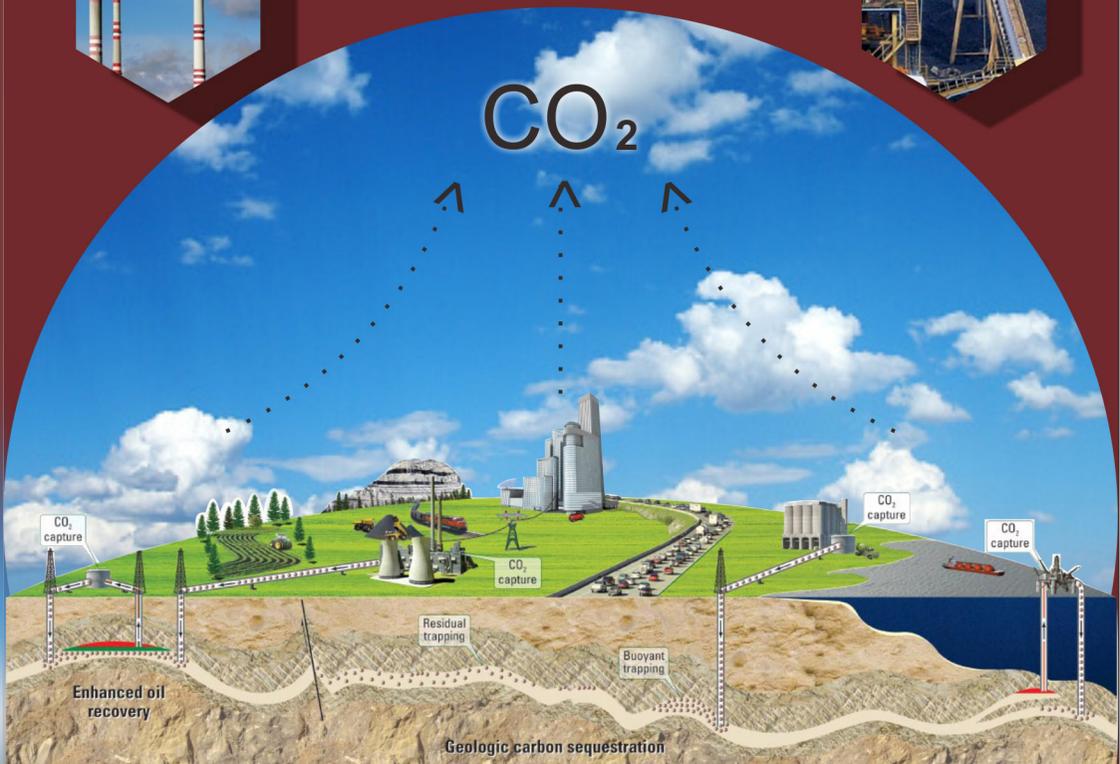


# Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi



PUSAT DATA DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL  
KEMENTERIAN ESDM  
2016



ISBN: 978-602-0836-22-5

# Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi



PUSAT DATA DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL

**2016**

# TIM PENYUSUN

**Pengarah**

Sekretaris Jenderal Kementerian ESDM  
M. Teguh Pamudji

**Penanggung Jawab**

Kepala Pusat Data dan Teknologi Informasi ESDM  
Susetyo Edi Prabowo

**Ketua**

Kepala Bidang Kajian Strategis  
Sugeng Mujiyanto

**Tim Penyusun**

Agus Supriadi  
Khoiria Oktaviani  
Agung Wahyu Kencono  
Bambang Edi Prasetyo  
Tri Nia Kurniasih  
Feri Kurniawan Sunaryo  
Catur Budi Kurniadi  
Yogi Alwendra  
Ririn Aprillia  
Indra Setiadi  
Qisthi Rabbani  
Dini Anggreani

ISBN: 978-602-0836-22-5

**Penerbit**

Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral  
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral  
Jalan Medan Merdeka Selatan Nomor 18 Jakarta Pusat 10110  
Telp. : (021) 3804242 ext 7902  
Fax. : (021) 3519882  
E-mail : [pusdatin@esdm.go.id](mailto:pusdatin@esdm.go.id)

Cetakan Pertama, Desember 2016

Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-Undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

# PRAKATA

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan ridho-Nya publikasi Kajian Data Inventory Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Energi dengan Skenario Penggunaan *Clean Coal Technology* ini dapat diselesaikan pada akhir 2016.

Kajian Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi dengan Skenario Penggunaan *Clean Coal Technology* memuat hasil inventarisasi dan evaluasi data dan informasi terkait emisi GRK serta mengetahui perkembangan emisi GRK dari sektor energi di Indonesia. Selain itu, pola perkembangan emisi GRK dari berbagai sumber energi dapat digunakan sebagai acuan atau rekomendasi dalam penyusunan kebijakan pengembangan energi yang berwawasan lingkungan.

Data-data dalam laporan ini bersumber dari *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia* (HEESI) yang dikeluarkan oleh Pusdatin ESDM. Selain itu, ada pula informasi yang diperoleh dari Ditjen Ketenagalistrikan, Ditjen EBTKE, Badan Litbang ESDM, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian Perhubungan, Bappenas, BPS, dan PT PLN (Persero).

Akhir kata, kami menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan membantu penyusunan laporan ini. Kami berharap laporan ini dapat menjadi referensi bagi para pimpinan di lingkungan Kementerian ESDM, BUMN, stakeholders, dan pihak lain dalam pengembangan kebijakan dan memberikan rekomendasi dalam rangka penurunan emisi GRK melalui rencana aksi nasional yang nyata.

Jakarta, Desember 2016

Penyusun

# UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan terima kasih kepada para profesional di bawah ini yang telah membagi waktu dan informasi yang berharga sehingga buku ini dapat diterbitkan.

- Retno Gumilang Dewi, ITB
- Ucok W. R. Siagian, ITB
- Akhmad Taufik Moekhit, ITB

## RINGKASAN EKSEKUTIF

Pada pertemuan *Conference of the Parties* (COP) ke-21 yang diselenggarakan di Paris tanggal 30 November hingga 12 Desember 2015, Presiden Joko Widodo menyampaikan komitmen Indonesia untuk menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29% di tahun 2030 dengan usaha sendiri atau sebesar 41% dengan bantuan internasional. Dari angka 29% tersebut, sektor energi mendapatkan porsi penurunan emisi GRK sebesar 314 juta ton CO<sub>2</sub>. Momentum ini menjadi dasar perubahan target bagi penurunan emisi GRK di Indonesia, dari sebelumnya sebesar 26% di tahun 2020.

Di antara kelima sektor pengguna energi, penyumbang emisi GRK terbesar sektor energi adalah pembangkit listrik, terutama yang dihasilkan dari pembakaran batubara. Oleh karena itu, kajian ini mengambil skenario pengembangan berupa penggunaan *Clean Coal Technology* (CCT) pada pembangkit listrik, di mana penambahan kapasitas PLTU berteknologi CCT mengacu pada dokumen Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN 2016-2025.

Kajian menunjukkan proyeksi emisi GRK di tahun 2030 pada kondisi BaU sebesar 998 juta ton CO<sub>2</sub>, sedangkan proyeksi emisi pada skenario pengembangan sebesar 695 juta ton CO<sub>2</sub>. Penurunan emisi yang dapat dicapai di tahun 2030 sebesar 303 juta ton CO<sub>2</sub> dan penghematan batubara yang terjadi dengan adanya PLTU berteknologi CCT (2012-2030) sebanyak 16 juta ton. Namun, masih terdapat selisih sebesar 11 juta ton CO<sub>2</sub> antara porsi penurunan emisi yang diberikan dan proyeksi penurunan emisi yang mungkin dicapai.

Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kapasitas PLTU berteknologi CCT yang direncanakan oleh PLN belum mampu berkontribusi secara signifikan dalam penurunan emisi GRK. Ada aksi mitigasi lain yang berkontribusi lebih besar dalam penurunan emisi GRK di sektor ketenagalistrikan, misalnya penggunaan *cogeneration* pada pembangkit listrik. Namun, aksi mitigasi ini belum begitu populer karena harga gas untuk PLTGU masih lebih mahal jika dibandingkan dengan harga batubara untuk PLTU. Selain itu, semua aksi mitigasi sektor energi harus terus didorong pelaksanaannya untuk membantu pencapaian target penurunan emisi GRK sektor energi.

# DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPEL .....	i
TIM PENYUSUN .....	ii
PRAKATA.....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH .....	iv
RINGKASAN EKSEKUTIF .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Maksud dan Tujuan .....	3
1.3. Ruang Lingkup Kegiatan .....	4
1.4. Penerima Manfaat .....	4
1.5. Sistematika Pelaporan.....	5
<b>BAB II    METODOLOGI</b>	
2.1. Pengumpulan Data.....	8
2.2. Studi Literatur .....	9
2.3. Model dan Skenario.....	10
2.4. <i>Focus Group Discussion</i> (FGD) .....	12
2.5. Analisis dan Evaluasi.....	12
<b>BAB III    KONSUMSI ENERGI FINAL</b>	
3.1. Data Historis Konsumsi Energi Final .....	13
3.1.1. Sektor Industri.....	15
3.1.2. Sektor Komersial.....	16
3.1.3. Sektor Rumah Tangga .....	17
3.1.4. Sektor Transportasi.....	19
3.1.5. Sektor Lainnya .....	20
3.1.6. Sektor Pembangkit Listrik .....	21
3.2. Model Konsumsi Energi Final.....	24
3.2.1. Produk Domestik Bruto (PDB) .....	25
3.2.2. Populasi .....	25
3.2.3. Harga Energi Final .....	26

