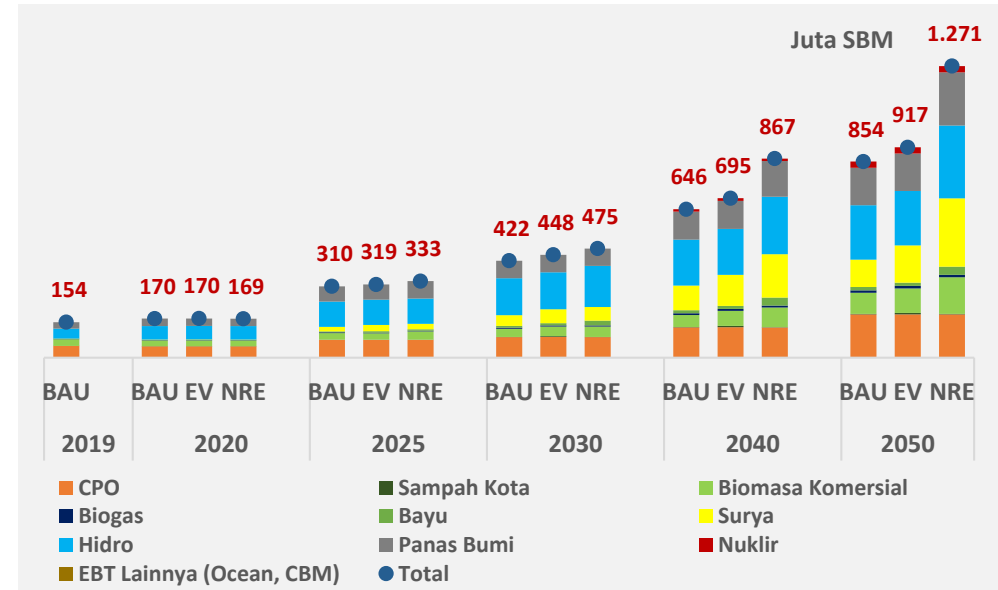
Energi Baru dan Terbarukan

Penyediaan Energi Baru Terbarukan



Skenario BAU

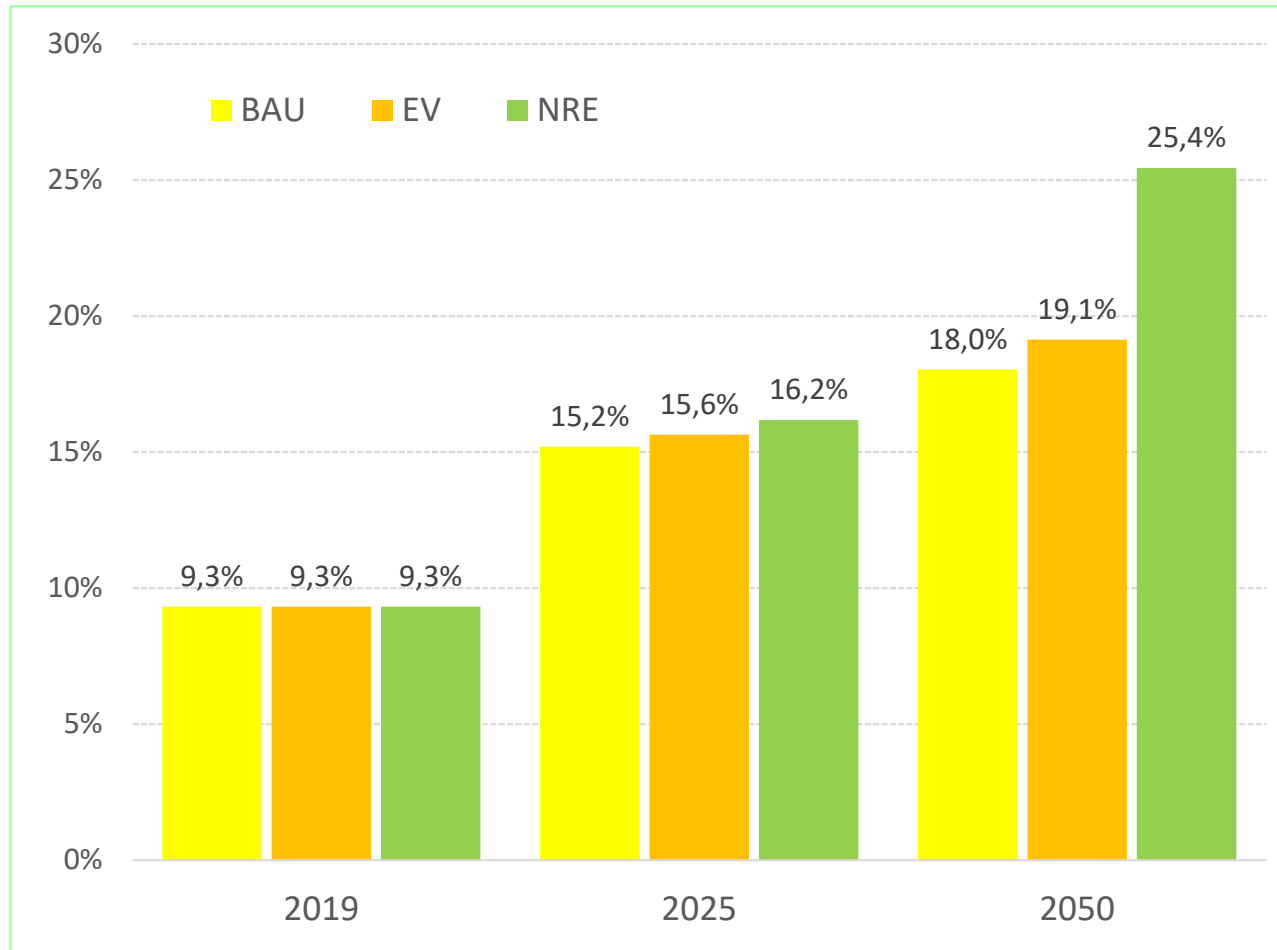
Pada tahun 2019 bauran EBT baru mencapai **9,3%** dari total penyediaan energi primer. Pada tahun 2025 pangsa EBT diperkirakan hanya sebesar **15,2%** dan tahun 2050 sebesar **18,0%** yang masih cukup jauh dari target KEN.



Perbandingan Setiap Skenario

Pada skenario BAU pertumbuhan penyediaan EBT dalam kurun waktu 2019-2050 rata-rata sebesar **5,7%** per tahun. Untuk skenario EV, ada kenaikan sedikit menjadi sebesar **5,9%** per tahun dan untuk skenario NRE menjadi **7,0%** per tahun.

Kontribusi EBT



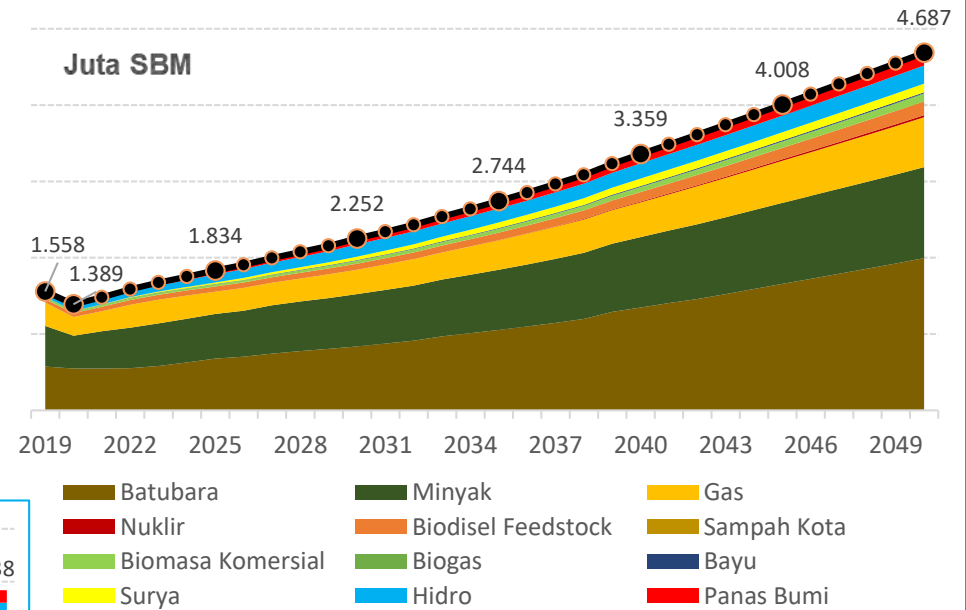
Pasokan EBT terus ditingkatkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil dan meminimalisir dampak lingkungan. Pada skenario EV, peranan EBT sudah mulai meningkat, namun belum banyak mengubah kontribusinya terhadap penyediaan energi. Pada tahun 2025 peranannya belum mencapai target KEN, namun dengan adanya optimalisasi sumber daya EBT pada skenario EV, pemanfaatannya akan terus ditingkatkan terutama untuk pembangkit listrik, sehingga tahun 2050 mencapai 25,4%. EBT yang dimanfaatkan didominasi oleh hidro, panas bumi, biomasa (termasuk CPO), dan energi surya

Energi Primer

Penyediaan Energi Primer

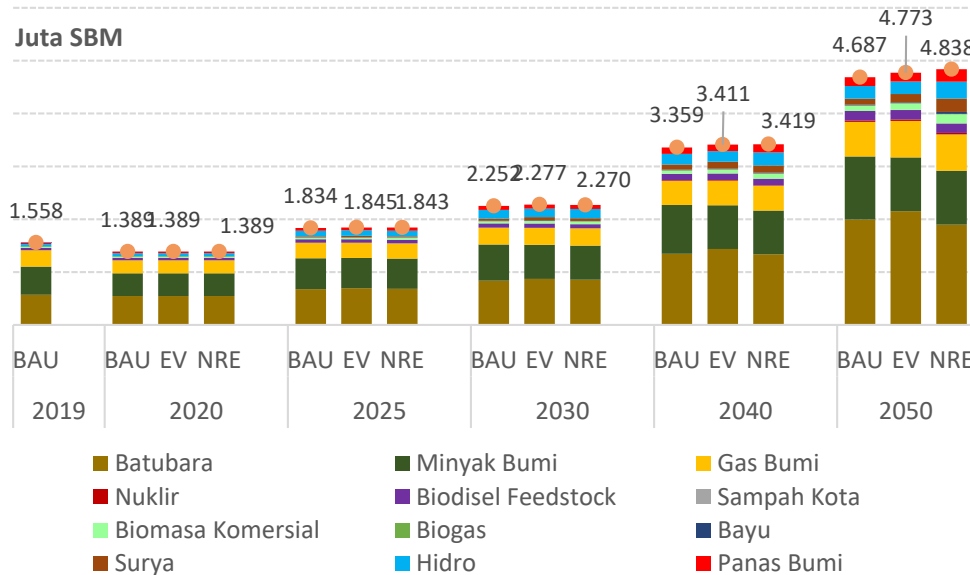
Skenario BAU

Penyediaan energi primer akan meningkat sebesar 3,6% per tahun. Batubara mendominasi pemanfaatan energi fosil sebagai pemasok utama pembangkit listrik. Peranan minyak masih cukup besar terutama disebabkan oleh sektor transportasi.

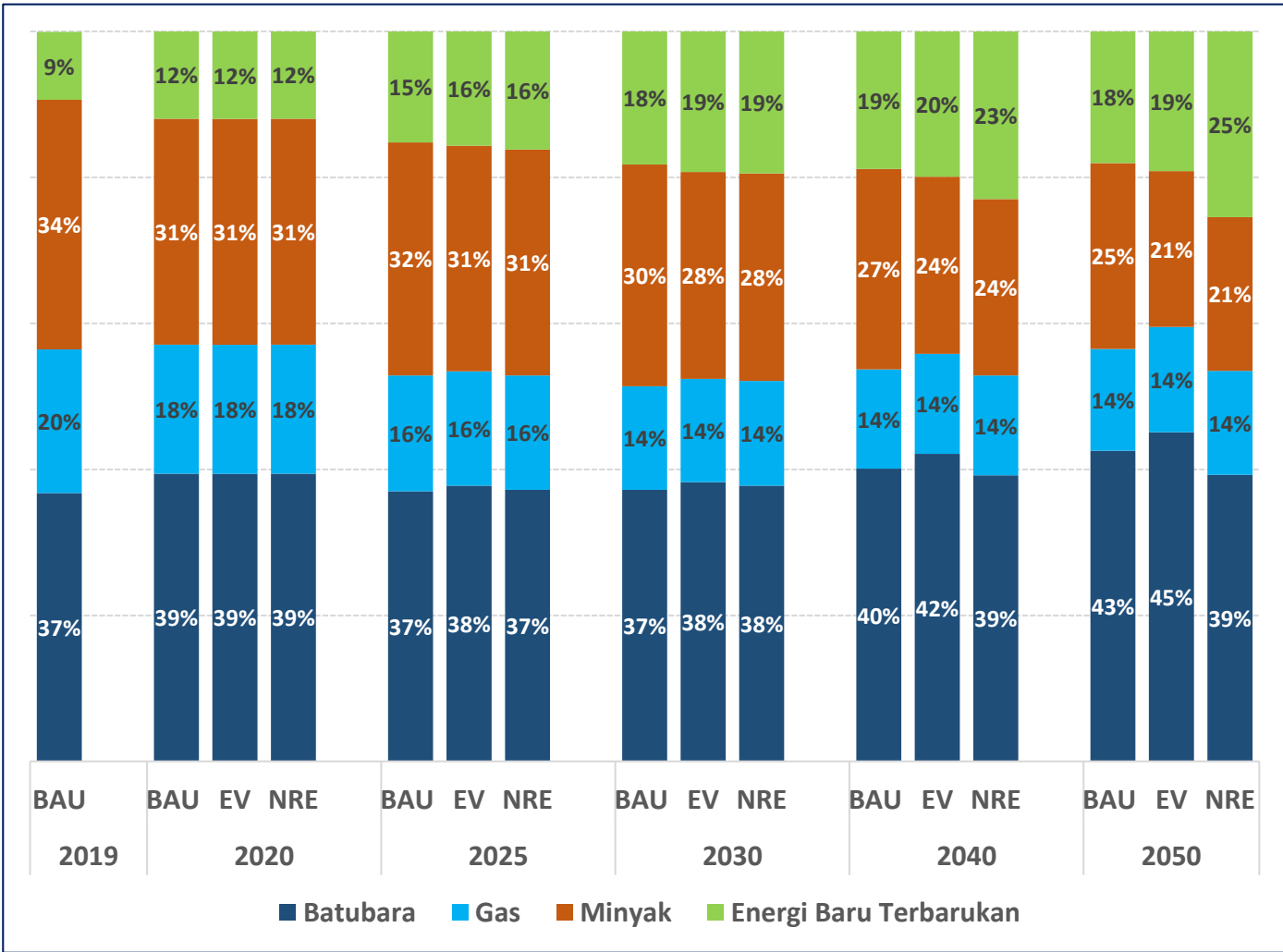


Perbandingan 3 Skenario

Pemanfaatan kendaraan listrik akan menaikkan penyediaan energi primer terutama batubara untuk skenario EV, sedangkan pada skenario NRE akan menaikkan peranan pembangkit berbasis EBT, seperti hidro, panas bumi, dan tenaga surya



Perbandingan Bauran Energi

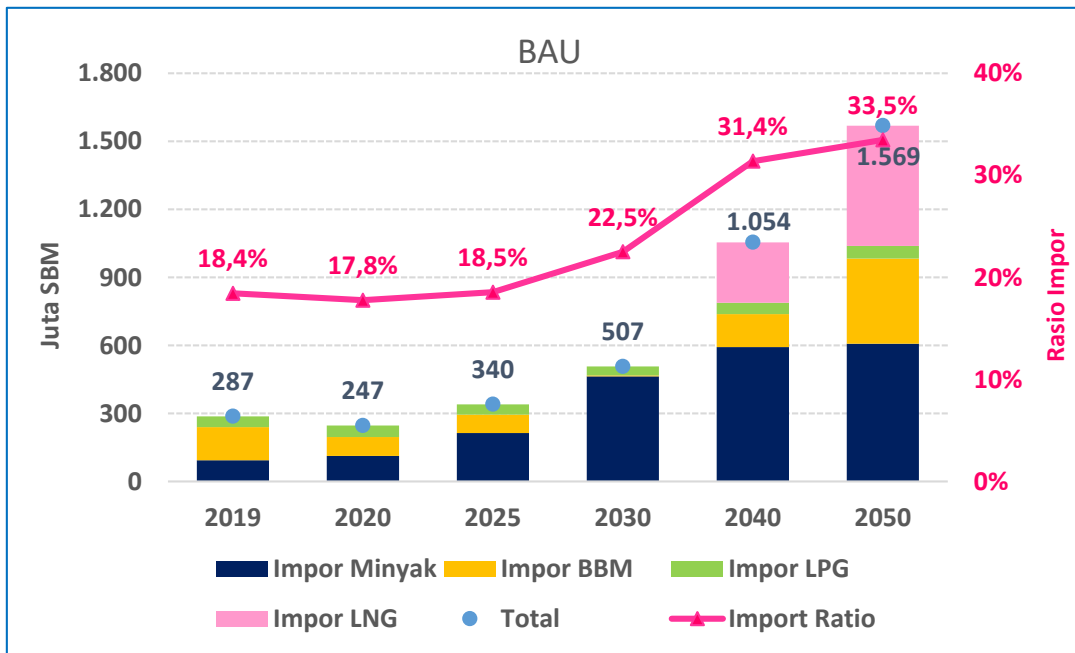


Pada tahun 2025, diperkirakan pangsa EBT belum mencapai target RUEN (sebesar 23%), hal ini terjadi untuk ketiga skenario. Dengan adanya pemanfaatan kendaraan listrik yang optimal pada skenario EV, akan menaikan penggunaan batubara pada sektor pembangkit listrik dan menurunkan penggunaan minyak pada sektor transportasi, sehingga peranan batubara meningkat sebesar 2%. Namun pada skenario NRE, pemanfaatan listrik untuk kendaraan listrik akan dipenuhi oleh pembangkit listrik berbasis EBT hingga mencapai 25%, belum mendekati target pangsa EBT dalam RUEN (31%), sehingga pemanfaatan batubara dapat ditekan hingga 39% terhadap penyediaan energi primer. Penyediaan EBT makin meningkat dengan adanya program PLTS atap dan transisi energi.

Rasio Impor

Skenario BAU

Ketergantungan terhadap impor energi terus mengalami peningkatan sejalan dengan cadangan energi yang terus menipis dan kebutuhan energi yang terus meningkat. Sekitar tahun 2033 secara nasional impor gas dibutuhkan dalam bentuk LNG. Impor energi meningkat dengan laju pertumbuhan 5,6% per tahun.