3.2.4. Model Konsumsi Energi Final Sektor Industri .....	27
3.2.5. Model Konsumsi Energi Final Sektor Komersial .....	29
3.2.6. Model Konsumsi Energi Final Sektor Rumah Tangga .....	31
3.2.7. Model Konsumsi Energi Final Sektor Transportasi .....	32
3.2.8. Model Konsumsi Energi Final Sektor Lainnya .....	33
3.2.9. Proyeksi Konsumsi Energi Final .....	35
<b>BAB IV EMISI GAS RUMAH KACA SEKTOR ENERGI</b>	
4.1. Emisi GRK Saat Ini .....	39
4.1.1. Emisi GRK Sektor Industri .....	42
4.1.2. Emisi GRK Sektor Komersial .....	43
4.1.3. Emisi GRK Sektor Rumah Tangga .....	44
4.1.4. Emisi GRK Sektor Transportasi .....	45
4.1.5. Emisi GRK Sektor Lainnya .....	46
4.1.6. Emisi GRK Sektor Pembangkit Listrik.....	47
4.2. Proyeksi Emisi GRK .....	48
4.2.1. Kondisi <i>Business as Usual</i> (BaU) .....	48
4.2.2. Skenario Pengembangan .....	50
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1. Kesimpulan .....	55
5.2. Rekomendasi.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>60</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Tahapan Pelaksanaan Kegiatan .....	7
Gambar 2.2.	Struktur Model Konsumsi Energi Final .....	11
Gambar 3.1.	Konsumsi Energi Final Berdasarkan Jenisnya	14
Gambar 3.2.	Konsumsi Energi Final Sektoral .....	15
Gambar 3.3.	Konsumsi Energi Final Sektor Industri .....	16
Gambar 3.4.	Konsumsi Energi Final Sektor Komersial .....	17
Gambar 3.5.	Konsumsi Energi Final Sektor Rumah Tangga	18
Gambar 3.6.	Konsumsi Energi Final Sektor Transportasi ..	20
Gambar 3.7.	Konsumsi Energi Final Sektor Lainnya .....	21
Gambar 3.8.	Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik .....	23
Gambar 3.9.	Konsumsi Bahan Bakar Pembangkit Listrik ..	24
Gambar 3.10.	PDB Atas Dasar Harga Konstan Tahun 2000	25
Gambar 3.11.	Populasi dan PDB per Kapita Indonesia .....	26
Gambar 3.12.	Harga Energi Final per Satuan Energi .....	27
Gambar 3.13.	Validasi Model Konsumsi Energi Final Sektor Industri.....	28
Gambar 3.14.	Validasi Model Konsumsi Energi Final Sektor Komersial .....	30
Gambar 3.15.	Validasi Model Konsumsi Energi Final Sektor Rumah Tangga .....	31
Gambar 3.16.	Validasi Model Konsumsi Energi Final Sektor Transportasi.....	33
Gambar 3.17.	Validasi Model Konsumsi Energi Final Sektor Lainnya .....	34
Gambar 3.18.	Proyeksi Konsumsi Energi Final Berdasarkan Jenisnya.....	36
Gambar 3.19.	Proyeksi Konsumsi Energi Final Sektoral.....	37
Gambar 4.1.	Emisi GRK Berdasarkan Jenis Energi .....	39
Gambar 4.2.	Emisi GRK Sektoral .....	40
Gambar 4.3.	Emisi GRK Sektor Industri .....	43
Gambar 4.4.	Emisi GRK Sektor Komersial.....	44
Gambar 4.5.	Emisi GRK Sektor Rumah Tangga .....	45
Gambar 4.6.	Emisi GRK Sektor Transportasi.....	46
Gambar 4.7.	Emisi GRK Sektor Lainnya .....	47
Gambar 4.8.	Emisi GRK Pembangkit Listrik.....	48
Gambar 4.9.	Proyeksi Emisi GRK Kondisi BaU.....	50

Gambar 4.10.	Proyeksi Emisi GRK Skenario Pengembangan .....	52
Gambar 4.11.	Proyeksi Penurunan Emisi GRK Sektor Energi .....	53
Gambar 4.12.	Penurunan Emisi GRK Pembangkit Listrik ....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Target Penurunan Emisi GRK Berdasarkan Dokumen NDC Indonesia .....	2
Tabel 2.1.	Faktor Emisi BBM .....	9
Tabel 2.2.	Faktor Emisi Batubara .....	9
Tabel 2.3.	Faktor Emisi Bahan Bakar Lainnya .....	9

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kekhawatiran masyarakat dunia terhadap emisi GRK telah mendorong lahirnya *Kyoto Protocol* pada bulan Desember 1998. Berdasarkan dokumen tersebut, pada pertemuan negara-negara G20 yang diselenggarakan di Pittsburgh, September 2009, Presiden Susilo Bambang Yudhoyono menyampaikan komitmen Indonesia untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26% di tahun 2020.

Dalam usaha untuk mencapai target penurunan emisi GRK tersebut, telah dikeluarkan beberapa peraturan perundang-undangan sebagai dasar hukum pelaksanaannya di Indonesia. Pada tahun 2011, Peraturan Presiden Nomor 61 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) dan Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional telah diundangkan. Dalam Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 pasal 3 ayat (1), disebutkan bahwa inventarisasi GRK dilakukan dengan cara pemantauan dan pengumpulan data aktivitas sumber emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon, serta penetapan faktor emisi dan faktor serapan GRK.

Kesadaran dunia yang semakin besar terhadap ancaman emisi GRK kemudian melahirkan *Paris Agreement* pada COP ke-21 di Paris, 30 November hingga 12 Desember 2015. *Paris Agreement* berisi kesepakatan-kesepakatan dari negara anggota, yang pada intinya menyetujui ambang suhu berada di bawah 2°C mengarah dengan cepat ke arah 1,5°C. Indonesia sendiri baru menandatangani *Paris Agreement* pada 22 April 2016 yang diwakili oleh Menteri

Lingkungan Hidup dan Kehutanan. *Paris Agreement* ini kemudian diratifikasi melalui Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016.

Presiden Joko Widodo menyampaikan komitmen Indonesia pada COP-21 di Paris untuk menurunkan emisi GRK sebesar 29% di tahun 2030 dengan usaha sendiri atau sebesar 41% dengan bantuan internasional. Momentum ini menjadi dasar perubahan target bagi penurunan emisi GRK di Indonesia, dari sebelumnya sebesar 26% di tahun 2020. Dari angka 29% tersebut, sektor energi mendapatkan porsi penurunan emisi GRK sebesar 314 juta ton CO<sub>2</sub>.

Angka tersebut merupakan hasil perkembangan dari pertemuan COP-22 di Marrakech, 7-18 November 2016. Angka ini menjadi dasar bagi Indonesia dalam membuat dokumen *Nationally Determined Contribution* (NDC) yang diserahkan kepada *The United Nations Framework Conventions on Climate Change* (UNFCCC). Berikut ini ditunjukkan secara rinci porsi penurunan emisi GRK dari setiap sektor hasil pertemuan COP-22.

**Tabel 1.1. Target Penurunan Emisi GRK Berdasarkan Dokumen NDC Indonesia**

No.	Sektor	Emisi GRK 2010 (Juta Ton CO <sub>2</sub> e)	Emisi GRK 2030 (Juta Ton CO <sub>2</sub> e)			Penurunan Emisi GRK (Juta Ton CO <sub>2</sub> e)			
			BaU	Mitigasi 29%	Mitigasi 41%	Mitigasi 29%	% dari Total BaU	Mitigasi 41%	% dari Total BaU
1.	Energi	453,2	1.669	1.355	1.271	314	11%	398	14%
2.	Limbah	88	296	285	270	11	0,38%	26	1%
3.	IPPU	36	69,6	66,85	66,35	2,75	0,10%	3,25	0,11%
4.	Pertanian	110,5	119,66	110,39	115,86	9	0,32%	4	0,13%
5.	Kehutanan	647	714	217	64	497	17,2%	650	23%
Total		1.334	2.869	2.034	1.787	834	29%	1.081	38%

Sumber: Kementerian LHK, 2016

Dalam melaksanakan kegiatan inventarisasi data emisi GRK, Kementerian/Lembaga terkait mengacu pada Pedoman Penyusunan Penyelenggaraan Inventarisasi Emisi GRK Nasional Buku II –

Volume I yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Di dalam pedoman tersebut, dijelaskan tentang metodologi perhitungan tingkat emisi GRK pada kegiatan pengadaan dan penggunaan energi. Untuk sektor energi, saat ini kegiatan inventarisasi data emisi GRK dilakukan oleh Kementerian ESDM c.q. Pusdatin ESDM. Dalam menghitung emisi GRK sektor energi, Pusdatin ESDM menggunakan faktor emisi tier-2 untuk setiap jenis bahan bakar yang dikalikan dengan data konsumsi bahan bakar.

Selanjutnya, untuk menyusun *baseline* sektor energi yang akurat, perlu adanya dukungan hasil kegiatan inventarisasi data emisi GRK yang lengkap sebagai basis data. Dengan penetapan *baseline* sektor energi yang didukung oleh basis data yang lengkap, diharapkan akan diperoleh rencana aksi penurunan emisi GRK yang tepat dan terintegrasi sehingga tercapai target penurunan emisi GRK sektor energi melalui keterlibatan Kementerian/Lembaga terkait dan pemerintah daerah.

Berdasarkan data historis sebelumnya, pembangkit listrik menjadi sektor pengguna bahan bakar yang menyumbangkan emisi GRK terbesar di sektor energi. Hal ini disebabkan oleh konsumsi batubara yang masih dominan. Tanpa aksi mitigasi, maka pasokan batubara akan semakin menipis dan emisi GRK yang dihasilkan akan semakin besar. Kondisi ini tentu sangat bertentangan dengan komitmen Indonesia untuk menurunkan emisi. Salah satu aksi mitigasi di sektor pembangkit listrik yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar adalah penggunaan CCT. Penggunaan CCT di pembangkit listrik diharapkan mampu menurunkan emisi GRK secara signifikan sehingga target penurunan emisi GRK dapat tercapai.

## **1.2. Maksud dan Tujuan**

Pelaksanaan kegiatan ini dimaksudkan untuk menginventarisir dan mengevaluasi data dan informasi terkait emisi GRK serta mengetahui perkembangan emisi GRK sektor energi di Indonesia.

Selain bertujuan menganalisis pola perkembangan emisi GRK dari berbagai jenis bahan bakar dan sektor pengguna, diharapkan hasil kajian dapat digunakan sebagai rekomendasi dalam penyusunan kebijakan pengembangan energi yang berwawasan lingkungan. Lebih lanjut, kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kontribusi aksi mitigasi di pembangkit listrik berupa penggunaan CCT dalam menurunkan emisi GRK.

### **1.3. Ruang Lingkup Kegiatan**

Kegiatan kajian inventarisasi data emisi GRK sektor energi ini dilaksanakan secara swakelola melalui studi literatur, rapat koordinasi atau konsinyering, diskusi interaktif, kunjungan lapangan, dan *Focus Group Discussion* (FGD) dengan narasumber dan *stakeholders* terkait. Ruang lingkup kegiatan ini meliputi

- Inventarisasi data dan informasi terkait emisi GRK sektor energi melalui studi literatur, rapat koordinasi atau konsinyering, dan kunjungan lapangan.
- Analisis dan evaluasi data aktivitas sumber emisi, faktor emisi, dan hasil perhitungan emisi GRK sektor energi melalui rapat koordinasi atau konsinyering dengan para pakar atau praktisi dan *stakeholders*.
- Penyusunan usulan rekomendasi terkait hasil kajian berdasarkan skenario yang telah dibuat.
- Penyusunan laporan akhir.

### **1.4. Penerima Manfaat**

Penerima manfaat langsung kegiatan kajian inventarisasi data emisi GRK sektor energi ini adalah para pimpinan di lingkungan Kementerian ESDM, Kementerian LHK, Bappenas, dan *stakeholders* terkait.

## 1.5. Sistematika Pelaporan

Laporan dibuat berdasarkan hasil analisis mengenai penggunaan CCT di pembangkit listrik dalam menurunkan emisi GRK sektor energi. Laporan disusun dalam lima bab yang terdiri atas pendahuluan, metodologi, konsumsi energi sektoral, emisi GRK sektor energi, dan penutup. Isi dari setiap bab dijelaskan secara lebih rinci sebagai berikut.

Bab I, **Pendahuluan**, berisi lima subbab yang mencakup latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup kegiatan, penerima manfaat, dan sistematika pelaporan.

Bab II, **Metodologi**, berisi tahapan dalam pelaksanaan kajian. Tahapan yang penting adalah pengumpulan data yang diperoleh melalui studi literatur, data sekunder, masukan dari *stakeholder*, dan penggunaan model untuk proyeksi emisi GRK. Kemudian, dilakukan analisis terhadap hasil model berupa penghitungan emisi GRK dan rekomendasi dalam upaya penurunan emisi GRK sektor energi.

Bab III, **Konsumsi Energi Sektoral**, membahas secara rinci tentang konsumsi energi di sektor industri, komersial, rumah tangga, transportasi, dan lainnya. Selain itu, juga dibahas tentang konsumsi bahan bakar di pembangkit listrik serta kebijakan dan peraturan tentang energi. Pembahasan selanjutnya adalah proyeksi konsumsi energi untuk jangka panjang sebagai dasar dalam penghitungan emisi GRK. Proyeksi jangka panjang ini didasarkan pada pertumbuhan konsumsi untuk setiap jenis bahan bakar dan sektor pengguna.

Bab IV, **Emisi GRK Sektor Energi**, membahas secara rinci hasil penghitungan emisi GRK sektor energi, baik untuk saat ini maupun proyeksi jangka panjang. Berdasarkan

aksi mitigasi penggunaan CCT di pembangkit listrik, maka dapat dilihat kontribusi CCT dalam penurunan emisi GRK sektor energi di masa depan.

Bab V, **Penutup**, berisi kesimpulan dan rekomendasi. Bab ini merangkum hal-hal penting dari hasil kajian dan memberikan rekomendasi bagi pengambil kebijakan dalam upaya penurunan emisi GRK sektor energi.

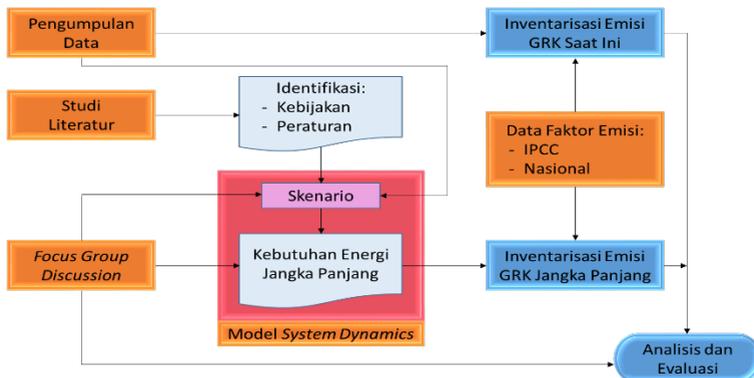
# BAB II

## METODOLOGI

Kajian ini dilakukan menggunakan metode kualitatif dan juga kuantitatif. Metode kualitatif digunakan dalam studi literatur dan kunjungan lapangan untuk melihat permasalahan dan kebijakan sektor energi saat ini. Selain itu, studi literatur juga digunakan sebagai bahan dalam pembuatan rekomendasi terkait hasil emisi GRK pada skenario pengembangan.

Metode kuantitatif digunakan dalam penghitungan emisi GRK untuk skenario BaU dan skenario pengembangan. Dalam hal ini, data sekunder diperoleh dari berbagai sumber, antara lain Ditjen Ketenagalistrikan, dokumen Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), BPS, RUPTL, dan data terkait lainnya. Data tersebut diolah dan dianalisis dalam penghitungan emisi GRK untuk melihat proyeksi pengembangan emisi GRK sektor energi di masa depan.

Tahapan pelaksanaan kegiatan ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



**Gambar 2.1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan**

## 2.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam kajian ini adalah data sekunder yang dikumpulkan dari instansi terkait, seperti unit-unit di Kementerian ESDM, Kementerian Perhubungan, Kementerian Perindustrian, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Bappenas, BPS, PT Pertamina (Persero), dan PT PLN (Persero). Data yang dikumpulkan berupa data historis tahun 2000-2015 yang meliputi

- Kebijakan dan peraturan perundang-undangan terkait sektor energi;
- Data sektor energi, seperti konsumsi energi final untuk setiap jenis bahan bakar dan sektoral serta harga energi;
- Data perekonomian, seperti produk domestik bruto (PDB) dan nilai tukar mata uang; dan
- Data demografi, seperti jumlah penduduk.

Data penting lainnya adalah faktor emisi GRK untuk setiap jenis bahan bakar. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* membagi metode penghitungan emisi GRK ke dalam tiga tingkat, seperti yang tercantum dalam *2006 IPCC Guidelines*, yaitu:

- Tier-1, emisi dari semua bahan bakar diestimasi berdasarkan jumlah yang dibakar dan faktor emisi rata-rata;
- Tier-2, emisi dari semua bahan bakar diestimasi menggunakan data bahan bakar yang sama seperti yang digunakan pada tier-1, tetapi faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi khusus suatu negara (*country-specific*);
- Tier-3, menggunakan metode spesifik suatu negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu pabrik (*plant-specific*).

Kegiatan kajian ini menggunakan faktor emisi tier-2 untuk bahan bakar minyak (BBM) dan batubara yang dikeluarkan oleh pusat penelitian dan pengembangan (puslitbang) di lingkungan Kementerian ESDM. Faktor emisi yang dikeluarkan oleh puslitbang akan diperbarui secara berkala untuk setiap jenis bahan bakar. Puslitbang Lemigas akan memperbarui faktor emisi BBM dan BBG setiap dua tahun secara bergantian, dan Puslitbang Tekmira akan memperbarui faktor emisi batubara setiap lima tahun. Faktor emisi BBG baru akan dikeluarkan tahun 2017 sehingga belum dapat digunakan saat ini. Secara lebih jelas, faktor emisi yang digunakan ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2.1. Faktor Emisi BBM**

No.	Bahan Bakar	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> (Ton/TJ)
1.	RON 92	72,60
2.	RON 88	72,97
3.	<i>Aviation Turbine Fuel</i> (Avtur)	73,33
4.	Kerosin	73,70
5.	<i>Automotive Diesel Oil</i> (ADO)	74,43
6.	<i>Industrial Diesel Oil</i> (IDO)	74,07
7.	<i>Fuel Oil</i> (FO)	75,17

Sumber: Puslitbang Lemigas, 2015

**Tabel 2.2. Faktor Emisi Batubara**

No.	Kualitas Batubara	Nilai Kalor Kotor (Kkal/Kg)	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> (Ton/TJ)
1.	Rendah	< 5.100	106,48
2.	Sedang	5.100 – 6.100	100,58
3.	Tinggi	6.100 – 7.100	94,72
4.	Sangat Tinggi	> 7.100	95,06
Rata-Rata			99,72

Sumber: Puslitbang Tekmira, 2016

**Tabel 2.3. Faktor Emisi Bahan Bakar Lainnya**

No.	Bahan Bakar	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> (Ton/TJ)
1.	<i>Aviation Gasoline</i> (Avgas)	70,00
2.	RON 95	69,30
3.	Solar 51	74,10
4.	Mogas	69,30
5.	<i>Liquefied Petroleum Gas</i> (LPG)	63,10
6.	Gas Alam	56,10

Sumber: 2006 IPCC Guidelines

## 2.2. Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk memperoleh gambaran awal dari permasalahan yang dihadapi dalam pengembangan sektor energi yang berkesinambungan. Studi literatur ini lebih fokus pada penyelesaian persoalan yang dihadapi tanpa membuat pengulangan terhadap studi yang sudah ada.

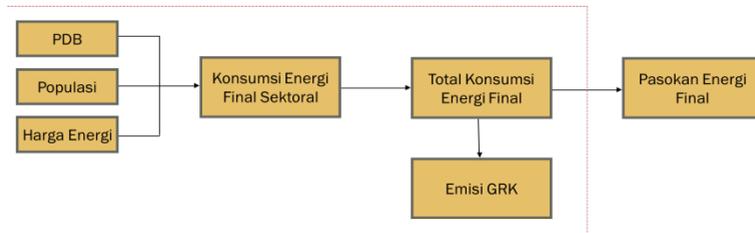
Beberapa instansi pemerintah seperti Kementerian ESDM, Kementerian Perindustrian, Kementerian Perhubungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, BPPT, BPS, Bappenas, dan organisasi internasional seperti Bank Dunia dan ASEAN Development Bank, serta para pakar yang telah melakukan studi tentang sektor energi merupakan sumber informasi yang penting untuk analisis dan penyusunan rekomendasi.

### **2.3. Model dan Skenario**

Berdasarkan temuan kondisi yang ada saat ini dan kebijakan atau program yang telah dilaksanakan, dapat dibuat proyeksi kebutuhan sektor energi jangka panjang. Kebutuhan energi ke depan akan meningkat seiring dengan meningkatnya pembangunan ekonomi dan pertumbuhan penduduk. Dengan adanya peningkatan kebutuhan energi ke depan, maka dapat dihitung juga perubahan angka emisi GRK untuk sektor energi, yang dianalisis melalui penghitungan data historis dan proyeksi. Penghitungan dan analisis dalam kajian ini menggunakan model *System Dynamics*.

Menurut Sterman (dalam *Business Dynamics*, 2000), *System Dynamics* adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan pengetahuan dalam situasi rumit yang dinamis dan dampak perlawanan kebijakan. Metode ini semakin digunakan untuk merancang berbagai kebijakan yang berhasil di perusahaan dan pengaturan kebijakan publik.

Dalam kajian ini, model *System Dynamics* digunakan untuk menggambarkan kondisi konsumsi energi final sektoral. Secara makro, variabel yang digunakan untuk membangun model adalah PDB, jumlah penduduk, dan harga energi. Selain itu, di dalam model sektoral, terdapat variabel yang hanya berlaku untuk sektor tersebut. Konsumsi energi final dari setiap sektor dijumlahkan menjadi total konsumsi energi final. Selanjutnya, total konsumsi inilah yang digunakan untuk menghitung emisi GRK sektor energi. Di sisi lain, total konsumsi energi final dapat menjadi masukan bagi model pasokan energi final. Namun, kajian ini tidak membahas model tersebut. Struktur model yang dibangun ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



**Gambar 2.2. Struktur Model Konsumsi Energi Final**

Proyeksi konsumsi energi final di masa depan dihitung berdasarkan besarnya aktivitas konsumsi energi dan besarnya konsumsi energi per aktivitas (intensitas energi). Aktivitas energi dicerminkan oleh pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk, sedangkan intensitas energi dicerminkan oleh jumlah penduduk dalam waktu tertentu atau PDB. Intensitas energi merupakan rasio antara tingkat konsumsi energi dan pendapatan atau jumlah penduduk.