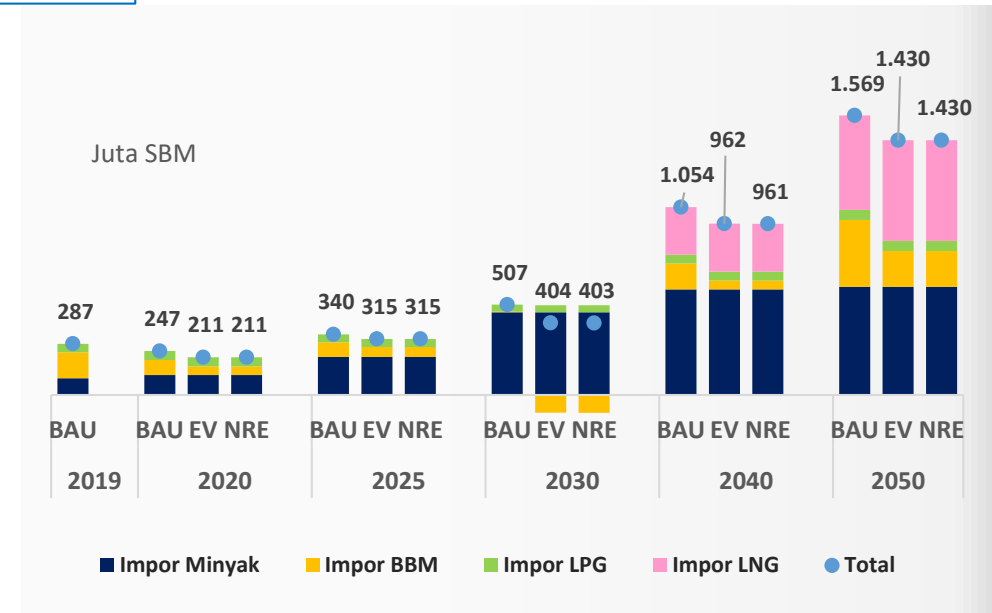


Skenario EV

Implementasi kendaraan listrik akan menurunkan pemanfaatan BBM, sehingga akan menurunkan impor BBM. Dengan penurunan BBM ini akan sedikit menurunkan laju pertumbuhan impor energi menjadi 5,5% per tahun

Skenario NRE

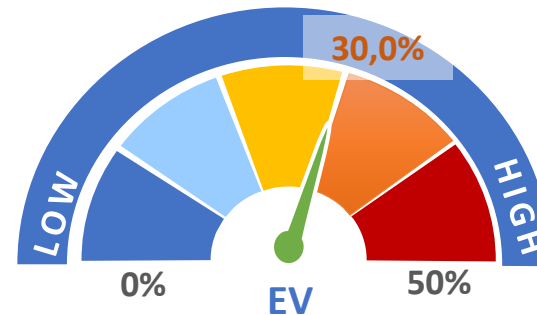
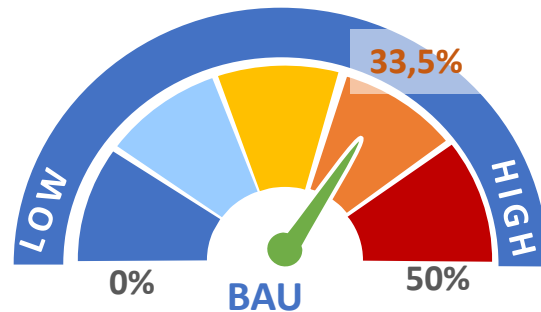
Penerapan optimasi pembangkit berbasis EBT tidak banyak memberikan pengaruh terhadap impor energi. Namun penyediaan energi di skenario mengalami sedikit kenaikan karena efisiensi teknologi EBT lebih kecil dari teknologi berbasis fosil, sehingga rasio impor mengalami sedikit penurunan.



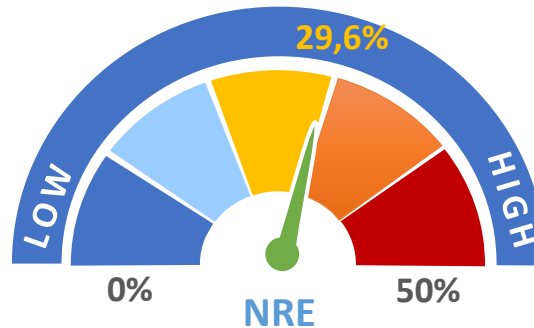
Rasio Impor

Skenario BAU

Kebutuhan BBM pada sektor transportasi dipenuhi oleh komoditas impor. Pada tahun 2050 kontribusi impor terhadap penyediaan energi primer mencapai 33,5% dengan impor BBM sebesar 64 juta kilo liter.



Rasio Impor Energi 2050



Skenario EV

Penerapan kendaraan listrik sekitar 35 juta unit pada skenario ini, akan menurunkan impor BBM sebesar 3,5%, khususnya bensin, sebesar 174 juta SBM atau 30 juta kilo liter pada tahun 2050.

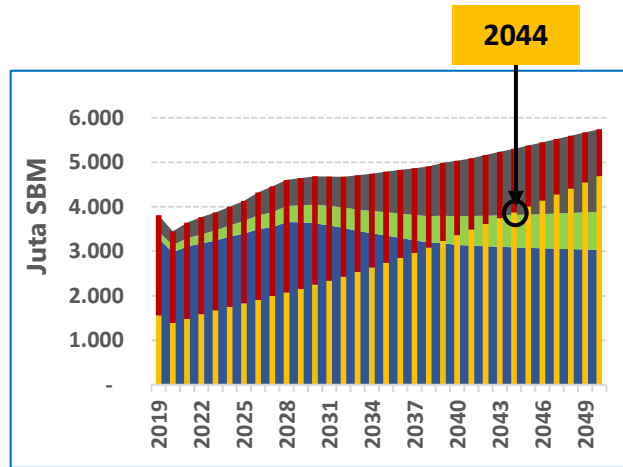
Skenario NRE

Kenaikan pemanfaatan EBT akan sedikit menurunkan impor BBM, juga meningkatkan penyediaan energi, sehingga secara total menurunkan impor energi sekitar 0,4% pada tahun 2050.

Neraca Energi

Legenda :

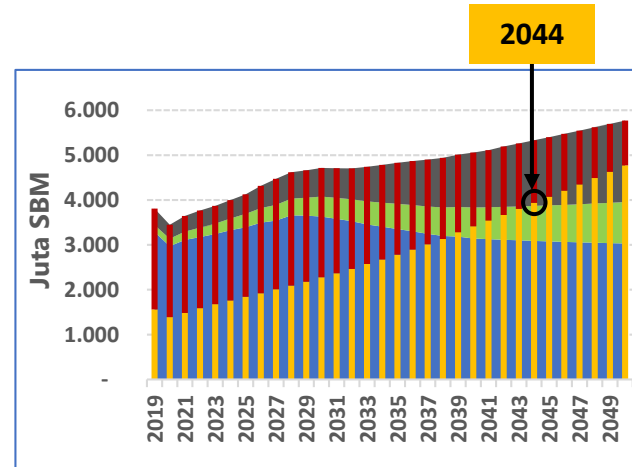
- Produksi Fosil
- Produksi EBT
- Impor
- Net Pasokan Dalam Negeri
- Ekspor



Skenario BAU

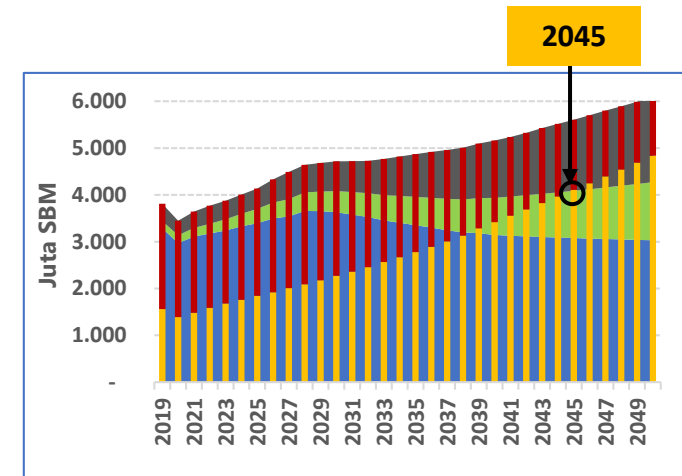
Sumberdaya migas yang dipertimbangkan adalah cadangan eksisting dan *R to P* (*Reserve to Production*), sedangkan batubara berupa cadangan terbukti dan *mineable*. Dengan adanya program peningkatan produksi kilang minyak ditambah dengan pertumbuhan kebutuhan energi yang lebih landai, maka Indonesia diperkirakan akan menjadi net importer pada tahun 2044.

Net Importer



Skenario EV

Pemanfaatan kendaraan listrik dalam kebutuhan energi tidak merubah tahun net importer, karena penurunan impor BBM diimbangi dengan kenaikan konsumsi batubara di sektor pembangkit listrik.



Skenario NRE

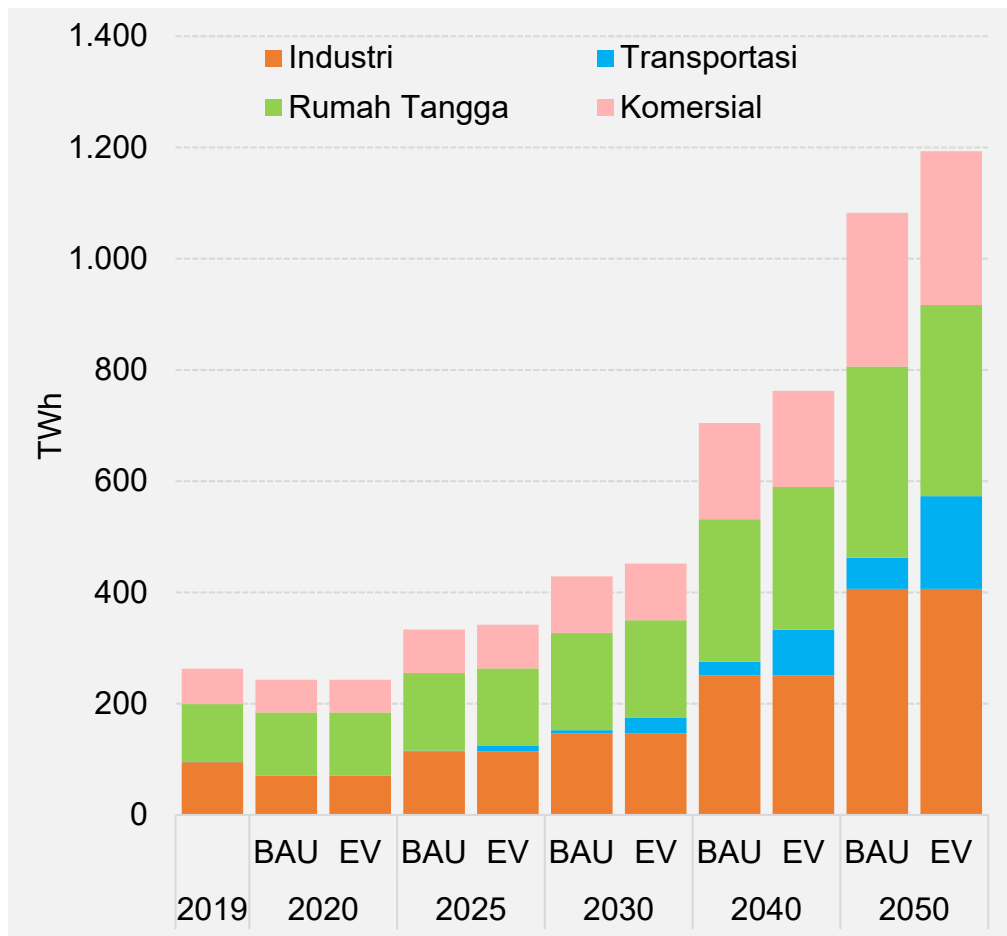
Optimalisasi pembangkit EBT akan meningkatkan produksi energi baru dan terbarukan dan akan menekan masuknya impor sehingga akan memundurkan tahun net importer energi menjadi 2045.



4

KETENAGALISTRIKAN

Kebutuhan Listrik



Komersial

Laju pertumbuhan kebutuhan listrik sektor komersial adalah moderat, sekitar 4,9%, kecuali pada tahun 2020 mengalami penurunan hingga 7%. Adapun pangsaannya relatif stabil pada kisaran 23%.



Rumah Tangga

Pada masa pandemi (2020), pangsa kebutuhan listrik sektor rumah tangga adalah yang tertinggi (47%). Namun secara perlahan, pangsa tersebut turun, karena adanya peralihan ke sektor transportasi dan industri.



Transportasi

Dengan implementasi kendaraan listrik, termasuk transportasi massal, **laju pertumbuhan kebutuhan listrik sektor transportasi luar biasa, yaitu 18% per tahun (BAU) dan 23% (EV).**

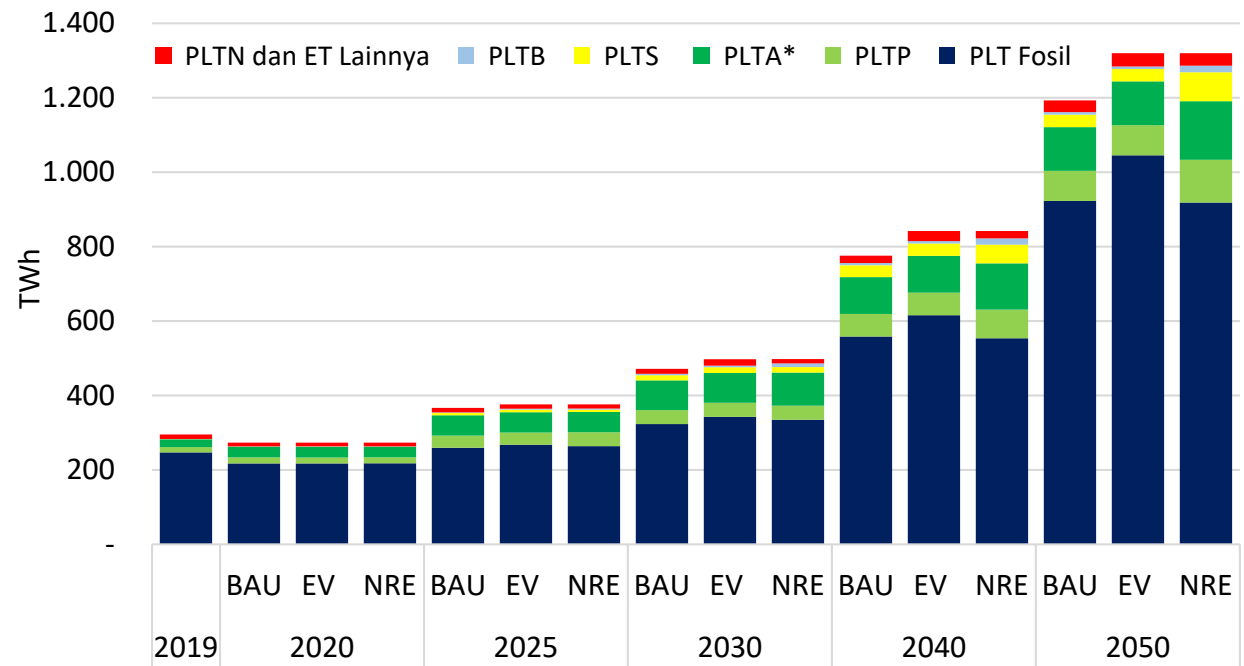


Industri

Kebutuhan listrik sektor industri diperkirakan akan jauh lebih tinggi dibanding sektor lainnya, dengan pangsa mendekati 38% (BAU) dan 34% (EV), terutama setelah periode 2040 akibat tumbuhnya sektor manufaktur.

Kebutuhan listrik total sampai dengan 2050 tumbuh pada kisaran 4,7% per tahun (BAU) dan **meningkat menjadi 5% karena penerapan kendaraan listrik (EV)**. Walaupun kebutuhan listrik sempat turun 7% pada tahun 2020 akibat pandemi COVID-19, setelah tahun 2021 kembali meningkat hingga 1.083 TWh (BAU) & 1.193 TWh (EV) pada tahun 2050.

Produksi Listrik



* Termasuk minihidro dan *pumped storage*

“ Penerapan EBT pada pembangkit listrik secara progresif menurunkan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. ”



Pembangkit Listrik

Produksi listrik nasional masih didominasi pembangkit listrik berbahan bakar fosil (batubara, gas, BBM), sekitar 66% s.d. 80%. Khusus PLTN akan masuk ke sistem Kalimantan pada tahun 2035 dengan produksi listrik 0,9 TWh.



PLTS

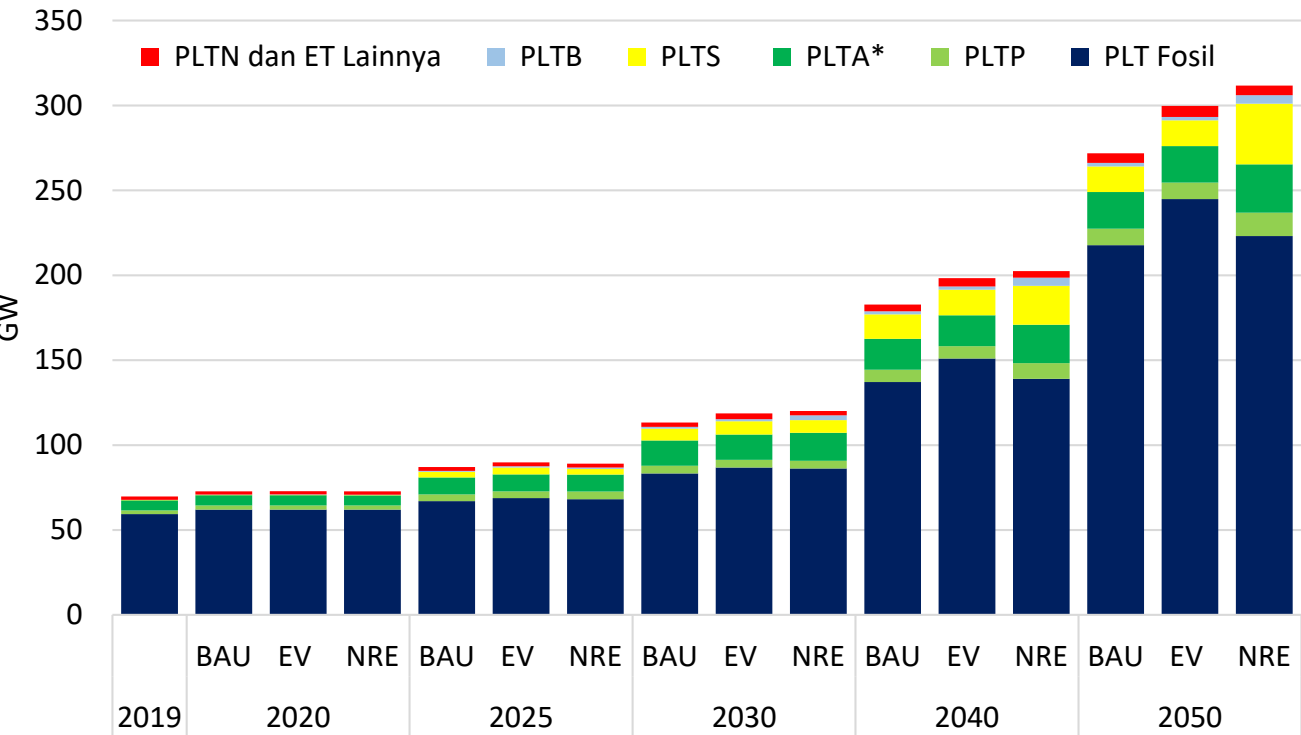
Pada tahun 2050, produksi listrik dari PLTS mencapai 78 TWh (NRE), terdiri atas PLTS atap (rumah tangga, komersial, industri), PLTS skala besar (lahan tambang, terapung) dan program substitusi PLTD dengan PLT EBT.



Hidro dan PLTP

Pembangkit listrik tenaga hidro (PLTA, PLTM, *pumped storage*) dapat menghasilkan listrik 157 TWh tahun 2050, sedangkan PLTP 115 TWh, untuk skenario NRE. Adapun EBT lainnya mencapai 19 TWh.

Kapasitas Pembangkit Listrik



* Termasuk minihidro dan *pumped storage*

“Pembangkit listrik berbasis fosil berkurang signifikan dengan optimalisasi penerapan pembangkit listrik berbasis EBT.”



Pembangkit Listrik

Pembangkit listrik kedepan masih didominasi oleh fosil (batubara, gas, BBM), sekitar 70% s.d. 80%. Khusus PLTN akan masuk ke sistem Kalimantan tahun 2035 dengan kapasitas 0,13 GW.