Pembangunan ekonomi di masa depan memiliki sejumlah ketidakpastian. Oleh karena itu, untuk menangkap dinamika tersebut, perlu dikembangkan beberapa skenario. Informasi mengenai variabel ekonomi, demografi, dan karakteristik energi digunakan untuk membuat alternatif skenario. Selanjutnya, skenario-skenario tersebut digunakan untuk memprakirakan kondisi masa depan. Skenario dibuat berdasarkan perubahan kondisi suatu negara, melalui penggabungan isu-isu yang terkait dengan kebijakan pembangunan nasional, seperti pertumbuhan ekonomi, modifikasi struktur ekonomi, perubahan demografi, perbaikan taraf hidup (kepemilikan rumah, kendaraan, dan elektrifikasi), kemajuan teknologi, dan efisiensi penggunaan energi.

Proyeksi emisi GRK sektor energi di masa depan menggunakan skenario penggunaan CCT di pembangkit listrik tenaga uap berbahan bakar batubara (PLTU-B). Data yang digunakan untuk menjalankan skenario sesuai dengan yang tercantum dalam Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN tahun 2016-2025. PLTU-B berteknologi CCT yang akan beroperasi di rentang tahun tersebut diidentifikasi kapasitas dan lokasinya. Selanjutnya, dilakukan analisis untuk mendapatkan efisiensi konsumsi batubara dan penurunan emisi GRK yang dapat dicapai sebagai akibat dari penggunaan CCT.

Proyeksi konsumsi energi final dan emisi GRK sektor energi dibuat hingga tahun 2030, berdasarkan target penurunan emisi GRK yang disampaikan oleh Presiden Joko Widodo pada pertemuan COP-21 sebesar 29% di tahun 2030.

## **2.4. Focus Group Discussion (FGD)**

FGD dilakukan bersama para pemangku kepentingan dan pakar di bidangnya untuk membahas permasalahan pengembangan sektor energi yang berkesinambungan. Pembahasan meliputi kebijakan dan regulasi yang sudah dikeluarkan oleh pemerintah, seperti undang-undang, peraturan presiden, peraturan pemerintah, dan peraturan menteri, serta implementasinya. Regulasi tersebut akan dilihat secara objektif mengenai konsistensi dengan peraturan lain, tingkat kesulitan dalam implementasi, dan keadilan terhadap semua pihak.

Dalam kajian ini, dibahas juga masalah penetapan faktor emisi GRK sektor energi, struktur model konsumsi energi final, dan hasil penghitungan emisi GRK, serta tingkat keberhasilan dan rasionalitas terhadap hasil skenario yang dibuat. Para pemangku kepentingan dan pakar ini dipilih berdasarkan keterkaitan dengan sektor energi, baik dari sisi pelaku usaha maupun pembuat kebijakan, agar diperoleh hasil analisis yang komprehensif.

## **2.5. Analisis dan Evaluasi**

Sebelum menyusun rekomendasi, dilakukan analisis dan evaluasi terlebih dulu terhadap data yang telah diolah. Emisi GRK sektor energi dihitung berdasarkan data-data yang diperoleh melalui studi literatur dan FGD. Selain itu, data-data tersebut digunakan sebagai masukan dalam pembuatan model. Kemudian, dilakukan analisis dan evaluasi terhadap hasil model, baik untuk skenario dasar maupun skenario pengembangan. Dari hasil analisis dan evaluasi, dapat dirumuskan rekomendasi kebijakan yang tajam dan dapat diimplementasikan. Keseluruhan pembahasan ini dituangkan dalam laporan akhir yang dapat digunakan sebagai acuan bagi para pemangku kepentingan dan pembuat kebijakan.

# BAB III

## KONSUMSI ENERGI FINAL

Secara umum, konsumen energi dibagi menjadi lima sektor pengguna, yaitu sektor industri, komersial, rumah tangga, transportasi, dan lainnya. Dalam kajian ini, energi yang dimaksud adalah energi final secara keseluruhan, baik energi fosil (minyak, gas, dan batubara) maupun energi baru dan terbarukan (EBT). Konsumsi energi fosil menimbulkan emisi GRK, sedangkan konsumsi EBT tidak.

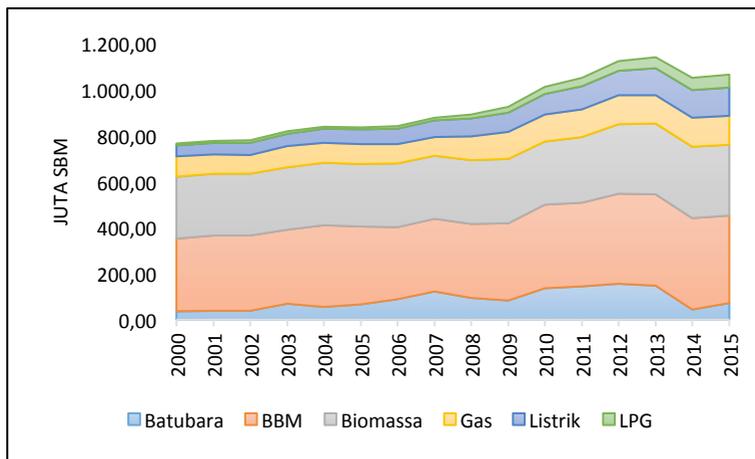
Konsumsi energi untuk setiap sektor dilihat pada kondisi saat ini dan proyeksi jangka panjang. Selain melibatkan kelima sektor di atas, pembahasan kali ini juga melibatkan sektor pembangkit listrik sebagai penghasil emisi GRK terbesar. Emisi GRK di pembangkit listrik dihitung berdasarkan konsumsi bahan bakarnya. Selanjutnya, pembuatan proyeksi didasarkan pada perkembangan kondisi sosial, ekonomi, dan energi menggunakan model *System Dynamics*.

### 3.1. Data Historis Konsumsi Energi Final

Konsumsi energi final di Indonesia terus mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya kegiatan ekonomi di semua sektor pengguna. Dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 2,53% per tahun, total konsumsi energi final di tahun 2015 mencapai 1.033,24 juta setara barel minyak (SBM). BBM masih mendominasi konsumsi energi final dengan pangsa sebesar 36,79%, lalu diikuti oleh biomassa sebesar 29,95%, listrik 12,03%, gas 9,17%, batubara 6,80%, dan LPG 5,26%.

Pangsa konsumsi BBM ini menurun jika dibandingkan dengan tahun 2000 yang sebesar 43,87%. Meskipun demikian, hal ini menunjukkan bahwa teknologi pemanfaatan energi di Indonesia masih mengandalkan BBM sebagai bahan bakar. Pangsa konsumsi BBM dan biomassa di tahun 2015 menurun jika dibandingkan dengan tahun 2000, berbeda dengan batubara, gas, listrik, dan LPG yang mengalami peningkatan. Konsumsi energi final yang dihitung

dalam kajian ini tidak termasuk dengan produk minyak lainnya. Secara rinci, konsumsi energi final berdasarkan jenisnya ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

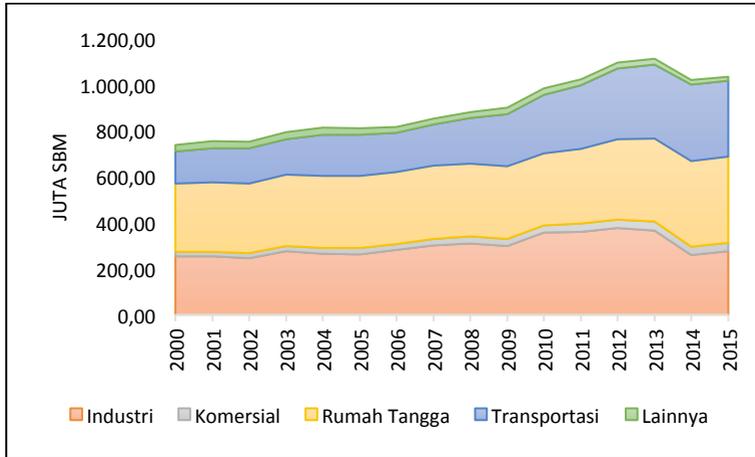


Sumber: HEESI, 2016 (edisi Juli)

### Gambar 3.1 Konsumsi Energi Final Berdasarkan Jenisnya

Berdasarkan sektor pengguna, konsumsi energi final di tahun 2015 didominasi oleh sektor rumah tangga, yaitu mencapai 373,79 juta SBM dengan pangsa sebesar 36,18%. Angka ini menurun jika dibandingkan dengan tahun 2000 yang pangsa sebesar 40,21%. Sektor transportasi menempati urutan kedua dengan pangsa sebesar 31,88%, lalu diikuti oleh sektor industri sebesar 26,61%, komersial 3,70%, dan lainnya 1,64%. Pangsa konsumsi energi final sektor industri, rumah tangga, dan lainnya di tahun 2015 menurun jika dibandingkan dengan tahun 2000. Sebaliknya, untuk sektor komersial dan transportasi mengalami peningkatan.

Secara rinci, konsumsi energi final berdasarkan sektor pengguna ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Sumber: HEESI, 2016 (edisi Juli)

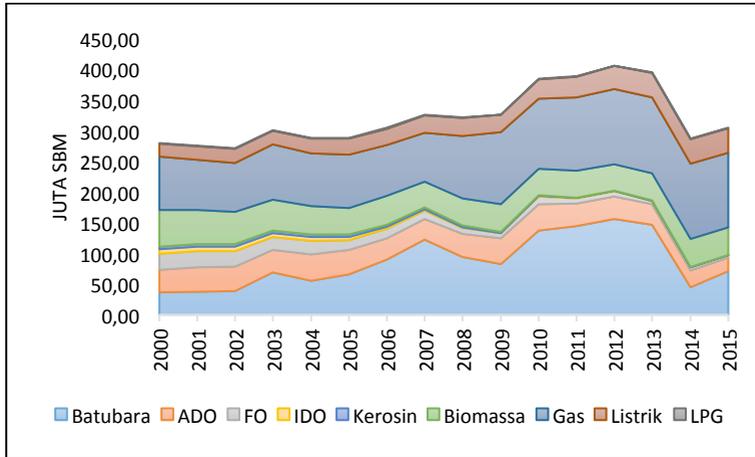
### Gambar 3.2. Konsumsi Energi Final Sektorial

Berikut ini akan dijelaskan secara rinci mengenai kondisi bauran konsumsi energi final sektoral ditambah dengan pembangkit listrik sehingga dapat memberikan gambaran tentang konsumsi, aktivitas, teknologi, dan intensitas energi untuk setiap sektor pengguna.

#### 3.1.1. Sektor Industri

Konsumsi energi final sektor industri mengalami peningkatan, dari sebesar 278,85 juta SBM di tahun 2000 menjadi 304,05 juta SBM di tahun 2015 dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 1,07% per tahun. Sektor industri lebih banyak menggunakan gas daripada energi final lain di tahun 2015, yaitu sebesar 40,15%. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi yang digunakan di sektor industri cukup ramah lingkungan.