PLTS

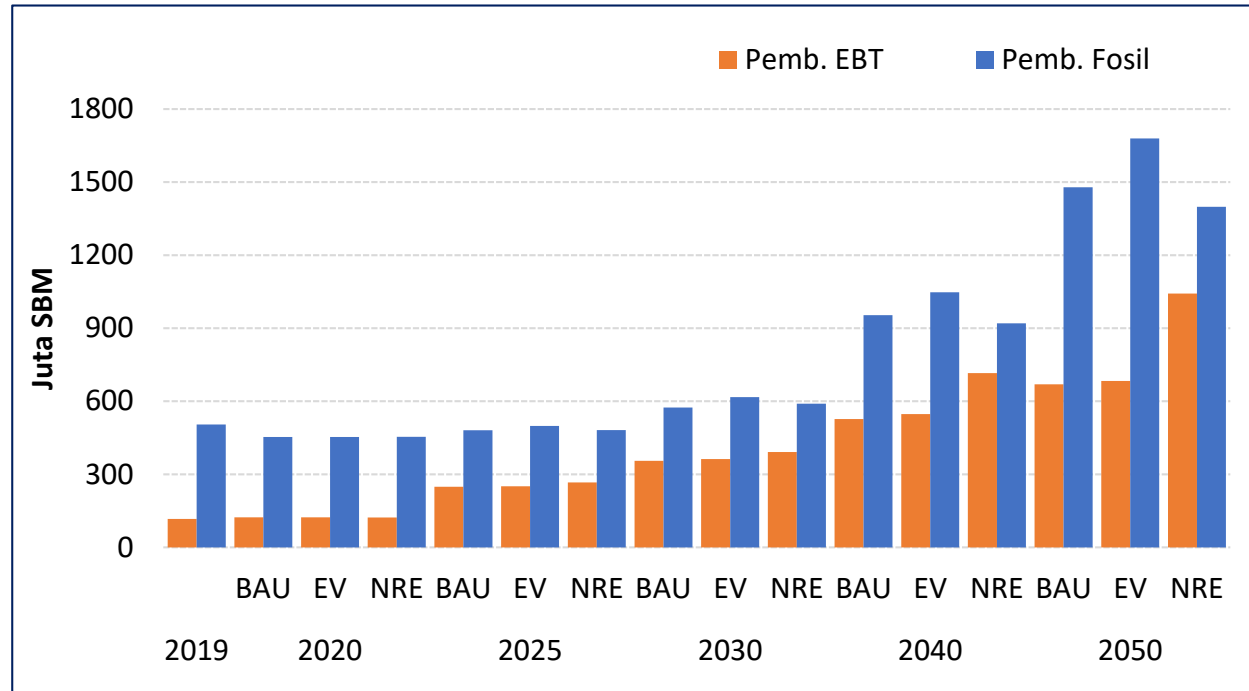
Pada tahun 2050, penerapan **PLTS mencapai 36 GW (NRE)**, terdiri atas PLTS atap (rumah tangga, komersial, Industri), PLTS skala besar (lahan tambang, terapung) dan program substitusi PLTD dengan PLT EBT.



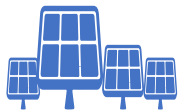
Hidro dan PLTP

Pembangkit listrik tenaga hidro (PLTA, PLTM, *pumped storage*) mencapai 29 GW pada tahun 2050, sedangkan PLTP 14 GW, untuk skenario NRE. Adapun EBT lainnya (PLTBg, PLTBm, PLTSa) mencapai 4 GW.

Energi Primer Pembangkit Listrik

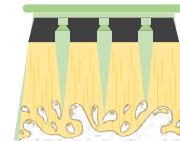


“Potensi energi primer untuk mencapai target KEN sangat besar untuk sektor pembangkit listrik.”



EBT

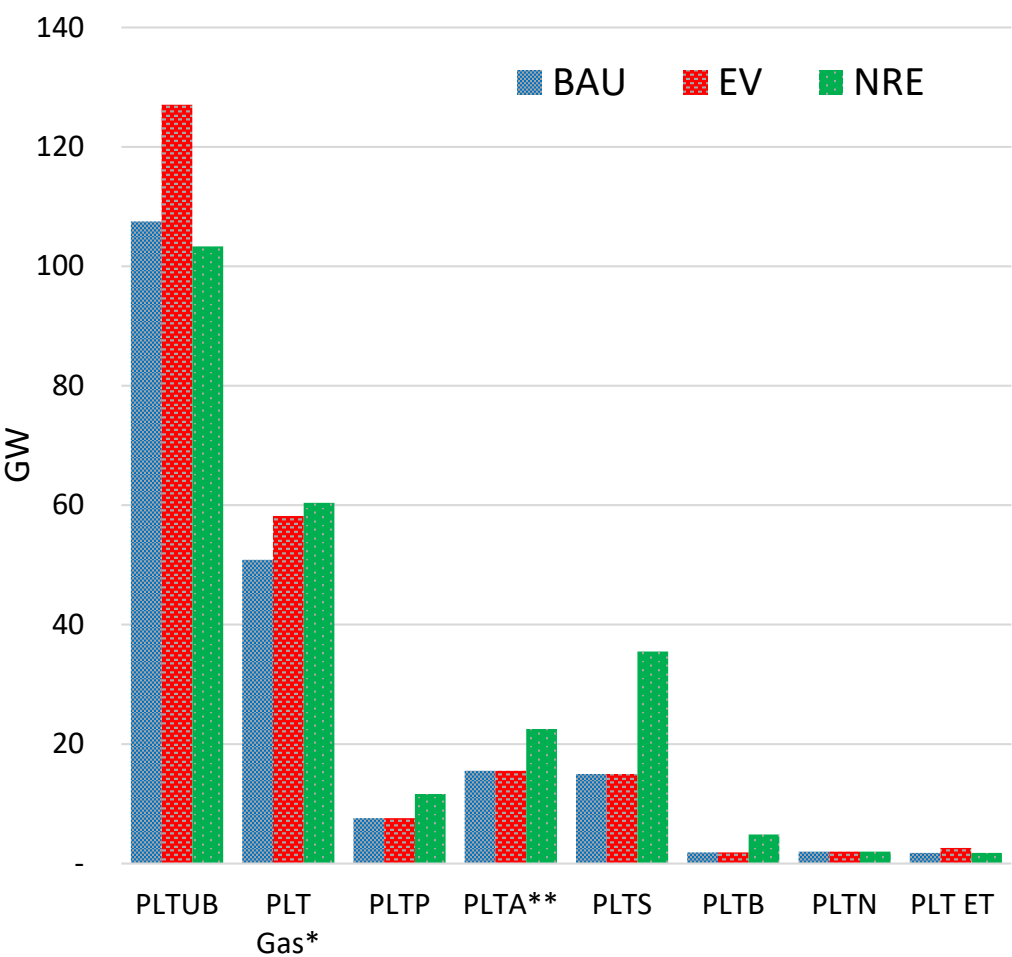
Pada tahun 2025 pangsa EBT pada energi primer pembangkit listrik sekitar 34% (249 juta SBM), naik menjadi 43% tahun 2050, dan mengurangi dominasi energi fosil. Pangsa EBT tersebut sudah memperhitungkan *co-firing* PLTU batubara, PLTN, dan BBN untuk PLTD.



Hidro, PLTP dan PLTS

Trend pangsa energi fosil selama periode 2020-2050 menurun signifikan, sebagian besar karena peranan dari pembangkit hidro, PLTP dan PLTS.

Tambahan Kapasitas Pembangkit Listrik (2019-2050)



* Termasuk PLTG, PLTGU, dan PLTMG
** Termasuk minihidro dan *pumped storage*

Pembangkit Fossil

78% 81% 68%

Dari ketiga skenario, tambahan kapasitas pembangkit fosil masih mendominasi dengan pangsa 78% (BAU), 81% (EV), 68% (NRE). Tetapi dengan skenario NRE penambahan kapasitas pembangkit fosil bisa diminimalkan.

PLTS & PLTB

8% 7% 17%

Tambahan kapasitas total pembangkit PLTS dan PLTB yang paling tinggi adalah 40 GW (17%), yaitu pada skenario NRE. Untuk skenario BAU dan EV, pangsaanya sekitar 8% dan 7%.

Pembangkit Hidro & PLTP

11% 10% 14%

Total tambahan kapasitas pembangkit hydro (PLTA, PLTM, *pumped storage*) dan PLTP, dari ketiga skenario, pada kisaran 23 GW (10%) s.d. 34 GW (14%). Tambahan kapasitas terbesar adalah pada skenario NRE.

Pembangkit ET lainnya & PLTN

2%

Pembangkit ET lainnya terdiri atas PLTBg, PLTBm & PLTSa, bersama dengan PLTN mempunyai pangsa tambahan kapasitas pembangkit hanya sekitar 2%. Khusus PLTN, tambahan kapasitasnya sebesar 2 GW (2050).



5

TENAGA SURYA UNTUK PENYEDIAAN ENERGI *CHARGING STATION*

Sistem Charging Station

Jenis Infrastruktur Charging Station

1

SPKLU PLTS & Jaringan Listrik

SPKLU dengan *feeding* listrik berasal dari PLTS dan jaringan PLN, serta ditujukan untuk mobil listrik serta sepeda motor listrik.

2

SPBKLU

Stasiun penukaran baterai kendaraan listrik untuk umum, ditujukan untuk konsumen sepeda motor listrik berbasis baterai, dengan kebutuhan listrik SPBKLU dipasok dari jaringan PLN.

3

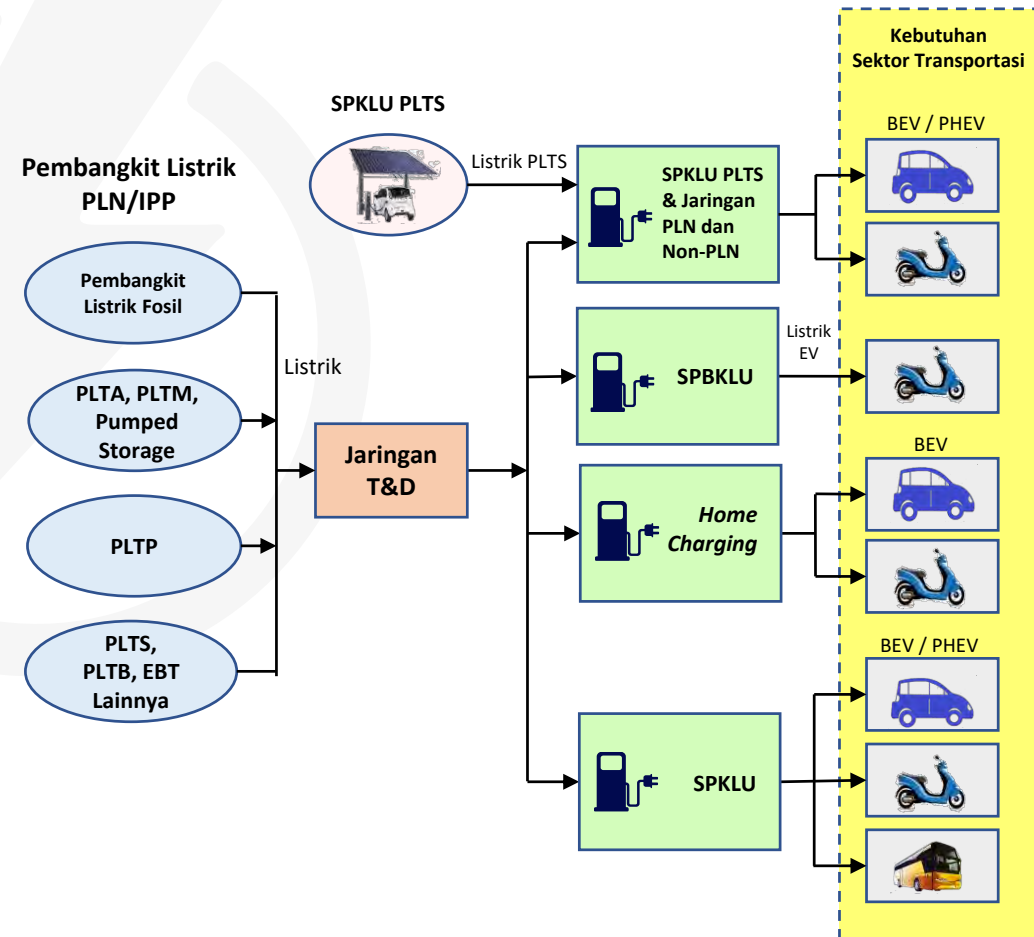
Home Charging

Pengisian daya kendaraan listrik yang dilakukan di rumah tangga pada luar waktu beban puncak, serta ditujukan untuk konsumen mobil listrik dan sepeda motor listrik, yang listriknya dipasok dari PLN.

4

SPKLU

SPKLU dengan *feeding* listrik berasal sepenuhnya dari jaringan PLN, ditujukan untuk mobil listrik, sepeda motor listrik, serta bus listrik.

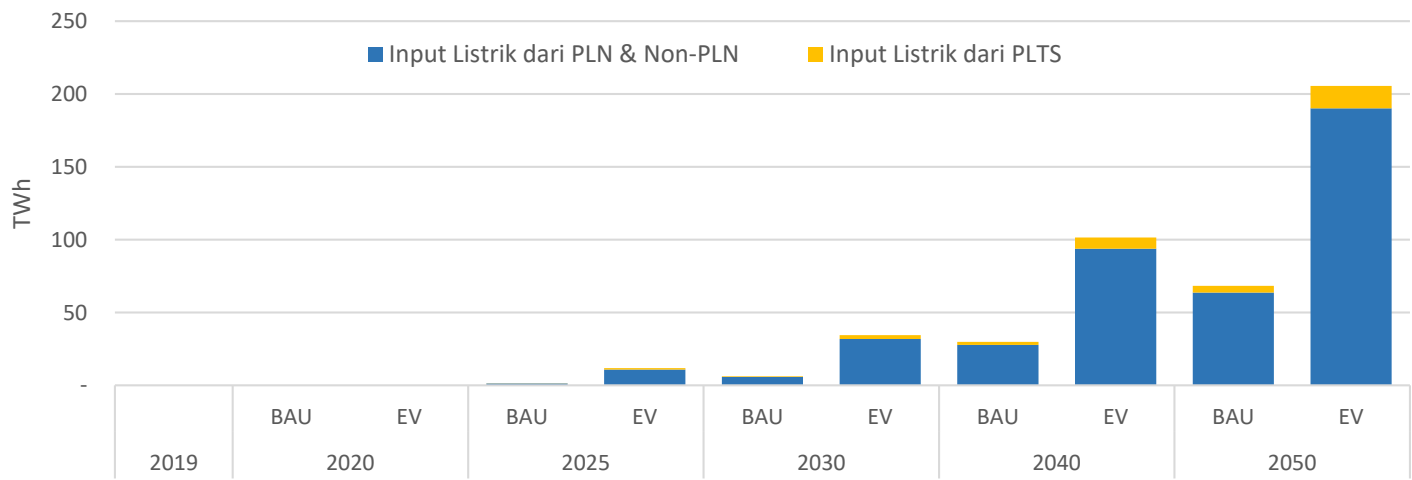


Input Listrik *Charging Station*

Pada skenario BAU, input listrik total untuk *charging station* naik dari 1,4 TWh (2025) menjadi 68 TWh (2050).



Pada skenario EV, input listrik total untuk *charging station* naik dari 12 TWh (2025) menjadi 206 TWh (2050).



Skenario BAU

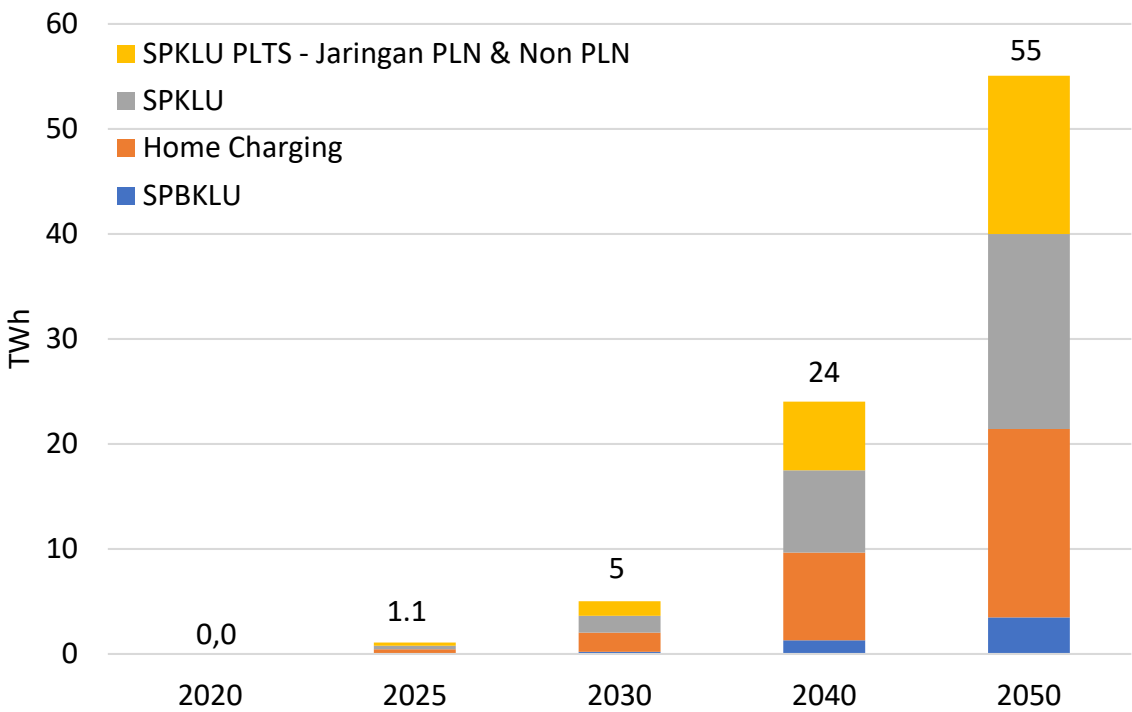
Pengoperasian seluruh tipe *charging station* membutuhkan listrik 93% dari jaringan PLN dan non-PLN dan 7% dari PLTS atap. Khusus input listrik dari PLTS atap sebesar 0,1 TWh (2025) menjadi 4,7 TWh (2050) atau tumbuh sebesar 17% per tahun.

Skenario EV

Kebutuhan listrik untuk pengisian daya kendaraan listrik pada skenario EV sama dengan skenario NRE. Jaringan PLN dan non-PLN memasok energi listrik ke seluruh tipe *charging station* sebesar 92% dan sisanya sebesar 8% dipasok dari PLTS atap. Khusus input listrik dari PLTS atap sebesar 1 TWh (2025) menjadi 15,4 TWh (2050) atau tumbuh sebesar 12% per tahun.

Output Energi Listrik Berbagai Jenis *Charging Station*

Skenario BAU



SPKLU

Output listrik dari tipe SPKLU memiliki pangsa lebih dari 30% dengan nilai 0,3 TWh sampai 19 TWh (2050).

SPKLU PLTS-Jaringan PLN & Non-PLN

Output energi listrik untuk kendaraan listrik dari tipe SPKLU PLTS-jaringan PLN & non-PLN adalah 0,3 TWh s.d. 15 TWh (2050).

SPBKLU

Output listrik dari tipe SPBKLU meningkat cukup tinggi dari 0,03 TWh menjadi 3,5 TWh, meskipun memiliki pangsa terkecil.

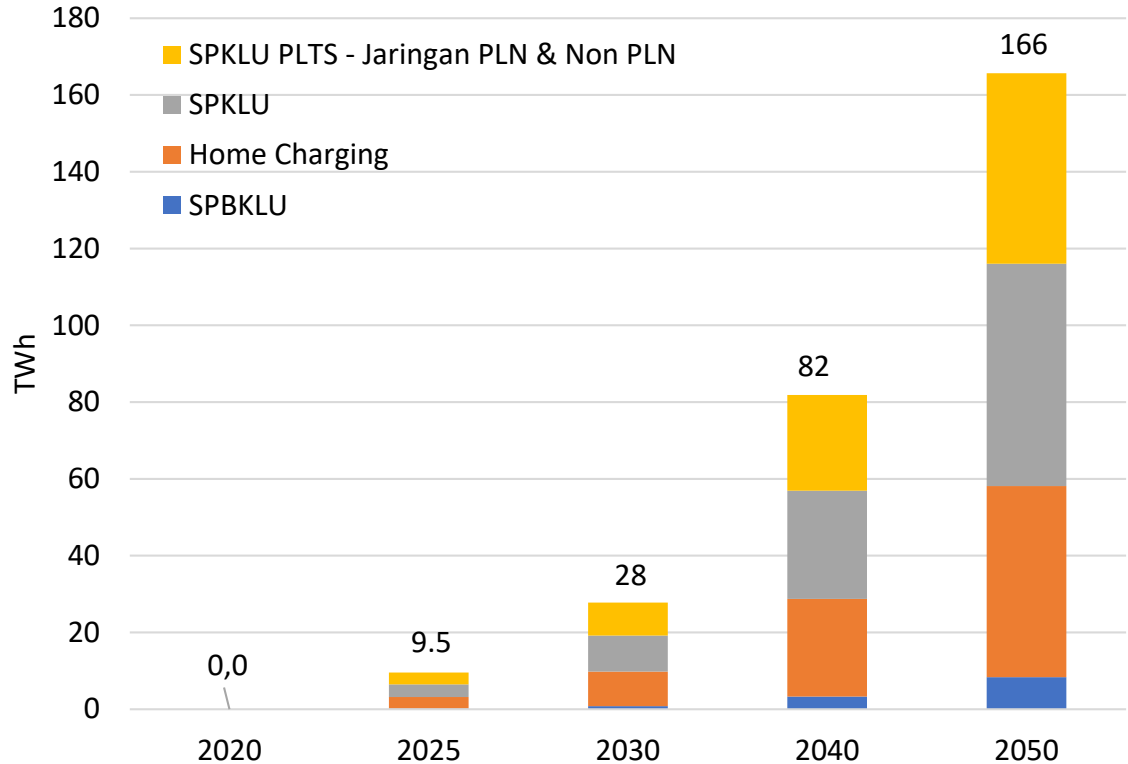
Home Charging

Output listriknya memiliki pangsa relatif sama dengan SPKLU komersial, pada kisaran 37%, mulai dari 0,4 TWh s.d. 18 TWh (2050).

- Output listrik total untuk *charging* kendaraan listrik meningkat dari 1 TWh menjadi 55 TWh (2050) pada skenario BAU.
- Konsumen kendaraan listrik melakukan pengisian energi listrik di rumah dan di SPKLU mencapai 69%. Sisanya dipenuhi oleh SPKLU PLTS dan SPBKLU.

Output Energi Listrik Berbagai Jenis *Charging Station*

Skenario EV dan NRE



SPKLU

Output listrik dari tipe SPKLU komersial memiliki pangsa lebih dari 30% dengan nilai 3 TWh sampai 58 TWh (2050).

SPKLU PLTS-Jaringan PLN & Non-PLN

Output energi listrik untuk kendaraan listrik dari tipe SPKLU PLTS-jaringan PLN & non-PLN adalah 3 TWh s.d. 50 TWh (2050).

SPBKLU

Output listrik dari tipe SPBKLU meningkat cukup tinggi dari 0,2 TWh menjadi 8,3 TWh, meskipun memiliki pangsa terkecil.

Home Charging

Output listriknya memiliki pangsa relatif sama dengan SPKLU komersial, pada kisaran 37%, mulai dari 3 TWh s.d. 50 TWh (2050).

- Output listrik total untuk charging kendaraan listrik meningkat dari 9,5 TWh menjadi 166 TWh (2050) pada skenario EV maupun NRE.
- Konsumen kendaraan listrik melakukan pengisian energi listrik di rumah masing-masing dan di SPKLU mencapai 66%. Sisanya dipenuhi oleh SPKLU PLTS dan SPBKLU.

Pangsa Output Energi Listrik *Charging Station*

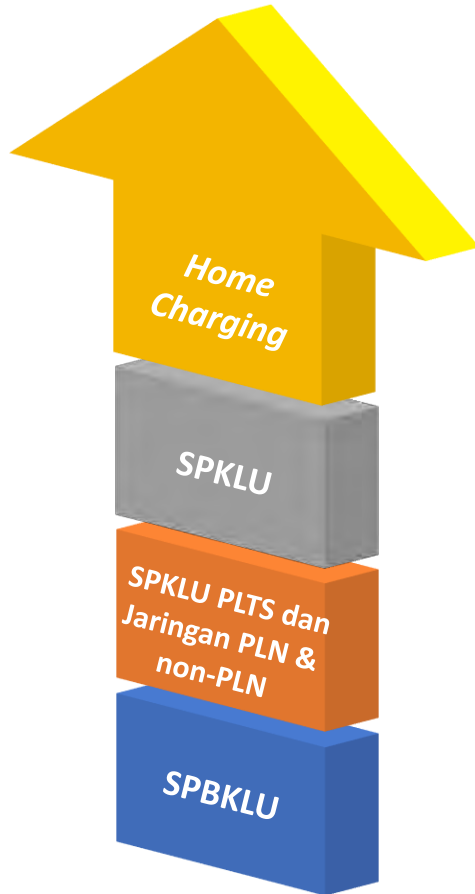
Skenario BAU

38%

31%

28%

3%



Skenario EV & NRE

32%

34%

32%

2%

- ❖ Pangsa untuk pengisian energi kendaraan listrik yang dilakukan di rumah, yaitu di luar waktu beban puncak, adalah sebesar 38% (BAU) dan 32% (EV & NRE).
- ❖ Pangsa SPKLU komersial dengan *feeding* listrik berasal sepenuhnya dari jaringan PLN dan Non-PLN, adalah dikisaran 31% (BAU) dan 34% (EV & NRE).
- ❖ Pangsa SPKLU dengan *feeding* listrik berasal dari PLTS serta jaringan PLN dan Non-PLN adalah sekitar 28% (BAU) dan 32% (EV & NRE).
- ❖ Pangsa penukaran baterai kendaraan listrik untuk umum, ditujukan hanya untuk konsumen jenis sepeda motor listrik, adalah sebesar 3% (BAU) dan 2% (EV & NRE).

Pengembangan Energi Terbarukan untuk Mendukung Pengembangan KBLBB

Kapasitas Produksi Listrik PLTS Atap untuk *Charging Station*

SPKLU PLTS-Jaringan PLN dan Non PLN

Untuk menyokong SPKLU sistem hibrid dari jaringan listrik PLN dan energi surya, diperlukan kapasitas PLTS atap yang cukup besar.

PV Smart Charging Station

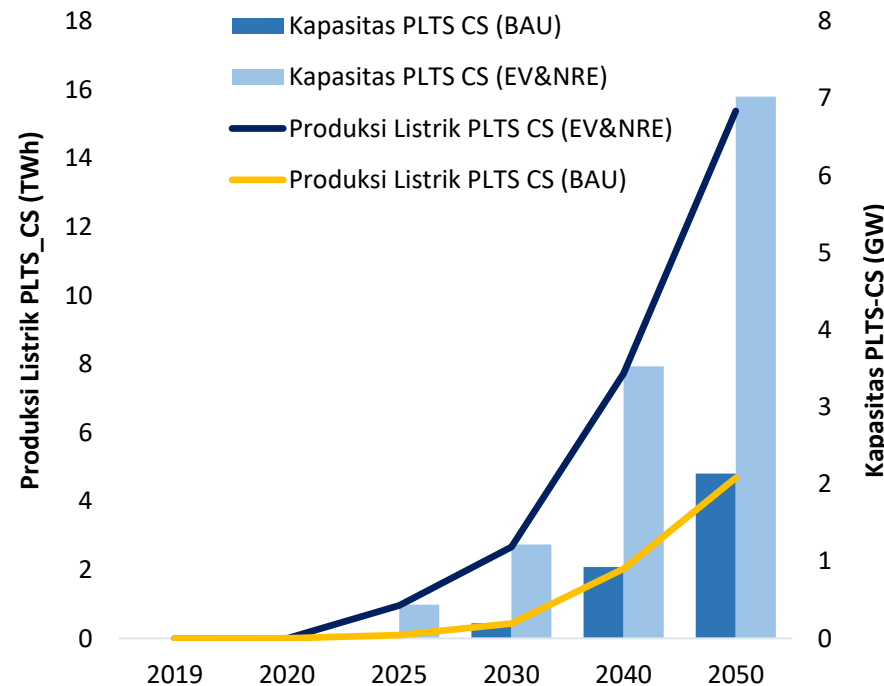
Memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi bersama energi yang berasal dari PLN untuk menyuplai kebutuhan *charging station*.

Kapasitas PLTS

Kontribusi energi dari PLTS atap rata-rata sekitar 26%. Pada tahun 2050, kapasitas PLTS tersebut meningkat drastis, menjadi 2,1 GW (BAU) dan 7 GW (EV& NRE).

Produksi Listrik PLTS

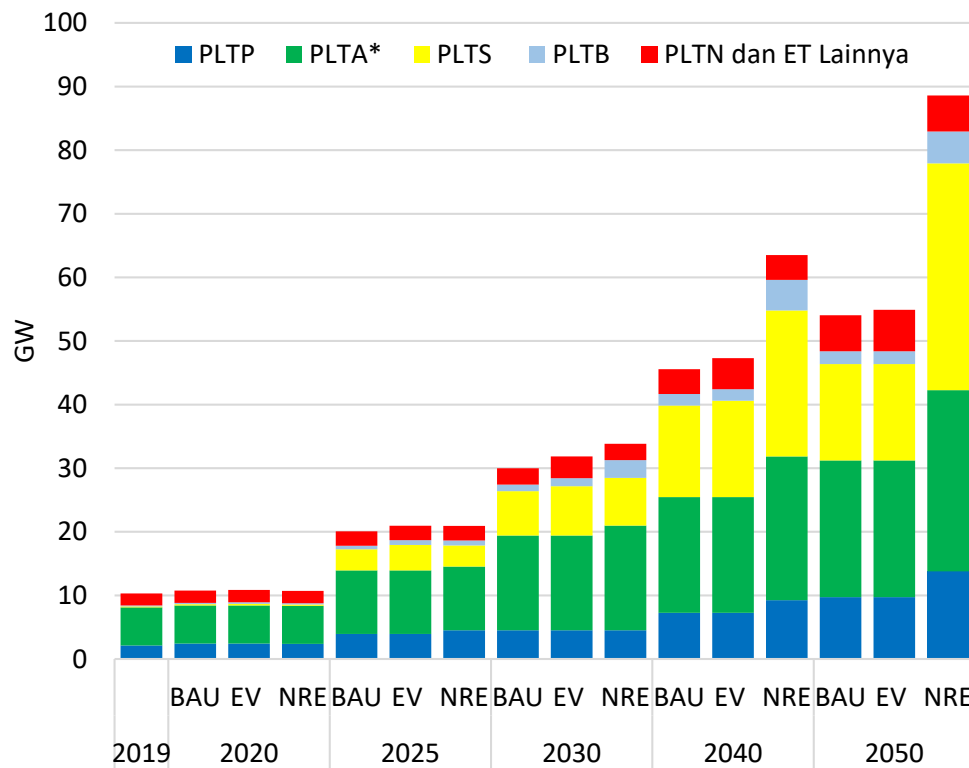
Pada tahun 2050 PLTS atap mampu menghasilkan listrik 4,7 TWh (BAU) serta 15 TWh (EV&NRE). Ini dicapai dengan sistem hibrid PLTS atap serta jaringan PLN dan Non PLN.



Sistem Kerja *Charging Station*

Pada siang hari dan kondisi cerah, maka energi untuk *charging* sebagian besar dipasok dari PLTS atap. Bila tidak ada sama sekali daya listrik dari PLTS, maka akan dilayani dari sumber PLN tanpa pemutusan.

Kapasitas Pembangkit EBT



* Termasuk minihidro dan *pumped storage*

“ Dengan skenario NRE pemanfaatan EBT meningkat tajam khususnya tenaga surya karena nilai keekonomiannya menyaingi energi fosil. ”

Skenario BAU

Pada tahun 2025 kapasitas total pembangkit EBT pada jaringan listrik nasional adalah 20 GW, meningkat menjadi 54 GW pada tahun 2050.

Skenario EV

Kapasitas total pembangkit EBT pada jaringan listrik nasional tidak jauh berbeda dengan skenario BAU.

Skenario NRE

Pada periode 2025-2050, dengan adanya optimalisasi penerapan EBT, kapasitas total pembangkit EBT pada jaringan listrik nasional meningkat tajam dari 21 GW menjadi 89 GW pada tahun 2050.

Pembangkit EBT

Terdiri dari pembangkit hidro (PLTA, PLTM, *Pumped Storage*), PLTP, PLTS, PLTB, PLTBg, PLTBm, PLTSa serta PLTN.

PLTS

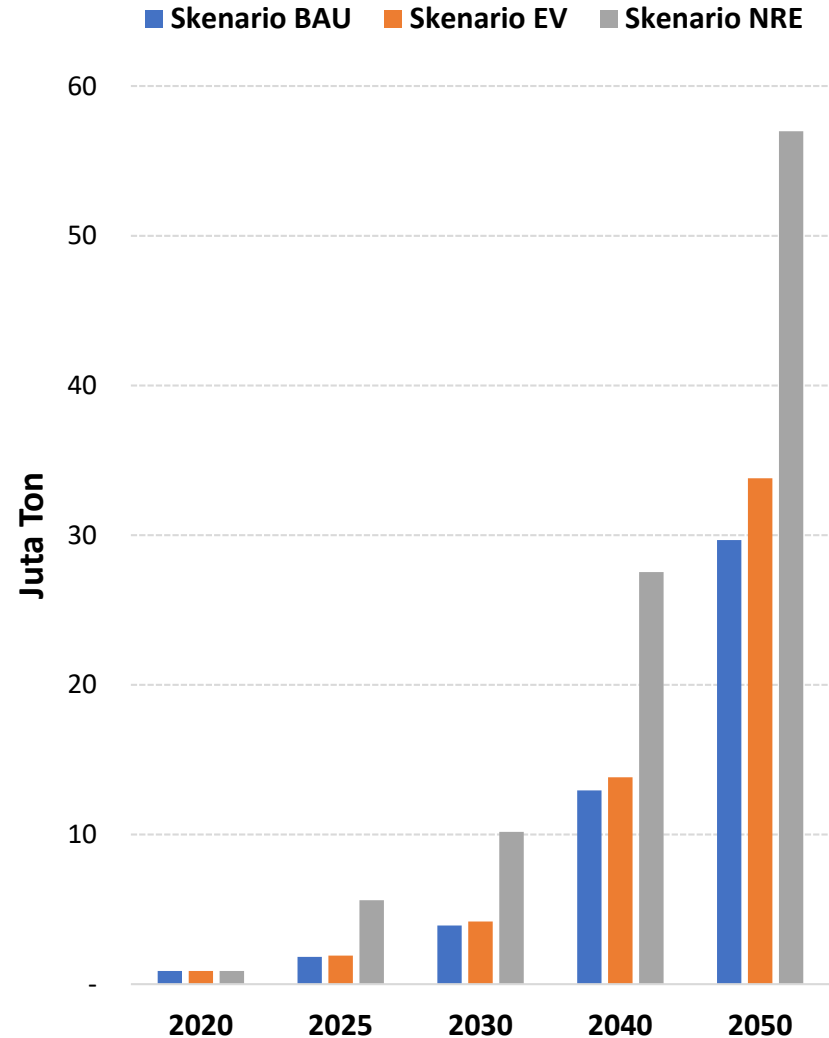
Kapasitas PLTS tahun 2050 pada jaringan listrik nasional, untuk skenario BAU maupun EV adalah sekitar 15 GW. Untuk skenario NRE naik sangat tinggi menjadi 36 GW untuk tahun yang sama.

Co-firing Biomassa pada PLTU Batubara

Program *co-firing* biomassa pada PLTU batubara sebagai strategi pemanfaatan kapasitas pembangkit fosil menuju era transisi energi bersih.

Untuk skenario BAU, PLTU batubara pada tahun 2025 diperkirakan akan menyerap biomassa 1,8 juta ton pada tahun 2025 dan meningkat menjadi 29 juta ton pada tahun 2050. Konsumsi biomassa pada skenario EV naik cukup tinggi menjadi 34 juta ton. Adapun pada skenario NRE, konsumsi biomassa untuk *co-firing* mencapai 5,6 juta ton (2025), 10 juta ton (2030) dan naik drastis pada kisaran 57 juta ton (2050).

Tahap awal untuk 52 lokasi PLTU batubara, ± 9 juta ton/tahun, 18,8 GW (PLN)



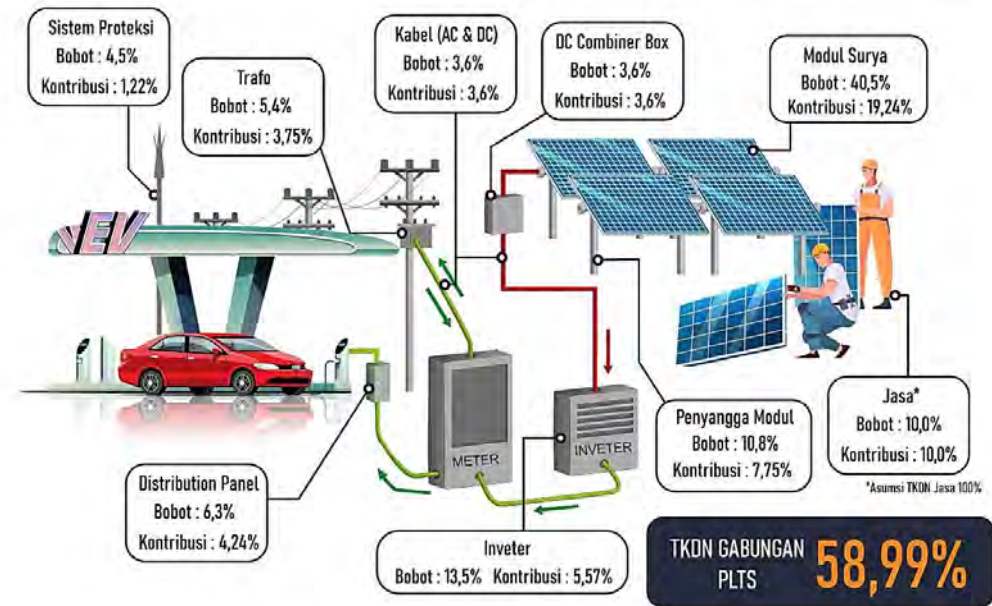
Co-firing Biomassa

TKDN untuk Industri PLTS dan SPKLU

Potensi TKDN untuk Industri PLTS

Fokus kajian penerapan PLTS sebagai penyedia energi SKPLU mengacu pada jenis PLTS Terpusat Terhubung (*on-grid*). Beberapa komponen PLTS sudah memiliki sertifikat TKDN yang dimuat di dalam situs web Kementerian Perindustrian. Tabel di bawah adalah rekapitulasi nilai TKDN komponen PLTS *on-grid* berdasarkan data situs Kemenperin khususnya untuk aspek barang.

Perhitungan TKDN mengacu pada Permenperin No. 04/2017 tentang Ketentuan Dan Tata Cara Penilaian Tingkat Komponen Dalam Negeri Untuk PLTS. Didalam permen tersebut disebutkan juga TKDN minimal untuk barang dan jasa PLTS jenis *on-grid* dan juga bobot komponen menurut jenis. Menurut Permenperin tersebut, bobot TKDN barang 90% dan TKDN jasa 10%.