Selanjutnya, energi final lain yang juga dikonsumsi adalah batubara sebesar 23,11%, biomassa 14,74%, listrik 12,92%, BBM 8,81%, dan LPG 0,26%. Jenis BBM yang dikonsumsi di sektor ini antara lain minyak solar (ADO), minyak bakar (FO), minyak diesel (IDO), dan kerosin. Secara rinci, konsumsi energi final sektor industri ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Sumber: HEESI, 2016 (edisi Juli)

### Gambar 3.3. Konsumsi Energi Final Sektor Industri

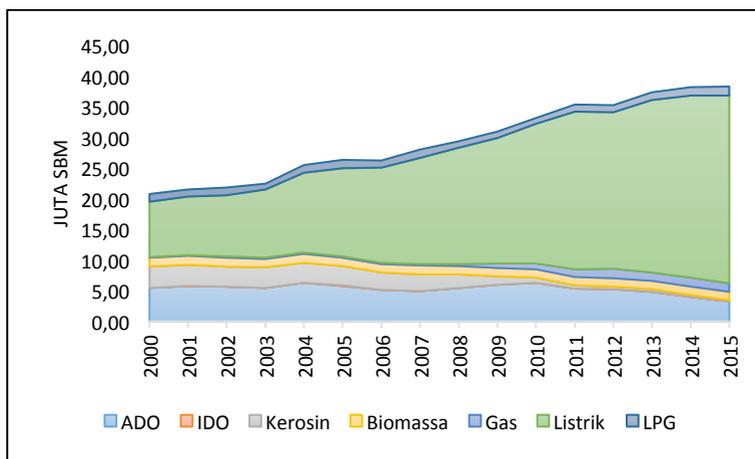
Meskipun gas paling banyak dikonsumsi di tahun 2015, rata-rata pertumbuhannya hanya sebesar 2,65% per tahun. Berbeda halnya dengan batubara yang memiliki rata-rata pertumbuhan konsumsi sebesar 12,12% per tahun. Hal ini memungkinkan pertumbuhan konsumsi batubara yang lebih tinggi dari konsumsi gas di masa depan. Untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan dari hal tersebut, teknologi yang dapat mengolah batubara menjadi lebih ramah lingkungan, seperti gasifikasi dan pencairan batubara dapat dipertimbangkan. Sementara itu, konsumsi BBM secara perlahan mulai berkurang dengan rata-rata sebesar 6,14% per tahun.

#### 3.1.2. Sektor Komersial

Seperti halnya konsumsi energi pada sektor industri, konsumsi energi final sektor komersial mengalami peningkatan yang signifikan, dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 5,76% per tahun, dari sebesar 20,67 juta SBM di tahun 2000 meningkat menjadi 38,19 juta SBM di tahun 2015. Sektor komersial lebih banyak menggunakan listrik daripada energi final lain di tahun 2015, yaitu sebesar 80,07%. Hal ini dapat terjadi karena listrik banyak digunakan pada bangunan usaha yang termasuk ke dalam sektor komersial, seperti hotel, restoran, komunikasi, keuangan, dan jasa. Selanjutnya, energi final

lain yang juga dikonsumsi adalah BBM sebesar 8,30%, LPG 3,78%, gas 3,76%, dan biomassa 3,68%. Jenis BBM yang dikonsumsi di sektor ini antara lain minyak solar (ADO), minyak diesel (IDO), dan kerosin.

Pangsa konsumsi listrik yang besar ini juga didukung oleh pertumbuhannya yang besar, yaitu rata-rata sebesar 8,62% per tahun. Meskipun demikian, gas merupakan energi final yang paling cepat pertumbuhannya dengan rata-rata sebesar 19,56% per tahun. Kemudian, sama halnya dengan sektor industri, konsumsi BBM di sektor komersial juga berkurang secara perlahan dengan rata-rata sebesar 2,92% per tahun. Hal ini disebabkan oleh adanya peralihan konsumsi dari BBM ke gas yang lebih murah dan ramah lingkungan. Secara rinci, konsumsi energi final sektor komersial ditunjukkan pada gambar 3.4 berikut.



Sumber: HEESI, 2016 (edisi Juli)

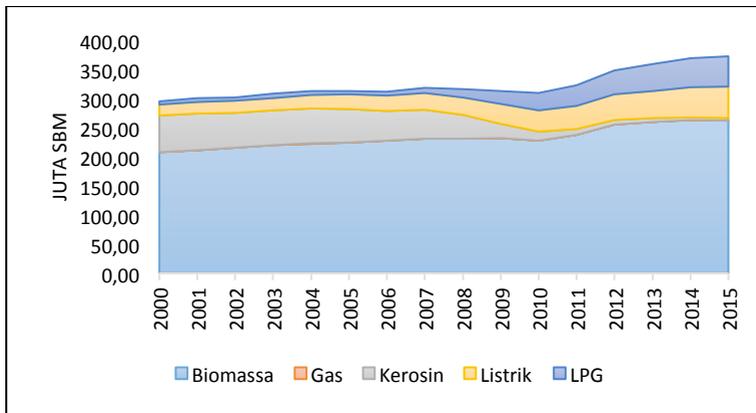
**Gambar 3.4 Konsumsi Energi Final Sektor Komersial**

### 3.1.3. Sektor Rumah Tangga

Walaupun tidak sebesar peningkatan pada sektor komersial, konsumsi energi final sektor rumah tangga rata-rata tumbuh sebesar 1,58% per tahun dalam kurun 2000-2015. Data tahun 2000 menunjukkan konsumsi energi final sektor ini mencapai 296,57 juta

SBM dan naik menjadi 373,79 juta SBM pada 2015. Sektor rumah tangga lebih banyak menggunakan biomassa daripada energi final lain di tahun 2015, yaitu sebesar 70,43%. Masih banyaknya rumah tangga, khususnya di pedesaan, yang menggunakan kayu bakar (biomassa) untuk memasak menjadikan angka penggunaan biomassa sektor rumah tangga masih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa sebagai konsumen energi final terbesar, sektor rumah tangga telah ikut berperan dalam penggunaan energi yang ramah lingkungan.

Selanjutnya, energi final lain yang juga dikonsumsi pada sektor ini adalah listrik sebesar 14,54%, LPG 13,95%, kerosin 1,04%, dan gas 0,03%. Gambar 3.5 berikut menggambarkan secara rinci konsumsi energi final sektor rumah tangga.



Sumber: HEESI, 2016 (edisi Juli)

### Gambar 3.5. Konsumsi Energi Final Sektor Rumah Tangga

Konsumsi kerosin terus berkurang rata-rata sebesar 15,69% per tahun dan digantikan oleh konsumsi LPG yang terus meningkat dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 17,34% per tahun. Kebijakan pemerintah menerapkan konversi kerosin ke LPG pada tahun 2007 yang berjalan hingga sekarang dinilai efektif menurunkan ketergantungan terhadap kerosin. Namun, di sisi lain, pangsa gas yang masih kecil menunjukkan belum banyak daerah yang memiliki akses untuk mendapatkan gas rumah tangga. Hal ini dapat menjadi pertimbangan bagi pemerintah untuk mempercepat pembangunan jaringan pipa gas kota di seluruh wilayah di Indonesia.

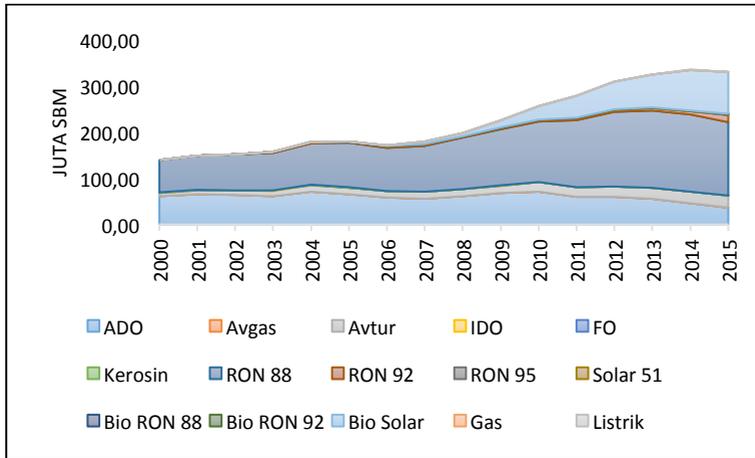
### 3.1.4. Sektor Transportasi

Di antara kelima sektor pengguna, konsumsi energi final sektor transportasi menunjukkan angka pertumbuhan terbesar, meningkat dari sebesar 139,18 juta SBM di tahun 2000 menjadi 329,41 juta SBM di tahun 2015 dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 6,06% per tahun. Sektor transportasi lebih banyak menggunakan BBM daripada energi final lain di tahun 2015, yaitu sebesar 72,41%. Jenis BBM yang dikonsumsi antara lain minyak solar (ADO), avgas, avtur, minyak diesel (IDO), minyak bakar (FO), kerosin, RON 88, RON 92, RON 95, dan solar 51.

Di antara semua jenis BBM tersebut, RON 88 menjadi yang paling banyak dikonsumsi. Hal ini menunjukkan bahwa jenis transportasi yang mendominasi penggunaan bahan bakar adalah angkutan jalan raya, yaitu sepeda motor dan mobil. Selanjutnya, energi final lain yang juga dikonsumsi adalah bahan bakar nabati (BBN) sebesar 27,48%, gas 0,07%, dan listrik 0,04%. Jenis BBN yang dikonsumsi antara lain bio-RON 88, bio-RON 92, dan biosolar.

Sejak diperkenalkan pada tahun 2006, konsumsi BBN hingga kini terus meningkat dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 77,93% per tahun. Terlebih lagi, BBN yang banyak dikonsumsi adalah biosolar. Hal ini merupakan dampak dari kebijakan kewajiban minimal pemanfaatan BBN sebagai campuran BBM yang ditetapkan oleh pemerintah kepada badan usaha niaga BBM di tahun 2008. Kebijakan tersebut terus diperbarui dengan terus meningkatkan angka kewajiban minimalnya. Berdasarkan Peraturan Menteri Nomor 12 Tahun 2015, kewajiban minimal pemanfaatan biosolar sebagai campuran BBM di sektor transportasi adalah sebesar 20% pada bulan Januari 2016 dan harus meningkat menjadi sebesar 30% pada bulan Januari 2020.

Peningkatan konsumsi BBN ini salah satunya berakibat pada penurunan konsumsi BBM rata-rata sebesar 3,80% per tahun. Secara rinci, konsumsi energi final sektor transportasi ditunjukkan pada gambar 3.6 di bawah ini.