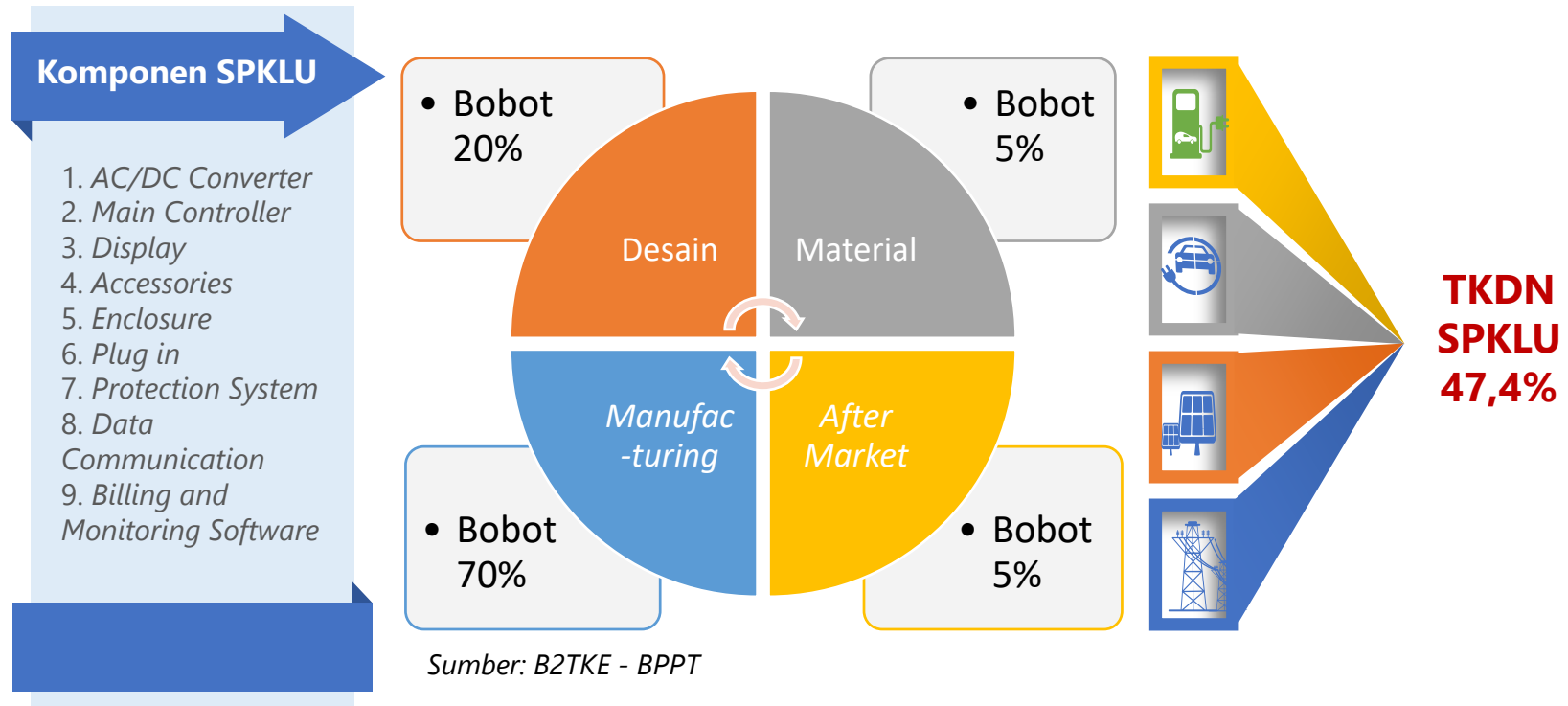


Gambar di atas memberikan nilai TKDN gabungan barang dan jasa PLTS *on-grid*. Jika diasumsikan bahwa jasa pembuatan komponen PLTS *on-grid* seluruhnya domestik maka potensi TKDN PLTS *on-grid* total bisa mencapai 58,99%

Hingga saat ini, belum ada modul surya produksi Indonesia yang mampu memenuhi TKDN Barang minimum 60% seperti yang disyaratkan pada Permenperin No. 05/M-IND/PER/2/2017

No	Komponen PLTS	Nilai TKDN Tertinggi (%)	Jumlah Produk Tersertifikasi	Rata rata Nilai TKDN (%)
1	Modul Surya	47,50	31	43,42
2	Penyangga Modul	71,74	2	69,23
3	Kabel	99,96	602	82,64
4	DC Combiner Box	67,27	146	37,53
5	Distribution Panel	67,27	146	37,53
6	Sistem Proteksi	27,05	5	22,94
7	Trafo	69,37	310	45,05
8	Inverter	41,25	1	41,25

Prediksi Nilai TKDN untuk SPKLU



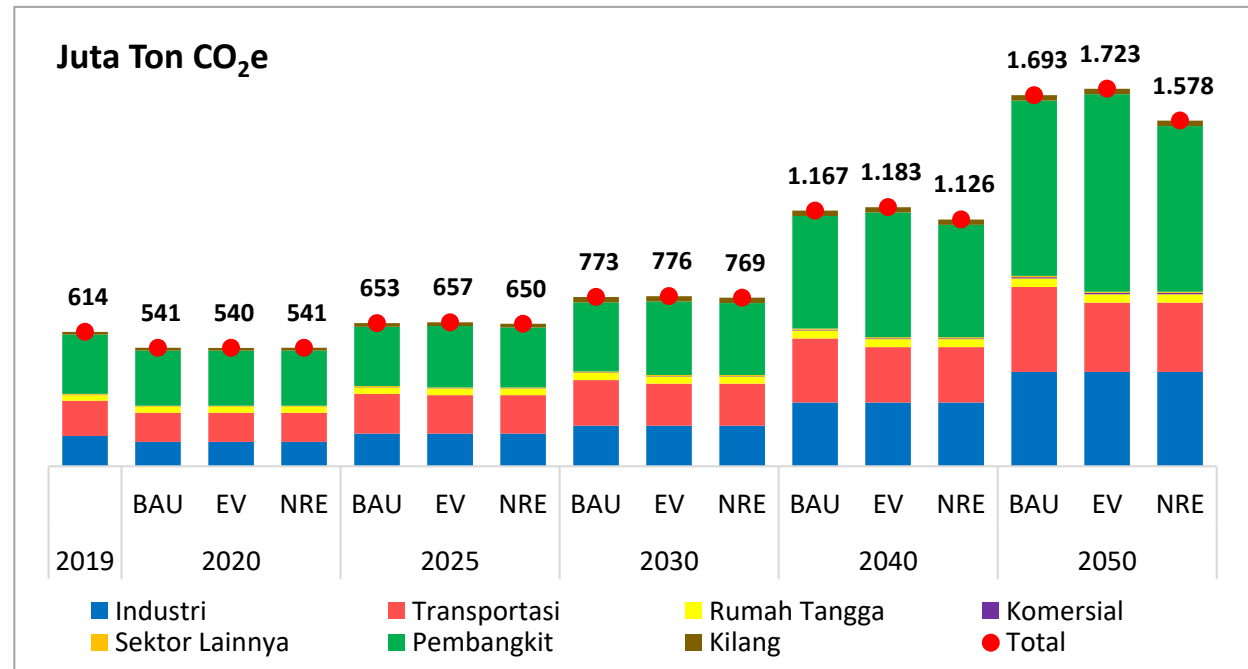
Hingga saat ini belum ada regulasi terkait nilai TKDN minimum untuk SPKLU dari Kementerian Perindustrian. BPPT mencoba mengusulkan metode perhitungan nilai TKDN minimum dari sistem SPKLU yang dikembangkan dengan pendekatan pembobotan terhadap masing-masing tahapan mulai dari desain, manufacturing, material hingga after market untuk seluruh komponen SPKLU seperti yang ditunjukkan oleh gambar di atas.

Hasil dari perhitungan BPPT menunjukkan bahwa nilai TKDN gabungan barang dan jasa sistem SPKLU tersebut bisa mencapai 47,4%.

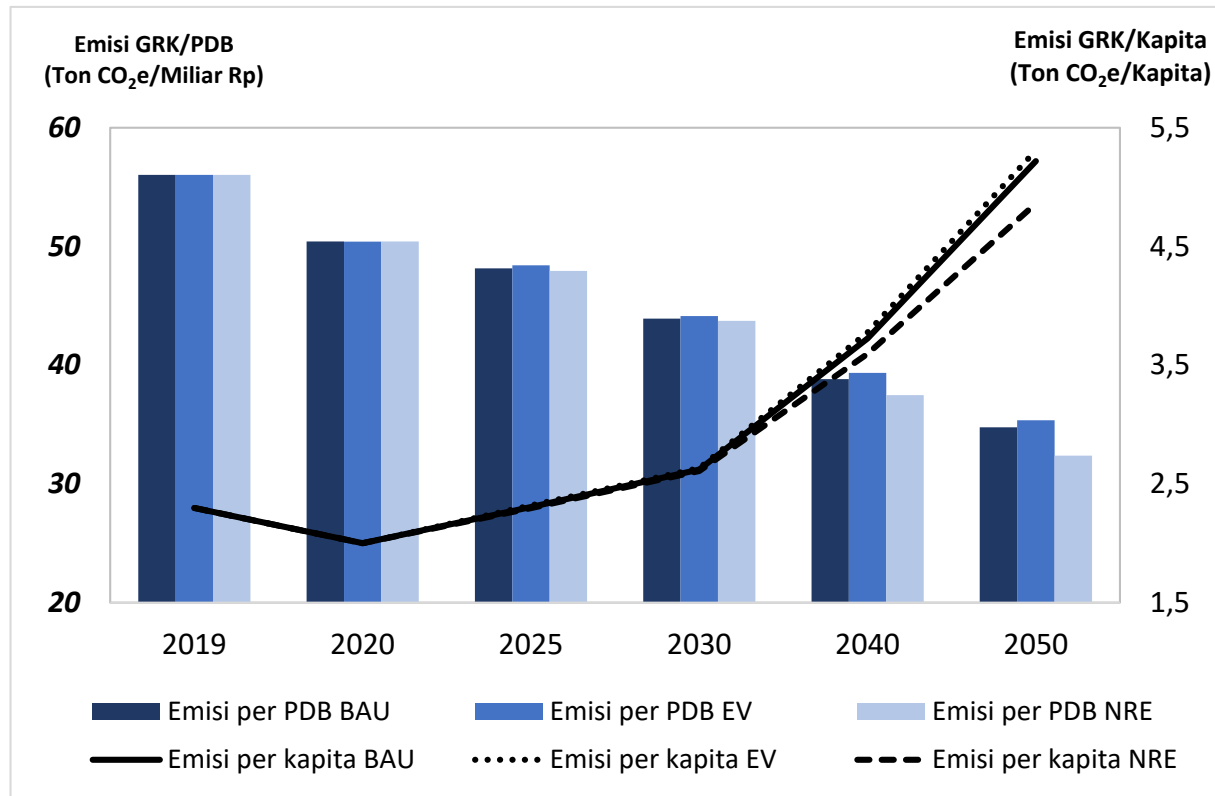
Emisi GRK

Proyeksi Emisi GRK Menurut Skenario

Pemanfaatan bahan bakar fosil dan biomassa komersial dalam memenuhi skenario BAU, EV, dan NRE akan menghasilkan emisi GRK. Total emisi GRK (CO₂e) sektor energi akan terus meningkat sejalan dengan tingkat konsumsi dan proyeksinya. Tingkat emisi GRK skenario BEV lebih tinggi karena peningkatan kapasitas pembangkit listrik, terutama pembangkit listrik berbahan bakar fosil guna memenuhi kebutuhan listrik BEV.



Perhitungan emisi GRK dilakukan menggunakan metodologi IPCC-2006 dengan faktor emisi *default* Tier-1. *Global Warming Potential* menggunakan *Second Assessment Report* IPCC Tahun 1995, yaitu 21 untuk emisi CH₄ dan 310 untuk emisi N₂O. Emisi CO₂ yang timbul atas penggunaan biomassa tidak dijumlahkan dalam total emisi CO₂e. Emisi GRK yang terjadi atas konsumsi gas bumi sebagai bahan baku industri pupuk pun tidak dipertimbangkan. Demikian halnya, emisi GRK sektor IPPU yang timbul selama proses produksi misalnya hidrogen di kilang minyak dan industri pupuk, produksi klinker di pabrik semen, penggunaan HCFC pada PLTP dan SF₆ pada pembangkit listrik juga tidak dipertimbangkan. Emisi *fugitive*, *own use* dan *flaring* gas bumi selama produksi migas juga tidak dipertimbangkan.



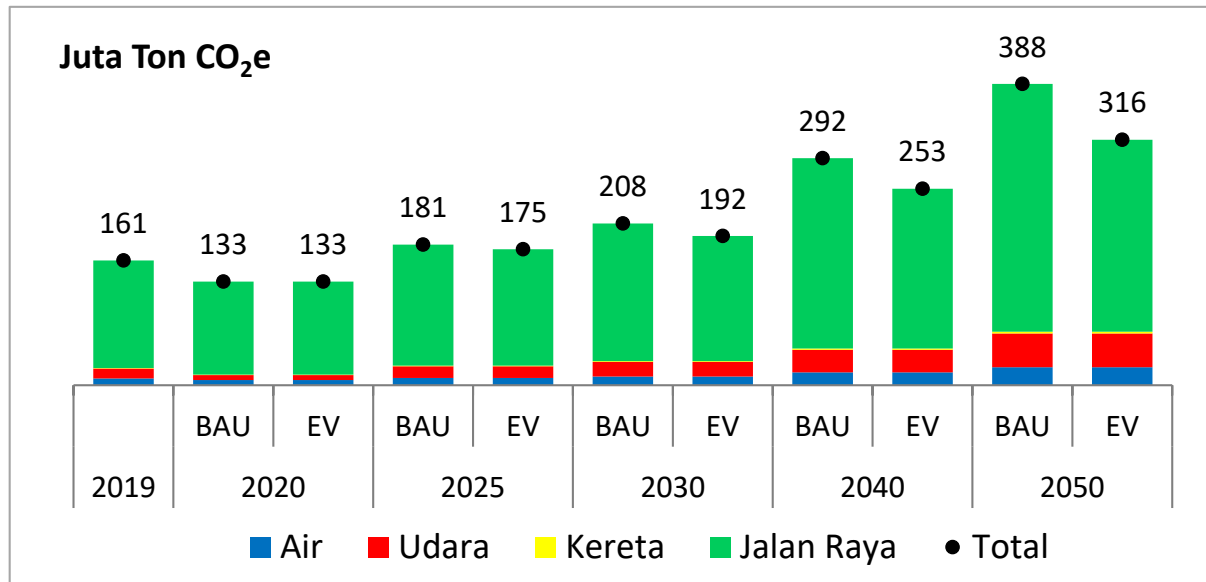
Emisi GRK per GDP dan Emisi GRK per Kapita

Meskipun tingkat emisi GRK terus meningkat, namun emisi GRK/PDB terus mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa untuk menghasilkan 1 miliar Rupiah PDB menimbulkan emisi GRK yang semakin menurun. Dengan demikian sejalan dengan arah pembangunan berkelanjutan yang menghasilkan intensitas emisi yang semakin berkurang.

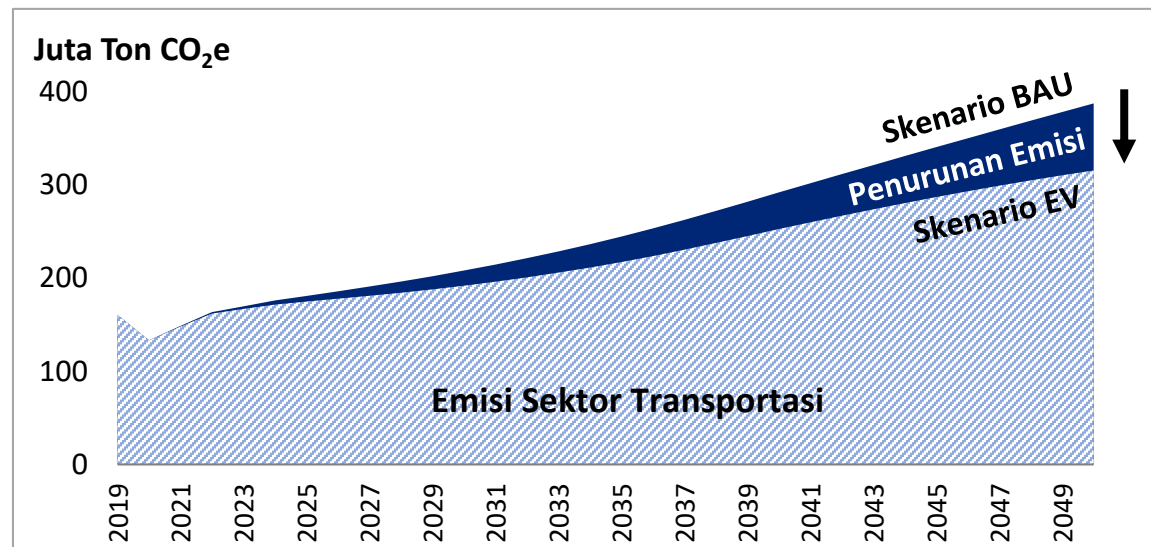
Namun, emisi GRK per kapita terus meningkat yang disebabkan oleh tingkat konsumsi energi per kapita nasional yang masih rendah. Pada tahun 2018, intensitas konsumsi energi final hanya sebesar 3,29 SBM/kapita, jauh lebih rendah daripada Negara Tiongkok (10,58), USA (30,43), Rusia (25,18), dan Jepang (16,04). Adapun emisi CO₂e (ton/kapita) terhadap 5 negara pengkonsumsi energi terbesar di dunia pada tahun 2018 adalah Tiongkok (7,38), USA (15,52), India (1,91), Rusia (11,44), dan Jepang (9,70). Masih rendahnya proyeksi emisi GRK per kapita pada tahun 2050 memerlukan perencanaan dekarbonisasi energi terkait *Net Zero Emission* yang harus dilakukan lebih hati-hati dan bijaksana serta tidak membebani masyarakat.

Emisi GRK Sektor Transportasi

Penggunaan kendaraan listrik pada moda angkutan darat akan menurunkan emisi GRK. Hal ini terutama disebabkan karena kendaraan listrik lebih efisien daripada kendaraan berbasis ICE. Adapun pengaruh faktor emisi jaringan listrik relatif terbatas karena peranan pembangkit berbahan bakar fosil masih dominan.

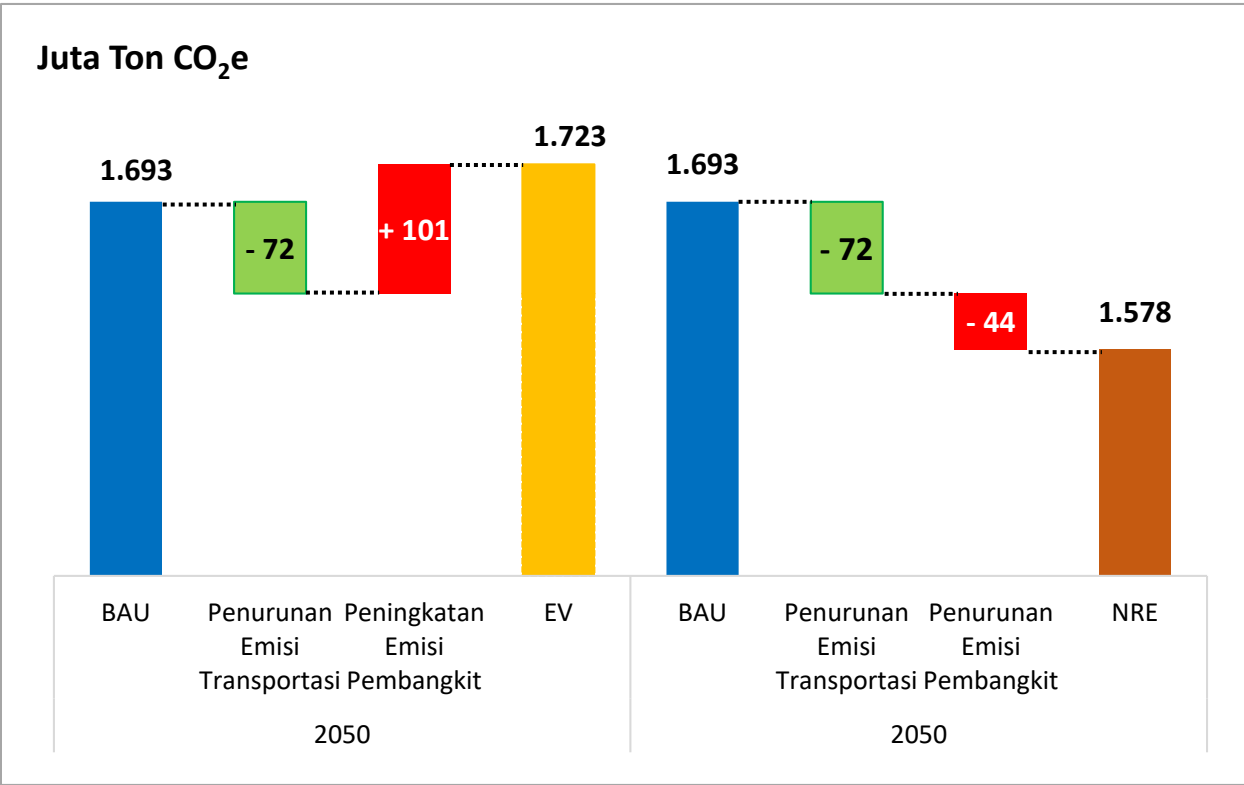


Pemanfaatan kendaraan listrik juga akan membuat polusi udara di kota-kota besar akan berkurang karena kendaraan bermotor ICE merupakan penyumbang polusi udara terbesar. Emisi CO, SO₂, NO_x, dan partikel akan menurun. Penyakit pernapasan, jantung, kanker, pneumonia, kerusakan material, sumber daya air menurun, sehingga berdampak terhadap pengurangan biaya sosial dan lingkungan.



Emisi GRK Menurut Skenario

Penggunaan kendaraan listrik roda 2 dan roda 4 sebagai moda angkutan darat akan mereduksi emisi GRK sebesar 72 juta ton CO₂e di sektor transportasi, baik skenario BEV maupun skenario NRE. Akan tetapi, pada skenario BEV justru akan meningkatkan emisi GRK di sektor pembangkit listrik akibat peningkatan pembangkit listrik berbahan bakar fosil.



Guna mengoptimalkan reduksi emisi atas pemanfaatan kendaraan listrik, maka perlu didukung oleh pembangkit listrik yang rendah emisi, seperti PLTP, PLTA, PLTS, PLTB, PLTSa, PLTN, dan lainnya. Tanpa upaya itu, maka pemanfaatan kendaraan listrik hanya “memindahkan” emisi GRK dan polusi udara dari kota-kota ke lokasi pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Hal ini berarti dekarbonisasi pembangkit dapat diikuti oleh program peningkatan pemanfaatan kendaraan listrik. Namun, kebijakan dekarbonisasi perlu dilakukan secara hati-hati agar tidak membebani masyarakat atau negara.

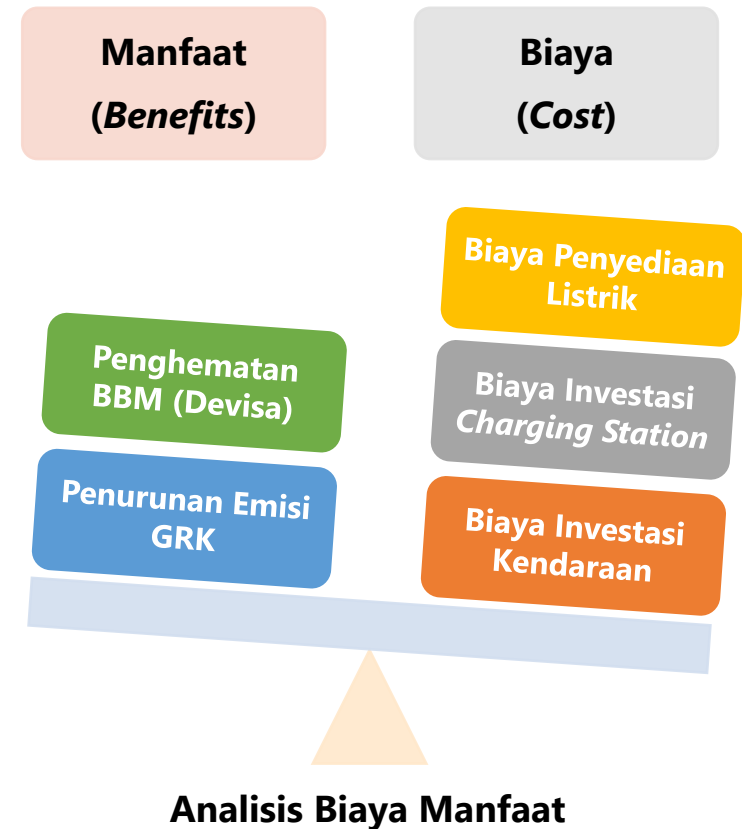
Dampak Ekonomi

Metodologi Analisis

Dampak ekonomi dari pemanfaatan kendaraan listrik dianalisis dengan metode *cost benefit analysis* (analisis biaya manfaat). Analisis ini dilakukan dengan mengkuantifikasi serangkaian biaya dan manfaat yang terjadi pada skenario EV dan NRE untuk kemudian dibandingkan dengan skenario BAU.

Pemanfaatan kendaraan listrik dapat memberikan beberapa manfaat (*benefits*). Manfaat tersebut diperoleh dari penghematan kebutuhan BBM yang selanjutnya akan menurunkan impor BBM dan menghemat devisa. Selain itu terdapat manfaat berupa penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) yang dapat diquantifikasi dengan menggunakan asumsi nilai CER (*Certified Emission Reduction*). Dalam analisis ini diasumsikan sebesar USD 10/tCO₂. Nilai manfaat emisi akan bernilai negatif jika terjadi kenaikan emisi GRK.

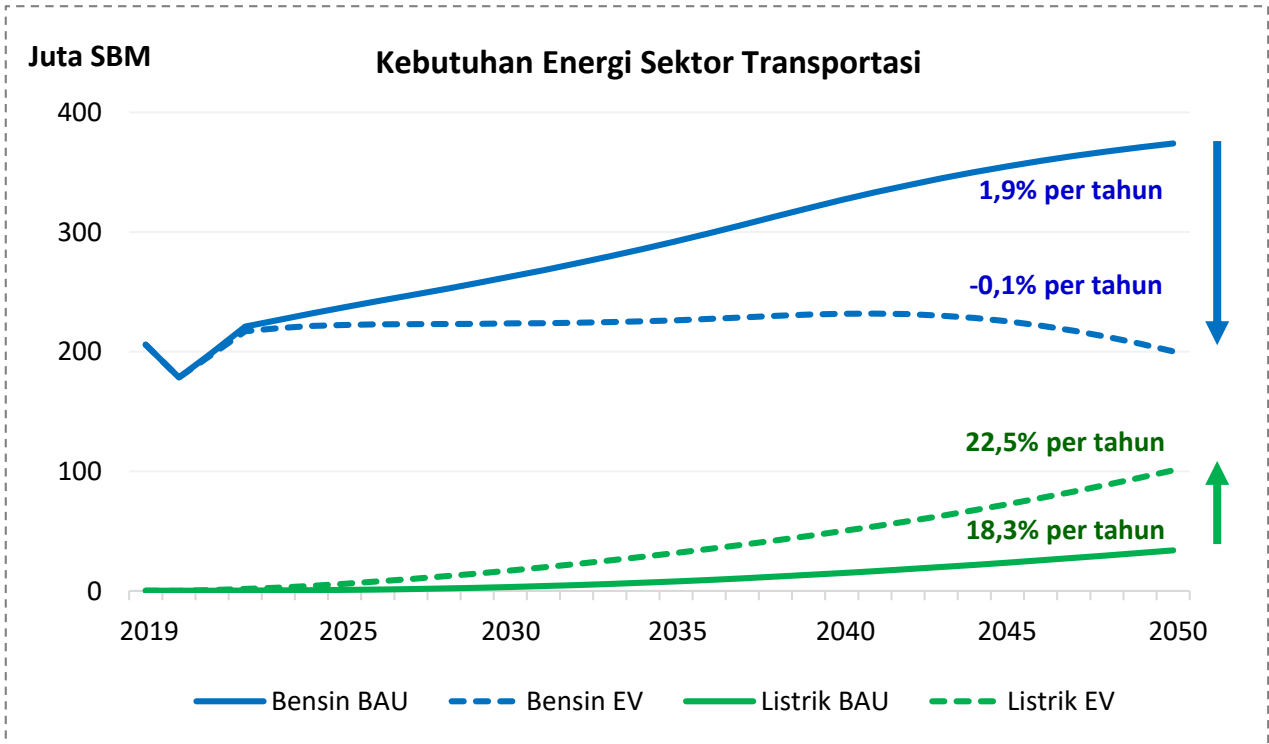
Di sisi lain, pemanfaatan kendaraan listrik menimbulkan tambahan biaya (*costs*), baik untuk penyediaan listrik, pembangunan infrastruktur *charging station*, serta pembelian kendaraan listrik (selisih harga dengan kendaraan konvensional). Sementara itu, untuk memproduksi listrik dibutuhkan antara lain biaya investasi pembangkit listrik, biaya investasi jaringan transmisi dan distribusi, biaya bahan bakar pembangkit, serta biaya operasi dan pemeliharaan (*operation and maintenance cost* atau *O&M cost*) pembangkit dan jaringan listrik.



Penghematan BBM dan Peningkatan Kebutuhan Listrik

Pemanfaatan kendaraan listrik jenis mobil dan sepeda motor dapat mengurangi kebutuhan bahan bakar bensin. Pada skenario BAU, jumlah kendaraan listrik masih rendah, sehingga kebutuhan bensin diperkirakan terus meningkat setiap tahunnya. Peningkatan pemanfaatan kendaraan listrik pada skenario EV dan NRE menyebabkan kebutuhan bensin cenderung datar dan mengalami penurunan setelah tahun 2040. Pada tahun 2050, kebutuhan bensin pada skenario EV dan NRE diperkirakan hanya sekitar 53,5% dari skenario BAU.

Sementara itu, kebutuhan listrik untuk transportasi pada skenario BAU maupun EV dan NRE diperkirakan terus meningkat dengan laju pertumbuhan yang berbeda. Peningkatan kebutuhan listrik pada skenario EV dan NRE tidak sebesar penurunan kebutuhan bensin. Hal ini karena efisiensi kendaraan listrik yang lebih tinggi daripada kendaraan konvensional (ICE), sehingga lebih hemat energi.

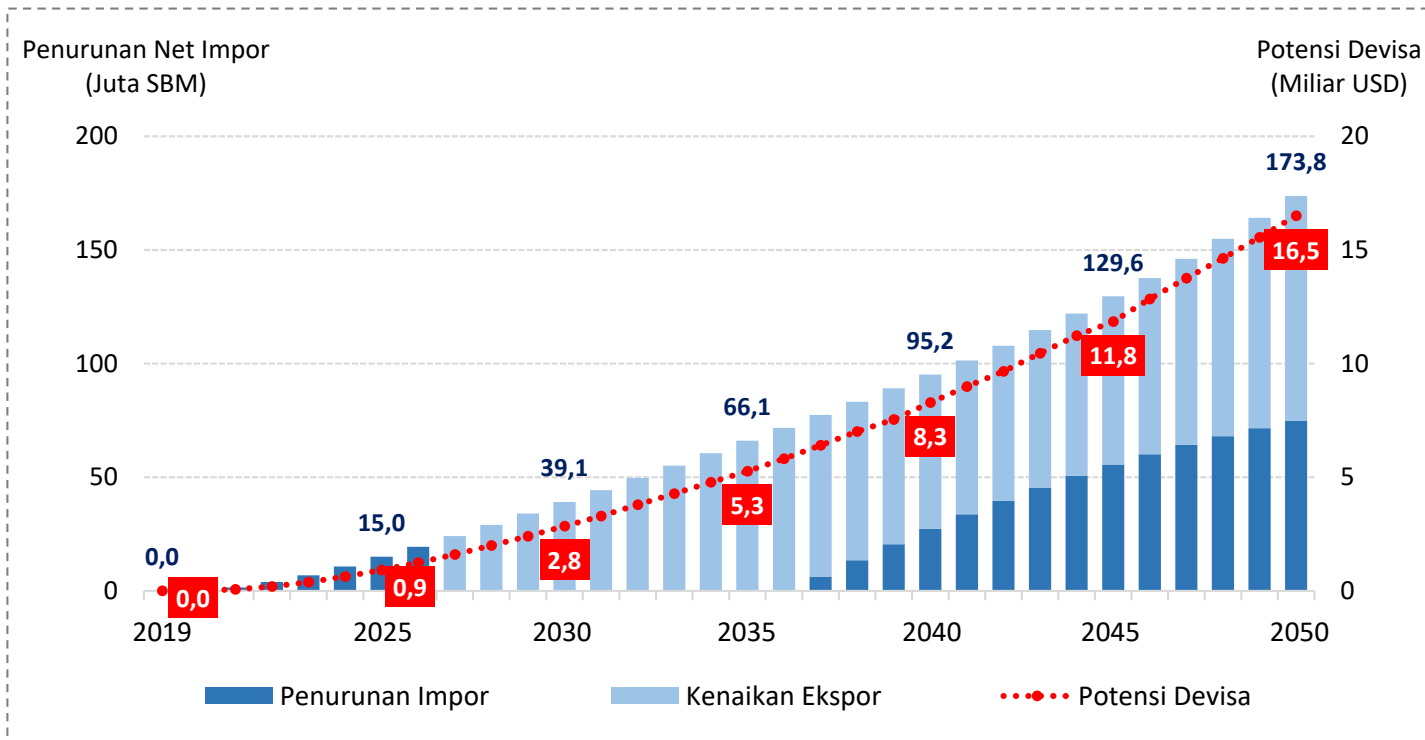


“

Pada tahun 2050, penghematan kebutuhan bensin pada skenario EV dan NRE diperkirakan mencapai 173,8 juta SBM (29,8 juta kilo liter). Sementara itu, kebutuhan listrik diperkirakan meningkat sebesar 66,9 juta SBM (110,6 TWh) jika dibandingkan dengan skenario BAU.

”

Penurunan Net Impor BBM

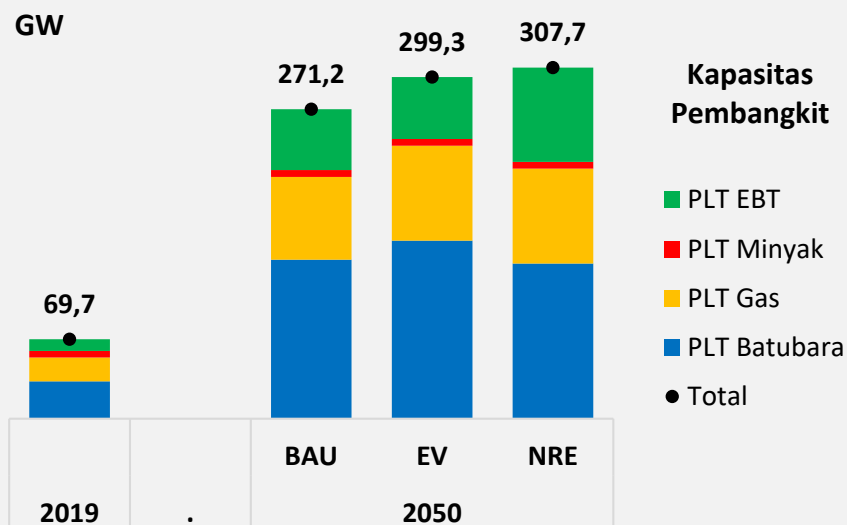


Penurunan net impor BBM didapatkan dari penurunan impor BBM dan kenaikan ekspor BBM (karena produksi kilang minyak yang melebihi kebutuhan domestik).

Penurunan impor BBM akan menghemat cadangan devisa, sedangkan kenaikan ekspor BBM akan meningkatkan cadangan devisa. Selanjutnya, pada analisis ini, total dari kedua parameter tersebut disebut dengan potensi devisa.

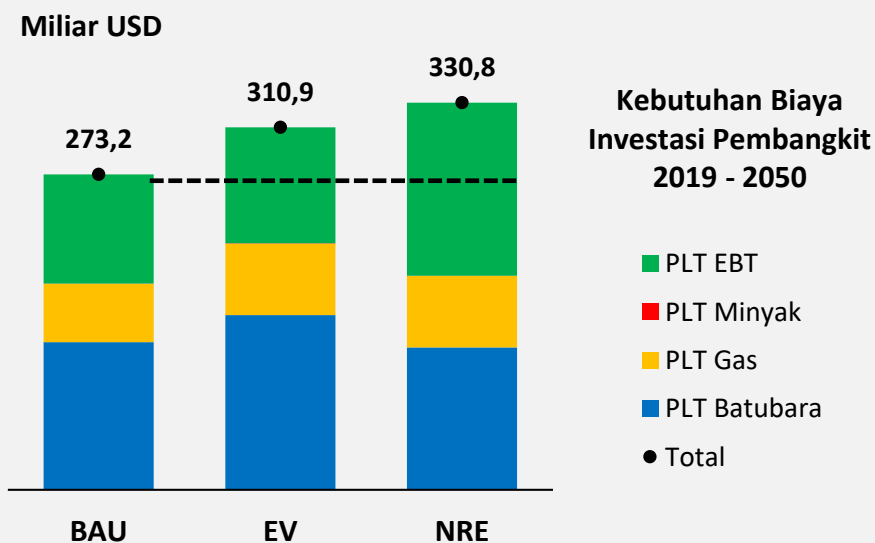
Penurunan net impor BBM diperkirakan sebesar 39,1 juta SBM (6,7 juta kilo liter) pada tahun 2030 dan terus meningkat menjadi 173,8 juta SBM (29,8 juta kilo liter) pada tahun 2050. Akumulasi penurunan net impor BBM untuk skenario EV dan NRE selama periode 2019-2050 diperkirakan mencapai 2.228 juta SBM atau sekitar 382,4 juta kilo liter. Dengan asumsi harga mengikuti proyeksi harga minyak Brent (harga konstan) pada *Annual Energy Outlook* 2021 (EIA, 2021), maka diperoleh potensi devisa sebesar 2,8 miliar USD pada tahun 2030 dan meningkat menjadi 16,5 miliar USD pada tahun 2050. Akumulasi potensi devisa selama periode 2019-2050 diperkirakan sebesar 194,2 miliar USD. Dengan asumsi nilai tukar sebesar Rp 15.000 per USD, maka akumulasi potensi devisa selama periode tersebut mencapai sekitar 2.913 triliun Rupiah.

Kebutuhan Biaya Investasi Pembangkit Listrik



Kebutuhan biaya investasi pembangkit listrik selama periode 2019-2050 pada skenario BAU sebesar 273,2 miliar USD. Tambahan biaya investasi pembangkit listrik pada skenario EV sebesar 37,7 miliar USD atau sekitar 565,7 triliun Rupiah (dengan asumsi nilai tukar sebesar Rp 15.000 per USD). Sementara itu, pada skenario NRE dibutuhkan tambahan biaya investasi yang lebih besar, yaitu sebesar 57,6 miliar USD atau sekitar 863,5 triliun Rupiah. Tambahan biaya investasi pembangkit listrik pada skenario NRE lebih besar daripada skenario EV selain karena tambahan kapasitas pembangkit listrik yang lebih besar, juga karena biaya investasi PLT EBT yang lebih besar daripada pembangkit listrik berbahan bakar fosil.