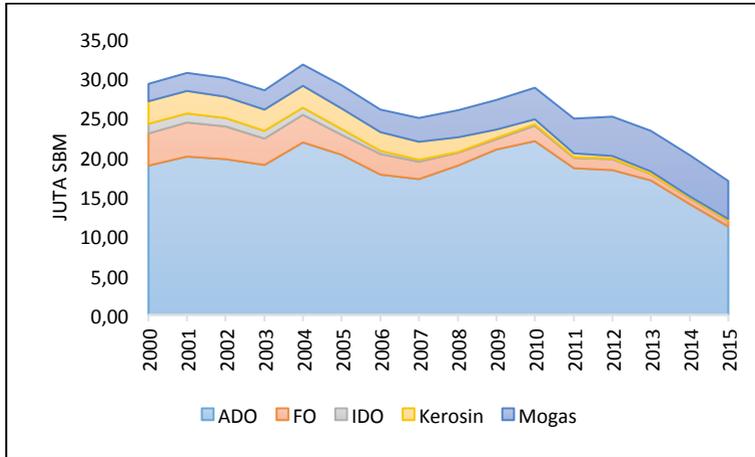
Sumber: HEESI, 2016 (edisi Juli)

### Gambar 3.6. Konsumsi Energi Final Sektor Transportasi

Konsumsi gas di sektor transportasi tergolong kecil karena penggunaan gas sebagai bahan bakar kendaraan, khususnya untuk transportasi umum, terbatas pada kota-kota yang memiliki jaringan pipa gas, seperti Jakarta, Palembang, dan Surabaya. Serupa dengan yang terjadi pada gas, konsumsi listrik di sektor transportasi bahkan menjadi yang paling kecil. Hal ini dikarenakan penggunaan listrik terbatas pada kereta api rel listrik (KRL) yang hanya beroperasi di wilayah Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi (Jabodetabek).

### 3.1.5. Sektor Lainnya

Berbeda dengan keempat sektor sebelumnya, konsumsi energi final sektor lainnya (pertanian, konstruksi, dan pertambangan) justru mengalami penurunan rata-rata sebesar 3,23% per tahun, dari sebesar 29,22 juta SBM di tahun 2000 menjadi 16,95 juta SBM di tahun 2015. Semua bahan bakar yang digunakan di sektor lainnya berasal dari jenis BBM, di antaranya minyak solar (ADO), minyak bakar (FO), minyak diesel (IDO), kerosin, *motor gasoline* (mogas).



Sumber: HEESI, 2016 (edisi Juli)

### Gambar 3.7. Konsumsi Energi Final Sektor Lainnya

Gambar 3.7 menunjukkan konsumsi energi final sektor lainnya (pertanian, konstruksi, dan pertambangan) yang masih didominasi oleh penggunaan minyak solar sebagai bahan bakar, mencapai 65,89% dari total konsumsi energi final sektor lainnya pada tahun 2015. Namun, jumlah konsumsi solar ini menunjukkan porsi yang semakin menurun dengan rata-rata penurunan sebesar 2,87% per tahun (2000-2015). Sementara itu, konsumsi mogas di sektor ini terus meningkat dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 5,72% per tahun.

#### 3.1.6. Pembangkit Listrik

Selain kelima sektor pengguna yang telah dibahas sebelumnya, pembangkit listrik juga ikut dilibatkan dalam kajian ini, mengingat pembangkit listrik banyak menggunakan energi final sebagai bahan bakar dalam proses pembangkitannya. Selain itu, listrik juga merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas hidup dan menjadi penggerak bagi perekonomian negara.

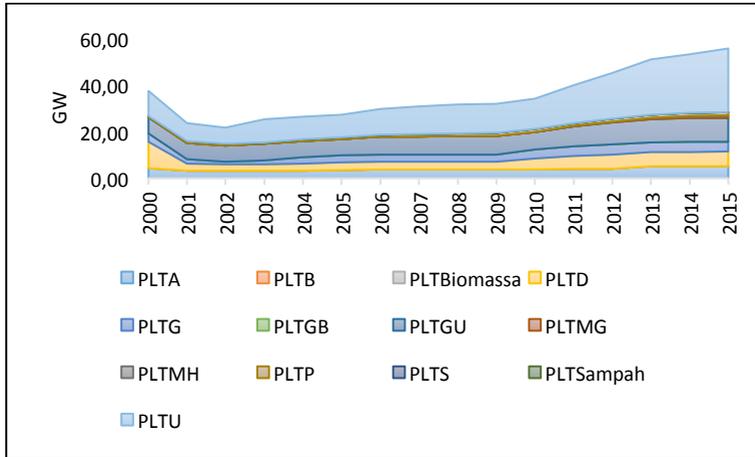
Pasokan listrik yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat saat ini berasal dari pembangkit listrik milik PT PLN (Persero), pembangkit listrik swasta (*independent power*

*producer/IPP*), dan pembangkit listrik milik warga yang tidak terkoneksi ke pembangkit listrik milik PLN (*off grid*). Namun, keberadaan pembangkit listrik *off grid* ini tidak tercatat sehingga tidak dapat diketahui jumlah kapasitasnya secara pasti.

Jumlah kapasitas terpasang pembangkit listrik nasional terus meningkat dari tahun ke tahun, dari sebesar 37,29 GW pada tahun 2000 menjadi 55,53 GW pada 2015. Rata-rata penambahan kapasitas terpasang nasional mencapai 3,63% per tahun (2000-2015). PLTU mendominasi kapasitas terpasang pembangkit listrik dengan pangsa sebesar 49,02%, lalu diikuti oleh PLTGU sebesar 18,27%, PLTD 11,30%, PLTA 9,15%, PLTG 7,76%, PLTP 2,59%, PLTMG 1,47%, PLTMH 0,33%, PLT sampah 0,06%, PLTS 0,03%, dan PLT gasifikasi batubara 0,01%. Sementara itu PLTB dan PLT biomassa mencatatkan angka yang sangat kecil, dimungkinkan karena kedua jenis pembangkit ini banyak dimiliki oleh pihak swasta (*off grid*).

Pada umumnya, semua jenis pembangkit listrik mengalami penambahan kapasitas setiap tahunnya, kecuali PLT gasifikasi batubara yang justru mengalami penurunan kapasitas rata-rata sebesar 21,34% per tahun. Sementara itu, PLTU mengalami penambahan kapasitas paling besar dengan rata-rata sebesar 7,60% per tahun. Secara rinci, kapasitas terpasang pembangkit listrik ditunjukkan pada gambar 3.8.

Berdasarkan data historis sebelumnya, pembangkit listrik merupakan penyumbang emisi GRK terbesar sehingga konsumsi bahan bakar berperan besar di dalamnya. Namun, konsumsi bahan bakar yang dibahas hanya berasal dari pembangkit listrik PLN.

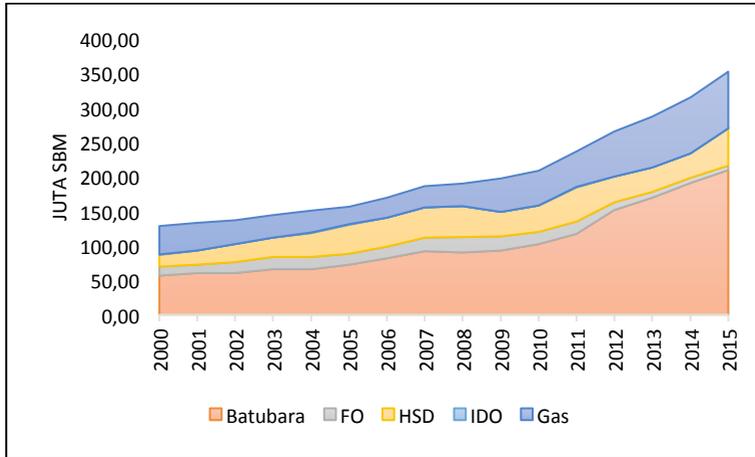


Sumber: HEESI, 2016 (edisi Juli)

**Gambar 3.8. Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik**

Penggunaan bahan bakar di pembangkit listrik meningkat setiap tahunnya dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 7,04% per tahun, dari sebesar 127,81 juta SBM pada tahun 2000 menjadi 351,47 juta SBM pada 2015. Konsumsi bahan bakar di tahun 2015 didominasi oleh batubara dengan pangsa sebesar 59,62%, diikuti oleh gas (23,33%) dan BBM (17,06%). Jenis BBM yang digunakan di pembangkit listrik antara lain minyak bakar (FO), minyak solar (HSD), dan minyak diesel (IDO).

Gambar 3.9 menunjukkan grafik peningkatan konsumsi bahan bakar pada pembangkit listrik untuk masing-masing jenis energi final. Peningkatan konsumsi bahan bakar terjadi seiring dengan adanya penambahan kapasitas pembangkit listrik guna meningkatkan rasio elektrifikasi nasional dan memenuhi kebutuhan listrik yang semakin besar. Dalam target 10 GW ataupun 35 GW, porsi batubara masih dominan sehingga konsumsi batubara di sektor pembangkit listrik meningkat seiring dengan penambahan kapasitas PLTU. Di sisi lain, penggunaan BBM sebagai bahan bakar di pembangkit listrik mulai dikurangi dan digantikan oleh batubara dan sumber energi lainnya.



Sumber: HEESI, 2016 (edisi Juli)

**Gambar 3.9. Konsumsi Bahan Bakar Pembangkit Listrik**

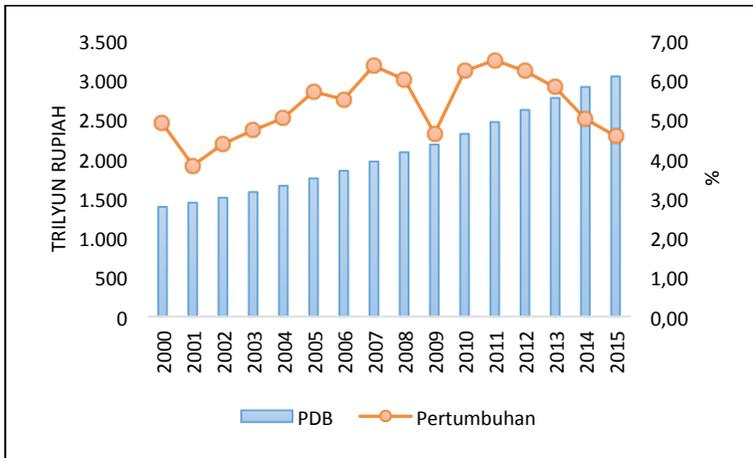
### 3.2. Model Konsumsi Energi Final

Konsumsi energi sektoral yang telah dibahas sebelumnya dibangun dari sebuah model *System Dynamics*. Model ini dipilih untuk menggambarkan pengaruh antarvariabel dan tren perkembangan konsumsi energi final yang bersifat dinamis terhadap waktu. Validasi model dilakukan dengan melihat kesesuaian antara perilaku setiap variabel yang dihasilkan oleh model dan data historis. Jika perilaku yang ditunjukkan oleh model sesuai dengan data historis, maka model tersebut valid. Selain itu, model ini juga dapat menggambarkan dampak kebijakan yang telah atau akan diterapkan terhadap perilaku masyarakat melalui skenario yang dibuat.

Dalam kajian ini, variabel yang digunakan untuk menggambarkan konsumsi energi final secara makro adalah PDB, populasi, dan harga energi final. Berikut ini akan dibahas terlebih dahulu mengenai perkembangan dari variabel-variabel tersebut hingga saat ini. Selanjutnya, akan dibahas mengenai hasil model konsumsi energi final sektoral.