Peningkatan pemanfaatan kendaraan listrik akan meningkatkan kapasitas pembangkit listrik. Pada skenario EV, diperlukan tambahan kapasitas pembangkit listrik sebesar 28,1 GW pada tahun 2050 (jika dibandingkan skenario BAU). Tambahan pembangkit tersebut sebagian besar adalah PLT Batubara, kemudian disusul dengan PLT Gas. Pada skenario NRE, diperlukan tambahan kapasitas pembangkit yang lebih besar, yaitu 36,5 GW pada tahun 2050. Hal ini karena sebagian besar berupa PLT EBT yang memiliki *capacity factor* yang lebih rendah daripada pembangkit fosil.

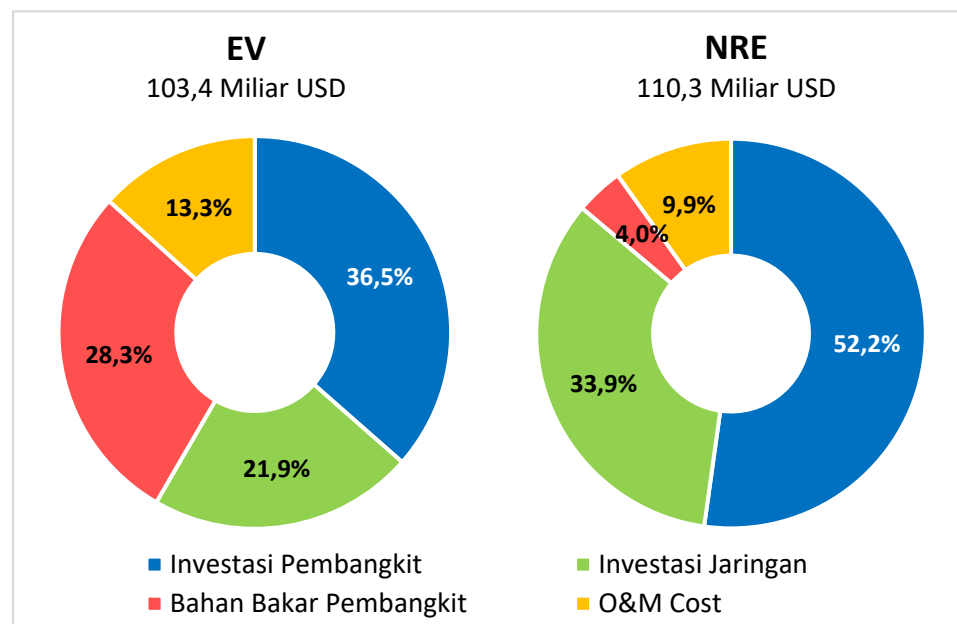


Kebutuhan Biaya Penyediaan Listrik

Biaya untuk penyediaan listrik meliputi biaya investasi pembangkit listrik, investasi jaringan transmisi dan distribusi, biaya bahan bakar pembangkit, serta biaya operasi dan pemeliharaan (*O&M cost*) pembangkit dan jaringan listrik.

Kebutuhan biaya investasi pembangkit listrik pada skenario NRE lebih besar daripada skenario EV karena kapasitas pembangkit dan porsi PLT EBT pada skenario NRE yang lebih besar. Demikian pula dengan biaya investasi jaringan transmisi dan distribusi pada skenario NRE yang lebih tinggi daripada skenario EV. Hal ini karena kebutuhan investasi jaringan listrik sejalan dengan peningkatan kapasitas pembangkit.

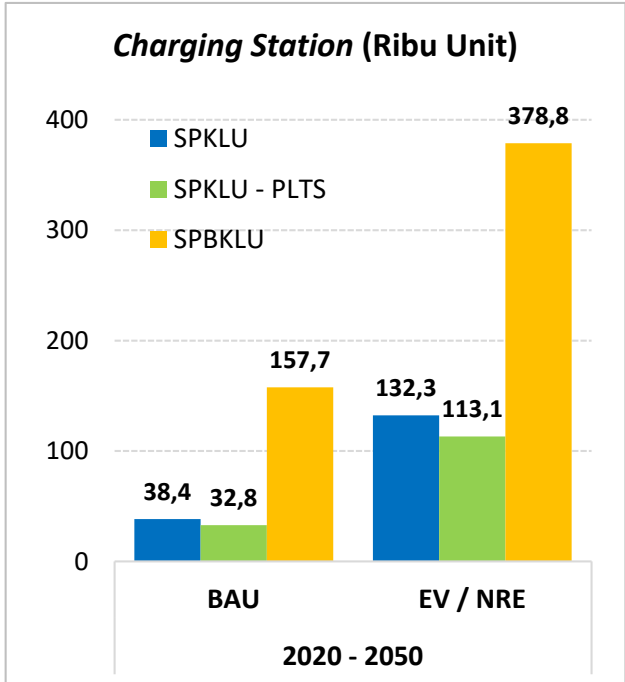
Selanjutnya, kebutuhan biaya bahan bakar pembangkit pada skenario EV jauh lebih besar daripada skenario NRE. Hal ini karena skenario EV menggunakan batubara dan gas sebagai bahan bakar pembangkit, sedangkan pada skenario NRE sebagian besar pembangkit listriknya adalah PLT EBT. Sementara itu, biaya operasi dan pemeliharaan (*O&M cost*) hingga tahun 2050 untuk kedua skenario tidak terlalu besar porsinya jika dibandingkan jenis biaya yang lain.



Total biaya penyediaan listrik selama periode 2019-2050 untuk skenario NRE sebesar 110,3 miliar USD atau lebih tinggi daripada skenario EV. Hal ini karena kapasitas pembangkit listrik dan porsi PLT EBT yang lebih besar pada skenario NRE.

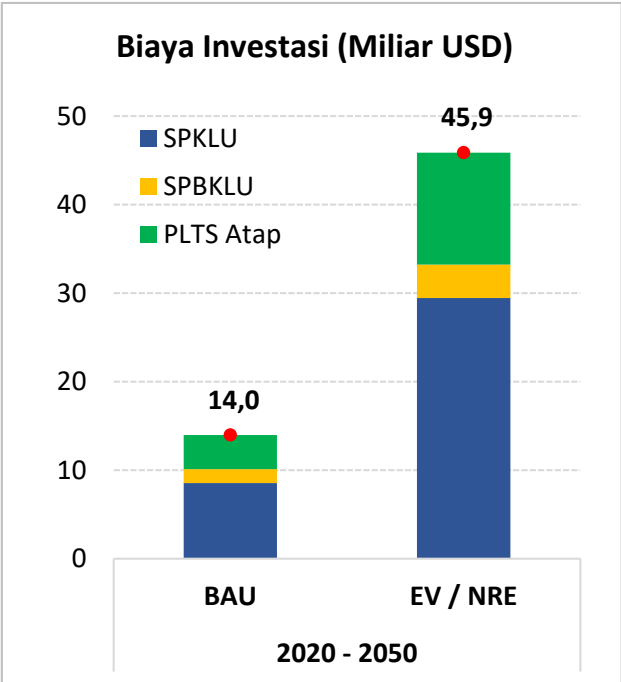


Kebutuhan Biaya Investasi *Charging Station*



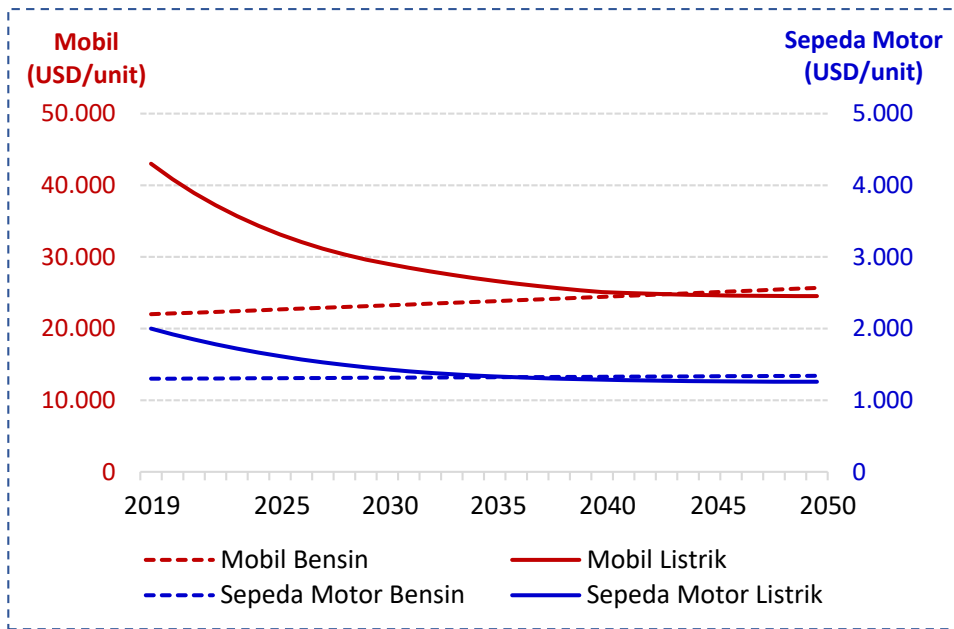
Pada skenario BAU, jumlah SPKLU yang dibutuhkan hingga tahun 2050 sekitar 71,2 ribu unit, dengan 32,8 ribu unit diantaranya adalah SPKLU dengan PLTS atap. Sementara itu, jumlah SPBKLU yang dibutuhkan hingga tahun 2050 sekitar 157,7 ribu unit.

Selama kurun waktu tersebut, biaya investasi yang dibutuhkan untuk membangun SPKLU sekitar 8,5 miliar USD, sedangkan untuk SPBKLU sekitar 1,6 miliar USD. Sementara itu, kebutuhan investasi untuk PLTS atap sekitar 3,8 miliar USD.



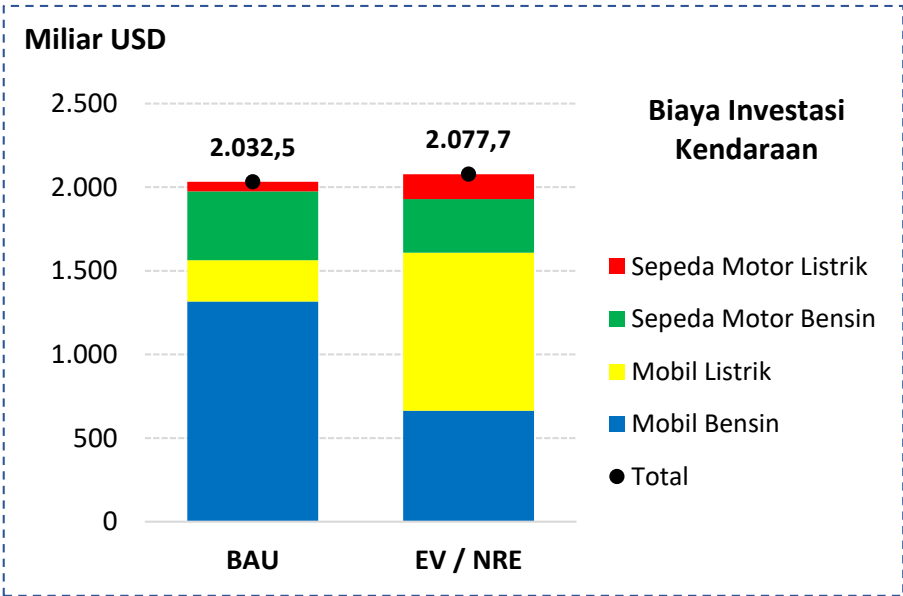
Jumlah kendaraan listrik pada skenario EV dan NRE yang meningkat tajam membutuhkan fasilitas *charging station* yang lebih banyak. Kebutuhan SPKLU hingga tahun 2050 meningkat menjadi 245,4 ribu unit dengan 113,1 ribu unit diantaranya adalah SPKLU dengan PLTS atap. Sementara itu, dibutuhkan sekitar 378,8 ribu unit SPBKLU hingga tahun 2050. Biaya investasi yang dibutuhkan untuk pembangunan SPKLU, SPBKLU, dan PLTS atap masing-masing sebesar 29,4 miliar USD, 3,8 miliar USD, dan 12,6 miliar USD. Jika dibandingkan skenario BAU, selisih biaya investasi *charging station* untuk skenario EV dan NRE diperkirakan sebesar 31,9 miliar USD atau sekitar 478,7 triliun Rupiah.

Kebutuhan Biaya Investasi Kendaraan



Selama periode 2019-2050, biaya untuk pembelian kendaraan baru (investasi kendaraan) pada skenario BAU sebesar 2.032,5 miliar USD, sedangkan untuk skenario EV atau NRE lebih tinggi, yaitu sebesar 2.077,7 miliar USD (total kendaraan ICE dan kendaraan listrik). Selisih biaya investasi kendaraan antara skenario BAU dengan skenario EV atau NRE mencapai 45,2 miliar USD atau sekitar 678,2 triliun Rupiah.

Pemanfaatan kendaraan listrik membutuhkan biaya investasi yang lebih besar karena harga kendaraan listrik saat ini lebih tinggi daripada kendaraan konvensional (ICE), baik untuk jenis mobil maupun sepeda motor. Namun pada masa mendatang, harga kendaraan listrik diperkirakan akan terus menurun seiring dengan penurunan harga baterai. Harga kendaraan listrik diperkirakan dapat bersaing dengan kendaraan ICE setelah tahun 2040 (untuk mobil listrik), dan setelah tahun 2035 (untuk sepeda motor listrik).

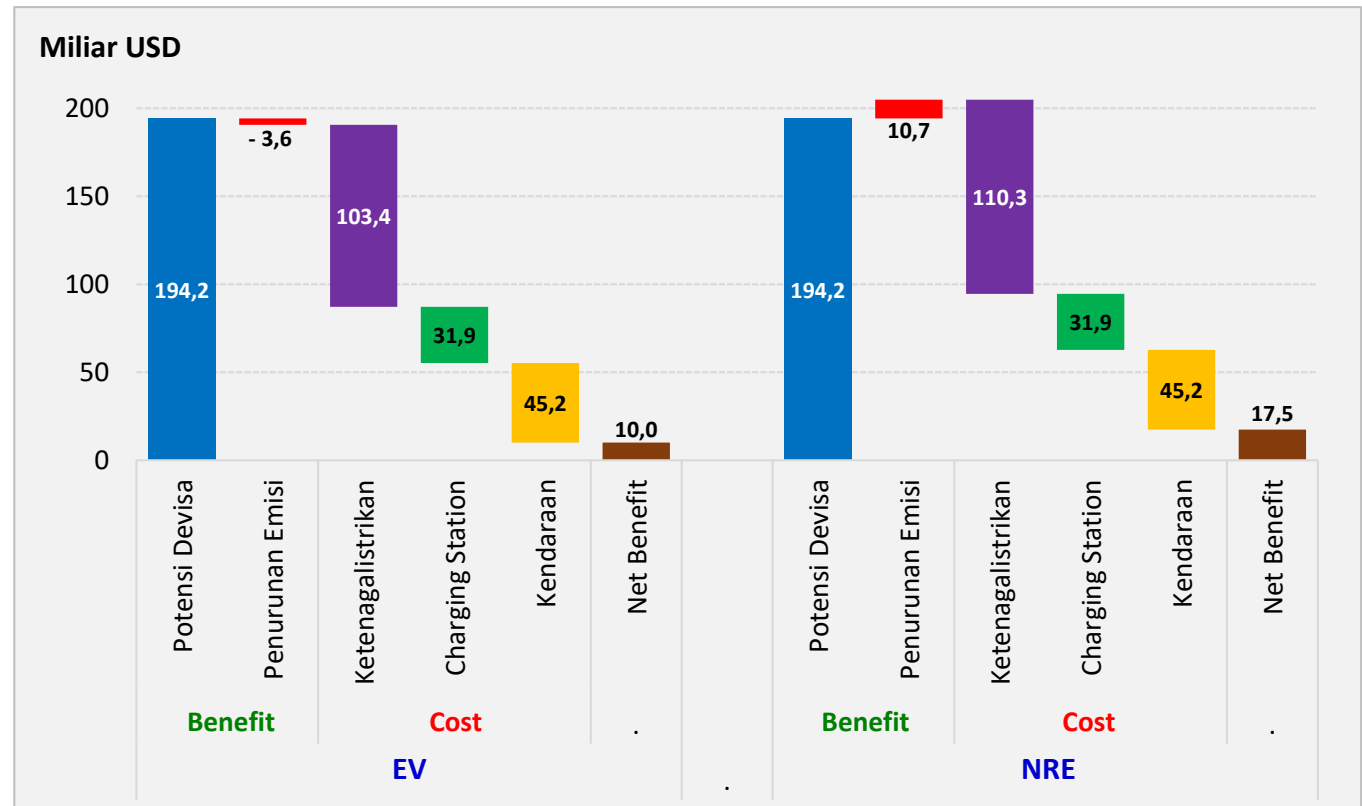


Ringkasan Analisis Biaya Manfaat (*Cost Benefit Analysis*)

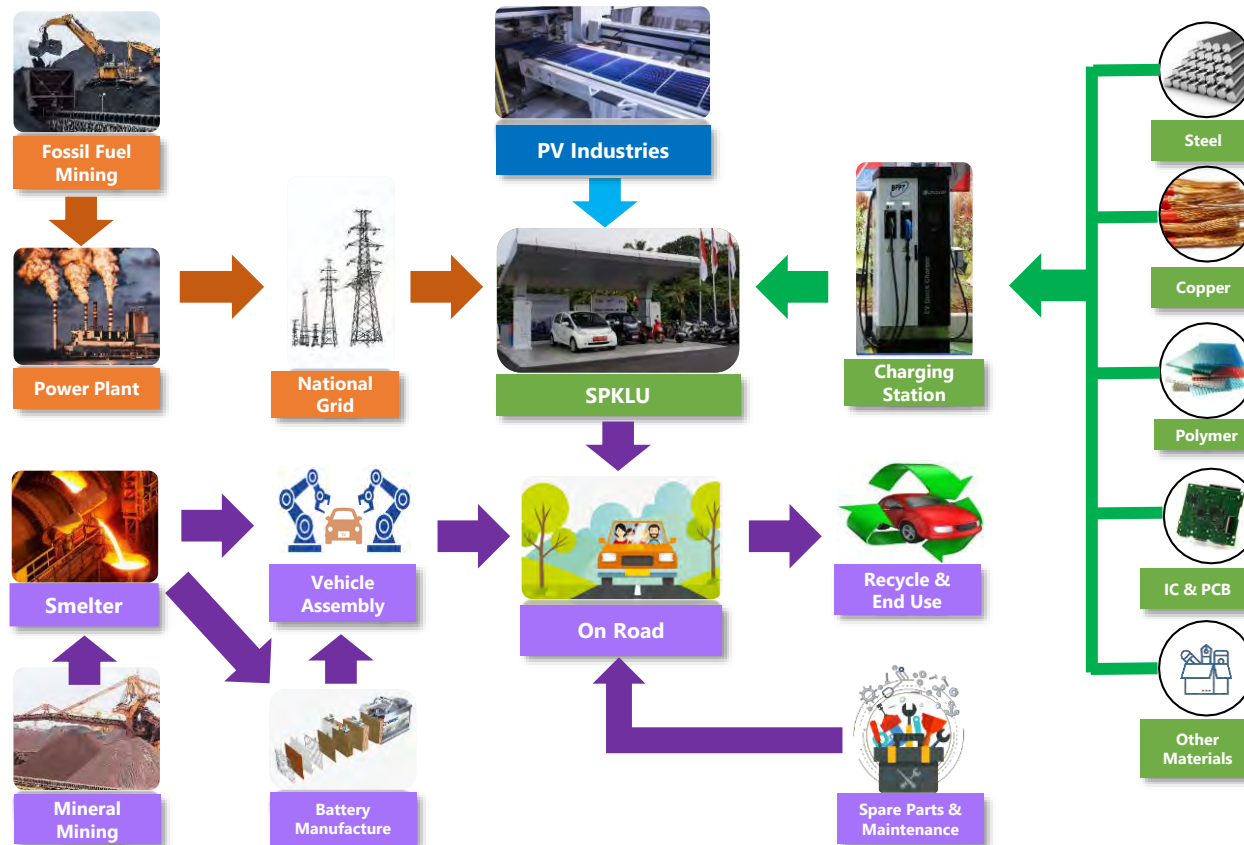
Nilai manfaat dari penurunan net impor BBM (potensi devisa) untuk kedua skenario sama, yaitu sebesar 194,2 miliar USD. Sementara itu, nilai manfaat dari penurunan emisi GRK pada skenario NRE sebesar 10,7 miliar USD, sedangkan pada skenario EV bernilai negatif. Hal ini karena adanya peningkatan emisi GRK pada skenario EV (jika dibandingkan dengan skenario BAU). Total manfaat untuk skenario NRE lebih tinggi daripada skenario EV.