### 3.2.1. Produk Domestik Bruto (PDB)

PDB yang dimaksud dalam kajian ini adalah PDB atas dasar harga konstan tahun 2000. PDB Indonesia terus meningkat dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 5,34% per tahun, dari sebesar 1.390 trilyun rupiah di tahun 2000 menjadi 3.042 trilyun rupiah di tahun 2015. Meskipun demikian, pertumbuhan PDB dalam rentang tahun tersebut sempat beberapa kali mengalami penurunan, yaitu pada tahun 2001, 2006, 2009, dan 2012 hingga sekarang. Pertumbuhan PDB tahun 2015 sebesar 4,57%. Peningkatan PDB ini menjadi salah satu faktor penyebab meningkatnya konsumsi energi final secara keseluruhan. Grafik perkembangan PDB atas dasar harga konstan tahun 2000 ditunjukkan oleh gambar 3.10.



Sumber: BPS, 2016

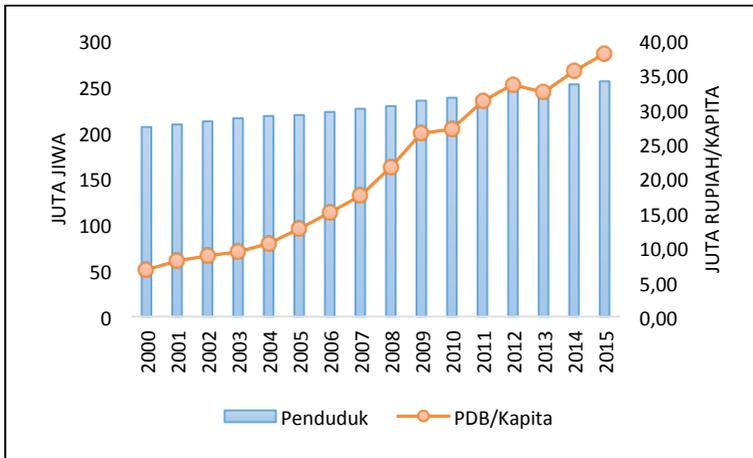
**Gambar 3.10. PDB Atas Dasar Harga Konstan Tahun 2000**

### 3.2.2. Populasi

Variabel populasi dicerminkan melalui jumlah penduduk. Jumlah penduduk Indonesia terus meningkat dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 1,45%, dari sebesar 206 juta jiwa di tahun 2000 menjadi 255 juta jiwa di tahun 2015. Kemudian, untuk mengetahui tingkat penghasilan penduduk suatu negara dalam satu tahun, digunakan

rasio antara nilai PDB atas dasar berlaku dan populasi yang dinyatakan dalam variabel PDB per kapita.

Pertumbuhan PDB atas dasar harga berlaku lebih besar daripada pertumbuhan populasi sehingga mengakibatkan PDB per kapita tumbuh dengan cepat, yaitu rata-rata sebesar 12,48% per tahun. PDB per kapita di tahun 2000 sebesar 6,75 juta rupiah per kapita dan terus meningkat menjadi 38,08 juta rupiah per kapita di tahun 2015. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kesejahteraan masyarakat Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Grafik jumlah populasi dan PDB per kapita (2000-2015) ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



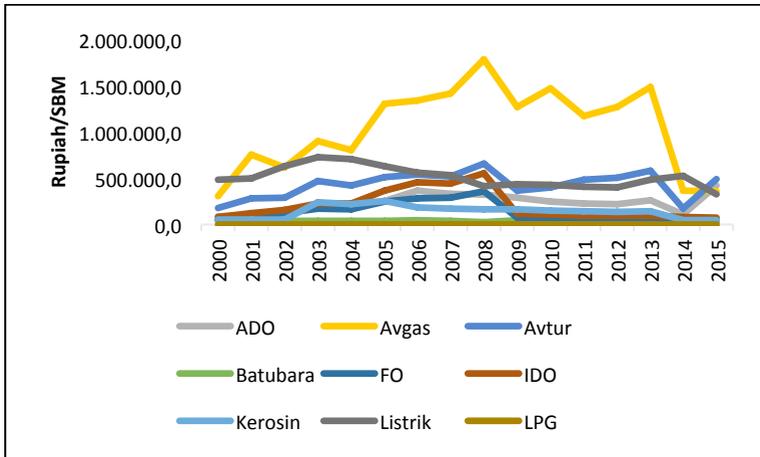
Sumber: BPS, 2016

**Gambar 3.11. Populasi dan PDB per Kapita Indonesia**

### 3.2.3. Harga Energi Final

Harga energi yang dimaksud dalam kajian ini adalah harga energi untuk setiap satuan energi yang dinyatakan dalam satuan rupiah per SBM. Perkembangan harga energi final dari tahun 2000 hingga 2015 sangat fluktuatif. Hal ini terjadi karena terdapat beberapa data yang tidak tersedia sehingga dilakukan pendekatan untuk mendapatkan data tersebut. Harga energi final yang paling mahal adalah avgas, sedangkan yang paling murah adalah LPG.

Harga energi ini menjadi salah satu bahan pertimbangan bagi perusahaan listrik untuk menentukan prioritas pemilihan pembangkit listrik. PLTU menjadi pembangkit listrik yang banyak dipilih oleh perusahaan listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat karena harganya yang lebih murah daripada BBM dan gas. Perkembangan harga energi final (2000-2015) ditunjukkan oleh gambar berikut.



Sumber: HEESI, 2016 (edisi Juli)

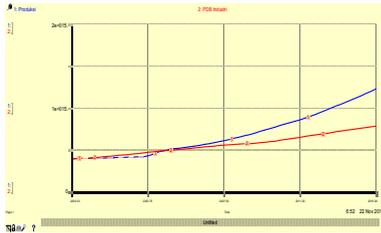
**Gambar 3.12. Harga Energi Final per Satuan Energi**

Setelah ketiga variabel tersebut didefinisikan, langkah selanjutnya adalah membangun model konsumsi energi final untuk setiap sektor. Namun, variabel-variabel tersebut disesuaikan dengan kondisi setiap sektor, seperti PDB dan harga energi final untuk setiap sektor. Berikut ini akan dijelaskan secara rinci hasil model sektoral.

### 3.2.4. Model Konsumsi Energi Final Sektor Industri

Untuk menggambarkan konsumsi energi final sektor industri, variabel makro dan variabel khusus sektor industri, seperti produksi barang industri, konsumsi barang industri oleh masyarakat, permintaan rata-rata barang industri oleh masyarakat, dan intensitas energi. Validasi model dilakukan dengan membandingkan variabel khusus sektor industri dengan data historis. Secara rinci, validasi

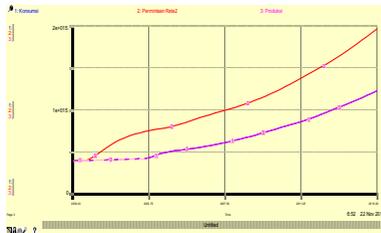
model konsumsi energi final sektor industri ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



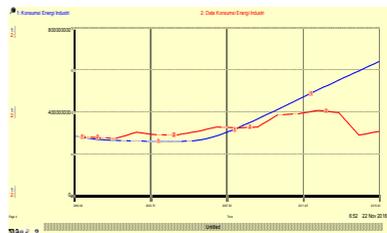
(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 3.13. Validasi Model Konsumsi Energi Final Sektor Industri**

Gambar 3.13 (a) menunjukkan hasil validasi antara produksi barang industri yang dihasilkan oleh model dan data historis PDB sektor industri. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal kedua variabel yang sama dan tren keduanya yang serupa meskipun terdapat selisih di ujungnya. Hal ini berarti bahwa jika produksi barang industri meningkat, maka PDB sektor industri meningkat.

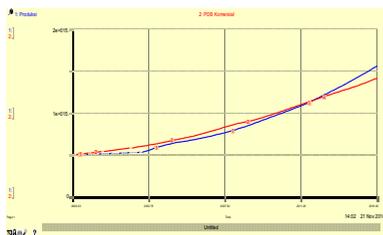
Gambar 3.13 (b) menunjukkan hasil validasi antara intensitas energi sektor industri yang dihasilkan oleh model dan data historis harga energi final sektor industri. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh tren kedua variabel yang berbanding terbalik. Hal ini berarti bahwa jika harga energi final sektor industri meningkat, maka intensitas energi sektor industri menurun.

Gambar 3.13 (c) menunjukkan hasil validasi produksi barang industri, konsumsi barang industri oleh masyarakat, dan permintaan rata-rata barang industri oleh masyarakat. Ketiga variabel tersebut dihasilkan oleh model dan menunjukkan kesesuaian perilaku, yang ditunjukkan oleh titik awal ketiga variabel yang sama, produksi dan konsumsi yang berhimpit, dan selisih keduanya terhadap permintaan rata-rata. Selisih ini diartikan sebagai ketidakmampuan produksi barang industri untuk memenuhi permintaan rata-rata barang industri oleh masyarakat.

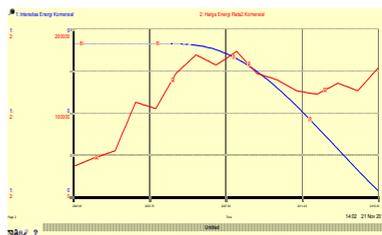
Gambar 3.13 (d) menunjukkan hasil validasi antara konsumsi energi final sektor industri yang dihasilkan oleh model dan data historis konsumsi energi final sektor industri. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal kedua variabel yang sama dan tren keduanya yang serupa meskipun terdapat selisih di ujungnya.

### 3.2.5. Model Konsumsi Energi Final Sektor Komersial

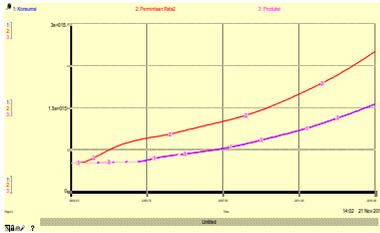
Dalam menggambarkan konsumsi energi final sektor komersial, digunakan variabel makro di atas dan variabel khusus sektor komersial pada model ini, seperti produksi jasa, konsumsi jasa oleh masyarakat, permintaan rata-rata jasa oleh masyarakat, dan intensitas energi. Validasi model dilakukan dengan membandingkan variabel khusus sektor komersial dengan data historis. Secara rinci, validasi model konsumsi energi final sektor komersial ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



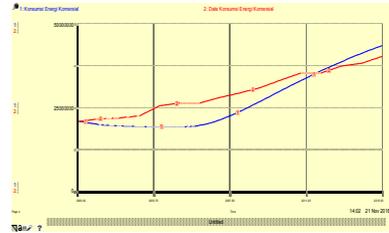
(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 3.14. Validasi Model Konsumsi Energi Final Sektor Komersial**

Gambar 3.14 (a) menunjukkan hasil validasi antara produksi jasa yang dihasilkan oleh model dan data historis PDB sektor komersial. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal kedua variabel yang sama dan tren keduanya yang serupa. Hal ini berarti bahwa jika produksi jasa meningkat, maka PDB sektor komersial meningkat.