Biaya untuk penyediaan listrik pada skenario NRE lebih tinggi sekitar 6,9 miliar USD daripada skenario EV. Sementara itu, biaya investasi untuk *charging station* dan investasi kendaraan untuk kedua skenario sama, masing-masing sebesar 31,9 miliar USD dan 45,2 miliar USD.

Net benefit yang diperoleh untuk masing-masing skenario bernilai positif. Hal ini menunjukkan bahwa program pemanfaatan kendaraan listrik ini baik untuk diterapkan. Analisis ini belum mempertimbangkan manfaat lain seperti peningkatan kualitas udara atau penurunan biaya kesehatan akibat polusi.



LCA Pasokan Listrik PLTS untuk Mobil Listrik



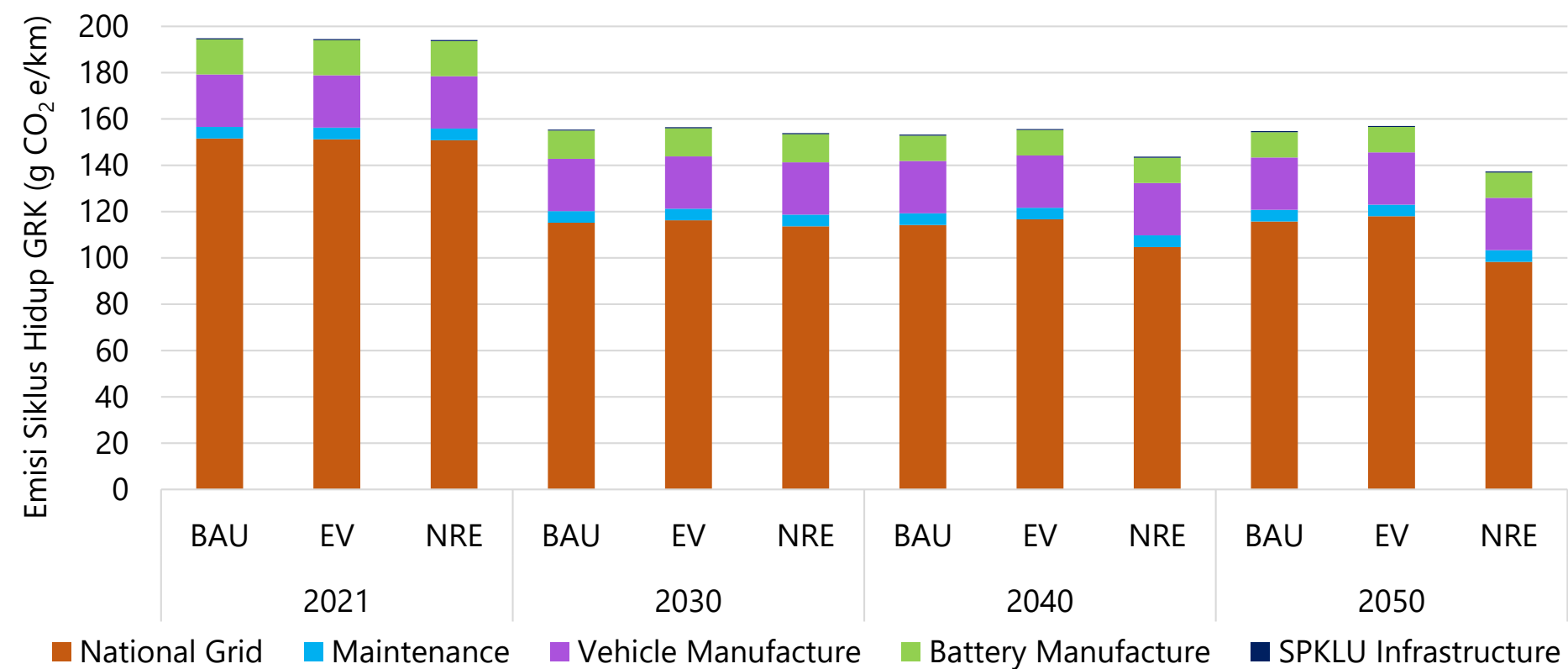
Batasan Sistem

Batasan sistem yang digunakan adalah *cradle to grave* dengan analisis dimulai dari pertambangan sampai dengan *end use* dari mobil listrik dan baterai. Simulasi penilaian siklus daur hidup (*life cycle assessment /LCA*) dibagi menjadi 4 batas sistem:

1. Sistem produksi panel PV
2. Sistem eksisting *charging station* BPPT termasuk infrastruktur pendukungnya
3. Sistem penyediaan tenaga listrik
4. Sistem produksi mobil listrik dan baterai.

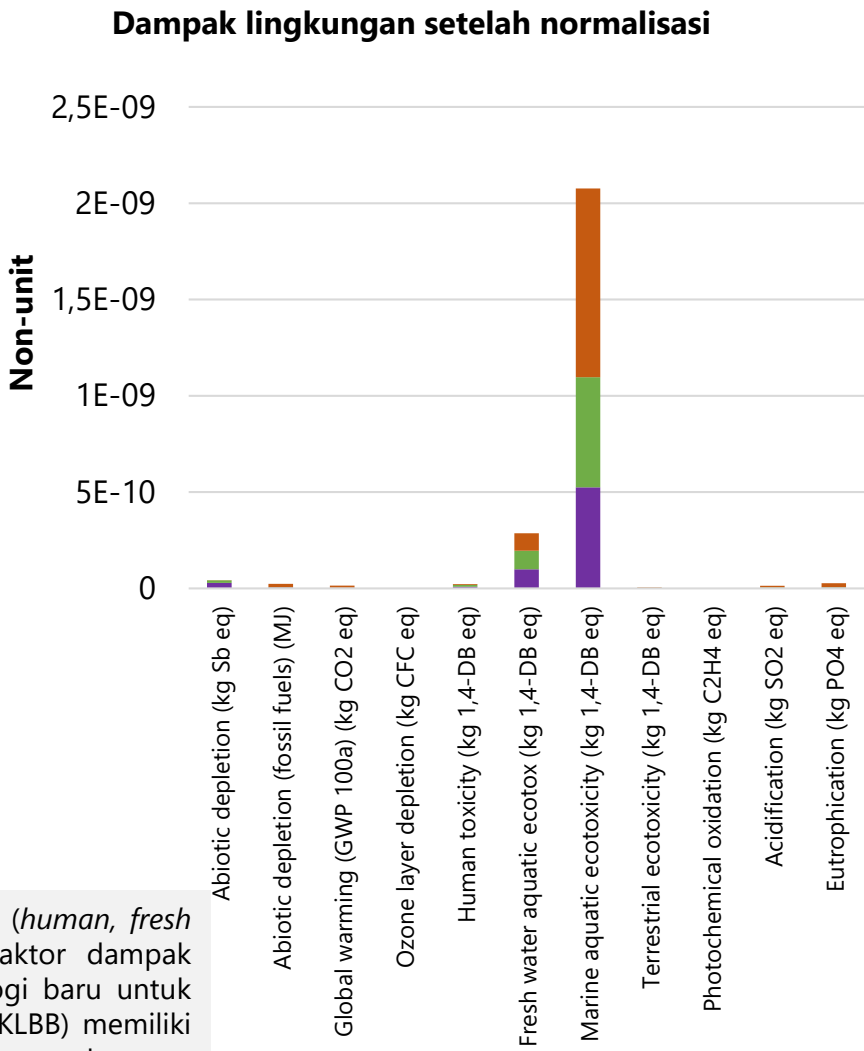
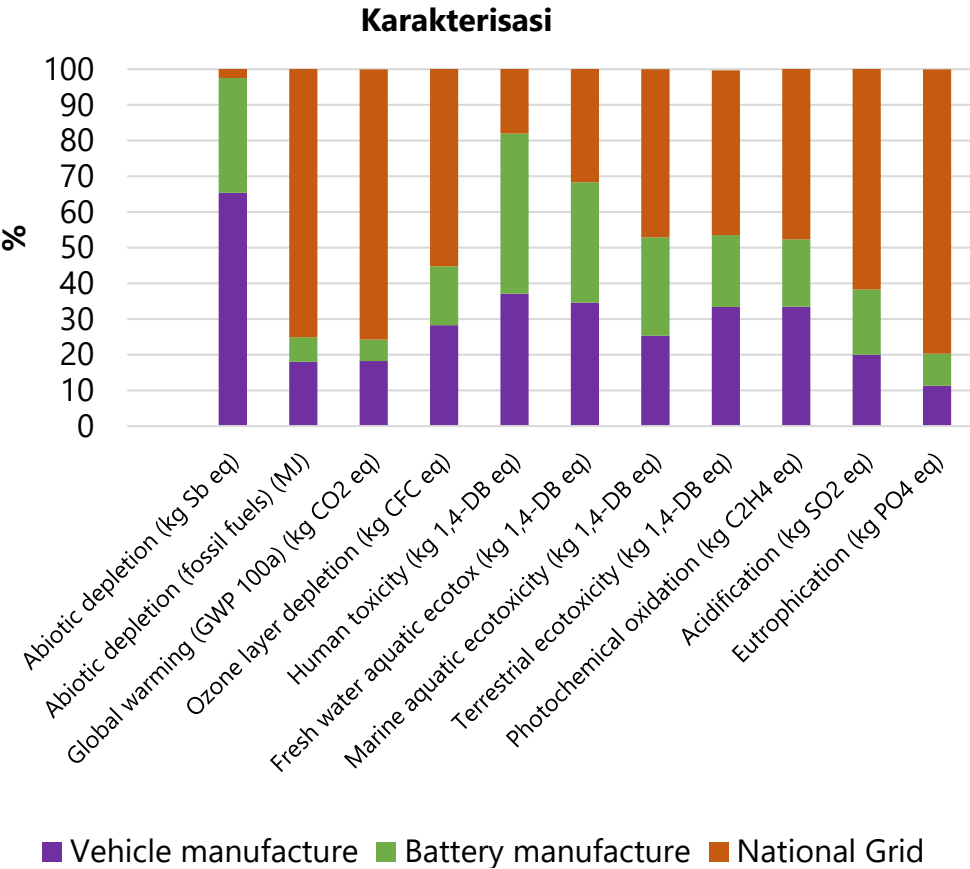
PV *cell* diasumsikan diimpor 100% dari China. Sumber listrik menggunakan skenario BAU, EV dan NRE serta baterai berbasis nikel yang difabrikasi di Indonesia.

Hasil LCA: Emisi Siklus Hidup GRK



Hasil LCA dengan 4 batasan sistem menunjukkan bahwa terjadi penurunan emisi siklus hidup dari pemanfaatan mobil listrik, dengan total 26% untuk skenario BAU, 24% untuk skenario EV, dan 35% untuk skenario NRE pada tahun 2050 dibandingkan tahun 2021. Kontribusi penyumbang emisi GRK terbesar adalah listrik yang berasal dari *Nasional Grid* dengan rasio terhadap total emisi siklus hidup di jalan sebesar 78% pada tahun 2021 dan 72% - 75% pada tahun 2050. Efisiensi baterai diasumsikan meningkat sebesar 20% pada tahun 2030.

Karakterisasi dan Normalisasi Dampak Lingkungan



Analisis dampak lingkungan setelah normalisasi menunjukkan bahwa *toxicity* (*human*, *fresh water* dan *marine aquatic*) mempunyai nilai tertinggi relatif terhadap faktor dampak lingkungan lainnya. Hal ini menjadi perhatian tersendiri mengingat teknologi baru untuk sektor transportasi, khususnya kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (KLBB) memiliki potensi dampak terhadap ekologi dan komunitas yang berasal dari aktivitas pertambangan, manufaktur, penggunaan hingga tahap akhir (*end use disposal*) dan proses daur ulang.



6 PENUTUP

Penutup

- Model energi *Low Emissions Analysis Platform* (LEAP) digunakan untuk menganalisis pengembangan energi sampai tahun 2050. Analisis dengan tiga skenario, yaitu:
 - skenario BAU merupakan kondisi tanpa intervensi baru dari pemerintah yang berhubungan dengan energi dan kendaraan listrik,
 - skenario EV memakai asumsi bahwa jumlah kendaraan listrik mengikuti target kuantitatif pengembangan industri kendaraan bermotor nasional yang tercantum dalam Permenperin No. 27/2020, dan
 - skenario NRE yang memakai asumsi yang sama dengan skenario EV dengan optimalisasi pembangkit energi baru dan terbarukan.
- Total kebutuhan energi diproyeksikan akan meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 3,5% per tahun (2019-2050). Pada skenario EV, pangsa kebutuhan energi listrik meningkat menjadi 10% (100,8 juta SBM), sedang pangsa kebutuhan bensin mengalami penurunan menjadi 20% (200,3 juta SBM) pada tahun 2050,
- Pemanfaatan kendaraan listrik akan mengurangi kebutuhan BBM sehingga untuk jangka panjang tidak diperlukan lagi penambahan kilang minyak baru setelah tahun 2030.
- Pada tahun 2050, penghematan kebutuhan bensin pada skenario EV dan NRE diperkirakan mencapai 173,8 juta SBM (29,8 juta kilo liter). Sementara itu, kebutuhan listrik diperkirakan meningkat sebesar 66,9 juta SBM (110,6 TWh) jika dibandingkan dengan skenario BAU.
- Peningkatan kapasitas pembangkit listrik energi terbarukan cukup signifikan namun terkendala oleh cadangan dan biaya pembangkitan sehingga masih dibutuhkan pembangkit fosil, khususnya batubara.
- Kapasitas PLTS pada tahun 2050 diperkirakan mencapai 36 GWp untuk memenuhi kebutuhan *ground mounted* dan *rooftop*, dan 7 GWp untuk *charging station* dalam skenario NRE.
- Net impor energi diproyeksikan akan terjadi lebih lambat (tahun 2044) karena adanya program peningkatan produksi minyak bumi dalam negeri.
- Pemanfaatan kendaraan listrik akan mengurangi emisi GRK di sektor transportasi, namun akan meningkatkan total emisi secara nasional akibat pembangkit listrik berbasis fosil. Reduksi emisi secara nasional akan terjadi jika kebutuhan energi kendaraan listrik dipenuhi oleh pembangkit listrik EBT seperti yang diasumsikan dalam skenario NRE.
- Akumulasi penurunan net impor BBM selama periode 2019-2050 diperkirakan mencapai 382,4 juta kilo liter atau sebesar 194,2 miliar USD dengan pemanfaatan kendaraan listrik pada skenario EV dan NRE.
- *Benefit* yang didapatkan dari penghematan devisa dan penurunan emisi GRK masih lebih besar dari biaya yang dikeluarkan untuk penambahan pembangkit, infrastruktur *charging station* dan pengadaan kendaraan listrik, yaitu 10 miliar USD (skenario EV) dan 17,5 miliar USD (skenario NRE).
- Berdasarkan hasil LCA terdapat penurunan total emisi GRK sebesar 35% untuk skenario NRE pada tahun 2050. Namun perlu diperhatikan dampak lingkungan lainnya, terutama *toxicity* dari produksi dan pemanfaatan baterai.

Daftar Pustaka

- 
- Adiarso, E. Hilmawan, dan A. Sugiyono (Editor) (2021) *Outlook Energi Indonesia 2020: Dampak Pandemi COVID-19 terhadap Sektor Energi di Indonesia*, Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi, BPPT, Jakarta.
- DEN (2021) *Grand Energi Strategi Nasional, Sidang Paripurna ke-5*, Dewan Energi Nasional, Jakarta.
- E.Y. Pramono (2021) *Integrasi Large Scale Solar PV Plant di Sistem Jawa Madura Bali*, PLN, Jakarta.
- EIA (2021) *Annual Energy Outlook 2021, with projections to 2050*, U.S. Energy Information Administration (EIA), Washington, DC.
- I. Fitriana, A. Sugiyono, Adiarso, E. Hilmawan (Editor) (2021) *Penguatan Ekonomi Berkelanjutan Melalui Penerapan Kendaraan Berbasis Listrik*, Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi, BPPT, Jakarta.
- I. Tsiropoulos, W. Nijs, D. Tarvydas, P. Ruiz (2020) *Towards net-zero emissions in the EU energy system by 2050, JRC Technical Report*, European Union.
- IEA (2021) *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, International Energy Agency.
- IEA (2021) *Security of Clean Energy Transitions*, International Energy Agency.
- IESR (2021) *Deep decarbonization of Indonesia's energy system: A pathway to zero emissions by 2050*, Institute for Essential Services Reform, Jakarta.
- IRENA (2021) *Renewable Power Generation Costs in 2020*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- IRENA (2021) *World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- J. C. I. Kuylensstierna, C. G. Heaps, T. Ahmed, H. W. Vallack, W. K. Hicks, M. R. Ashmore, C. S. Malley, G. Wang, E. N. Lefevre, S. C. Anenberg, F. Lacey, D. T. Shindell, U. Bhattacharjee, D. K. Henze (2020) *Development of the Low Emissions Analysis Platform – Integrated Benefits Calculator (LEAP-IBC) tool to assess air quality and climate co-benefits: Application for Bangladesh*, *Environment International*, 145 (2020) 106155.
- MEMR (2020) *Handbook of Energy Economic and Statistics of Indonesia 2019*, Ministry of Energy and Mineral Resources, Jakarta..

Daftar Pustaka



- N. Doi (2018) An Initial Analysis of Transport Energy Demand Outlook in Indonesia: Benefits and Cost of Alternative Vehicle and Implication to Electricity Sector (tentative), *Research Project Report No. 14*, The Institute of Energy Economics Japan (IEEJ).
- P. Adhiguna (2021) *Indonesia's Biomass Cofiring Bet: Beware of the Implementation Risks*, The Institute for Energy Economics and Financial Analysis, Jakarta.
- PLN (2020) *Draft Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2021-2030*, PT PLN (Persero), Jakarta.
- PLN (2020) *PLN Statistics 2019*, Perusahaan Listrik Negara (Persero), Jakarta.
- Q. Dai, J. Liu, and Q. Wei (2019) Optimal Photovoltaic/Battery Energy Storage/Electric Vehicle Charging Station Design Based on Multi-Agent Particle Swarm Optimization Algorithm, *Sustainability*, 11, 1973.
- S. Nasara (2020) Energy Transition Policy in Indonesia, Kementerian Keuangan.
- S. Suehiro and A.J. Purwanto (2020) *The Influence on Energy and the Economy of Electrified Vehicles Penetration in ASEAN*, Economic Research Institute for ASEAN and East Asia (ERIA), Jakarta.
- WEF (2020) *The Net-Zero Challenge: Fast-Forward to Decisive Climate Action*, World Economic Forum, Geneva.
- WEF (2021) *Fostering Effective Energy Transition: 2021 edition*, World Economic Forum, Geneva.
- Worldometer (2021) CO₂ Emissions by Country, <https://www.worldometers.info/co2-emissions/co2-emissions-by-country/>, diakses 15 Juli 2021.



ISBN 978-602-1328-20-0



9 786021 328200