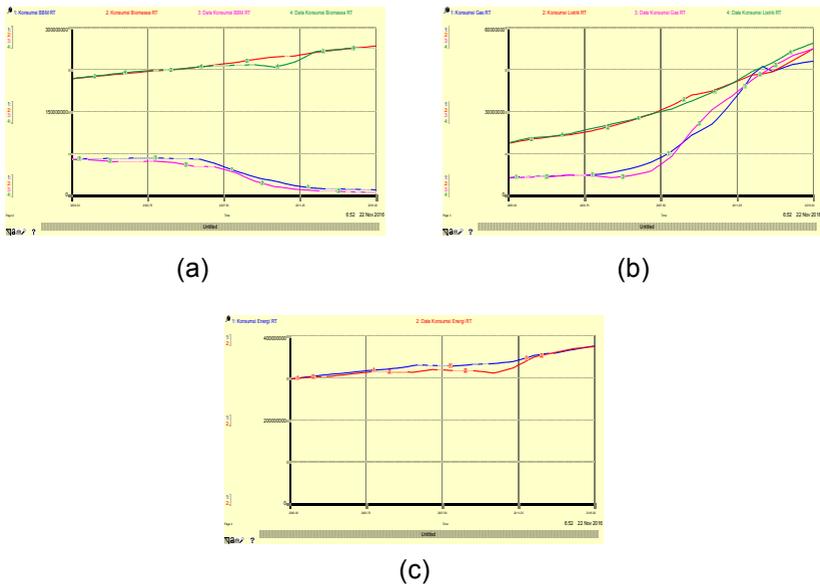
Gambar 3.14 (b) menunjukkan hasil validasi antara intensitas energi sektor komersial yang dihasilkan oleh model dan data historis harga energi final sektor komersial. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh tren kedua variabel yang berbanding terbalik. Hal ini berarti bahwa jika harga energi final sektor komersial meningkat, maka intensitas energi sektor komersial menurun.

Gambar 3.14 (c) menunjukkan hasil validasi produksi jasa, konsumsi jasa oleh masyarakat, dan permintaan rata-rata jasa oleh masyarakat. Ketiga variabel tersebut dihasilkan oleh model dan menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal ketiga variabel yang sama, produksi dan konsumsi yang berhimpit, dan selisih keduanya terhadap permintaan rata-rata. Selisih ini diartikan sebagai ketidakmampuan produksi jasa untuk memenuhi permintaan rata-rata jasa oleh masyarakat.

Gambar 3.14 (d) menunjukkan hasil validasi antara konsumsi energi final sektor komersial yang dihasilkan oleh model dan data historis konsumsi energi final sektor komersial. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal kedua variabel yang sama dan tren keduanya yang serupa.

### 3.2.6. Model Konsumsi Energi Final Sektor Rumah Tangga

Ketiga variabel makro yang telah didefinisikan sebelumnya (PDB, populasi, dan harga energi final) digunakan untuk menggambarkan konsumsi energi final sektor rumah tangga. Validasi model dilakukan dengan membandingkan variabel konsumsi energi final sektor komersial yang dihasilkan oleh model dengan data historis. Secara rinci, validasi model konsumsi energi final sektor rumah tangga ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



**Gambar 3.15. Validasi Model Konsumsi Energi Final Sektor Rumah Tangga**

Gambar 3.15 (a) menunjukkan hasil validasi antara konsumsi BBM sektor rumah tangga yang dihasilkan oleh model dan data historis konsumsi BBM sektor rumah tangga serta konsumsi biomassa sektor rumah tangga yang dihasilkan oleh model dan data historis konsumsi biomassa sektor rumah tangga. Perilaku keempat variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal yang sama untuk masing-masing energi final dan tren konsumsi masing-masing energi final yang serupa. Garis atas merupakan

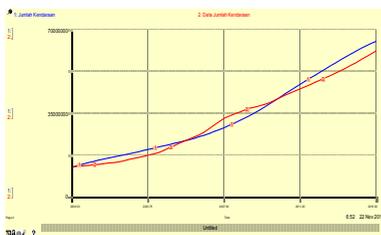
konsumsi biomassa sektor rumah tangga, sedangkan garis bawah merupakan konsumsi BBM sektor rumah tangga.

Gambar 3.15 (b) menunjukkan hasil validasi antara konsumsi LPG sektor rumah tangga yang dihasilkan oleh model dan data historis konsumsi LPG sektor rumah tangga serta konsumsi listrik sektor rumah tangga yang dihasilkan oleh model dan data historis konsumsi listrik sektor rumah tangga. Perilaku keempat variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal yang sama untuk masing-masing energi final dan tren konsumsi masing-masing energi final yang serupa. Garis atas merupakan konsumsi listrik sektor rumah tangga, sedangkan garis bawah merupakan konsumsi LPG sektor rumah tangga.

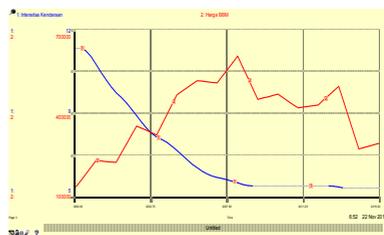
Gambar 3.15 (c) menunjukkan hasil validasi antara konsumsi energi final sektor rumah tangga yang dihasilkan oleh model dan data historis konsumsi energi final sektor rumah tangga. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal kedua variabel yang sama dan tren keduanya yang serupa.

### 3.2.7. Model Konsumsi Energi Final Sektor Transportasi

Untuk menggambarkan konsumsi energi final sektor transportasi, selain ketiga variabel makro di atas, di dalam model ini digunakan pula variabel khusus sektor transportasi, seperti jumlah kendaraan dan intensitas kendaraan. Validasi model dilakukan dengan membandingkan variabel khusus sektor transportasi dengan data historis. Secara rinci, validasi model konsumsi energi final sektor transportasi ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 3.16. Validasi Model Konsumsi Energi Final Sektor Transportasi**

Gambar 3.16 (a) menunjukkan hasil validasi antara jumlah kendaraan yang dihasilkan oleh model dan data historis jumlah kendaraan. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal kedua variabel yang sama dan tren keduanya yang serupa.

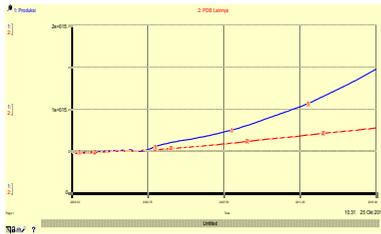
Gambar 3.16 (b) menunjukkan hasil validasi antara intensitas kendaraan yang dihasilkan oleh model dan data historis harga energi final sektor transportasi. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh tren kedua variabel yang berbanding terbalik. Intensitas kendaraan yang ditunjukkan oleh garis biru menggambarkan bahwa pertumbuhan jumlah kendaraan telah mencapai titik jenuh dan akan stabil pada angka tertentu berapapun harga energi final sektor transportasi.

Gambar 3.16 (c) menunjukkan hasil validasi antara konsumsi energi final sektor transportasi yang dihasilkan oleh model dan data historis konsumsi energi final sektor transportasi. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal kedua variabel yang sama dan tren keduanya yang serupa.

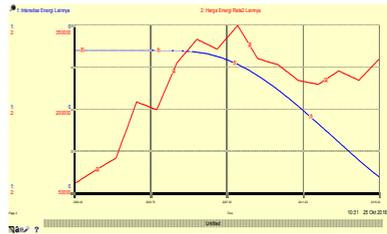
### 3.2.8. Model Konsumsi Energi Final Sektor Lainnya

Pada model ini digunakan pula variabel khusus sektor komersial, seperti produksi barang lainnya, konsumsi barang lainnya oleh masyarakat, permintaan rata-rata barang lainnya oleh masyarakat, dan intensitas energi. Validasi model dilakukan dengan membandingkan variabel khusus sektor lainnya dengan data

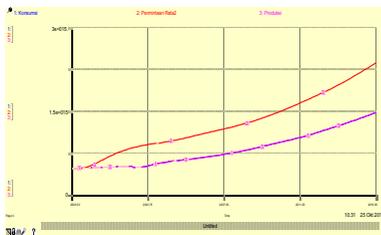
historis. Secara rinci, validasi model konsumsi energi final sektor lainnya ditunjukkan pada gambar 3.17.



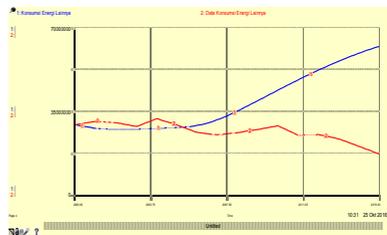
(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 3.17. Validasi Model Konsumsi Energi Final Sektor Lainnya**

Gambar 3.17 (a) menunjukkan hasil validasi antara produksi barang lainnya yang dihasilkan oleh model dan data historis PDB sektor lainnya. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal kedua variabel yang sama dan tren keduanya yang serupa meskipun terdapat selisih di ujungnya. Hal ini berarti bahwa jika produksi barang lainnya meningkat, maka PDB sektor lainnya meningkat.

Gambar 3.17 (b) menunjukkan hasil validasi antara intensitas energi sektor lainnya yang dihasilkan oleh model dan data historis harga energi final sektor lainnya. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh tren kedua variabel yang berbanding terbalik. Hal ini berarti bahwa jika harga energi final sektor lainnya meningkat, maka intensitas energi sektor lainnya menurun.

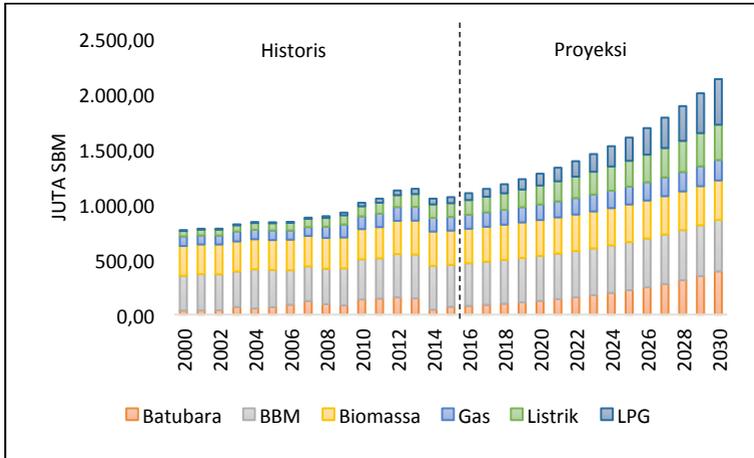
Gambar 3.17 (c) menunjukkan hasil validasi produksi barang lainnya, konsumsi barang lainnya oleh masyarakat, dan permintaan rata-rata barang lainnya oleh masyarakat. Ketiga variabel tersebut dihasilkan oleh model dan menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal ketiga variabel yang sama, produksi dan konsumsi yang berhimpit, dan selisih keduanya terhadap permintaan rata-rata. Selisih ini diartikan sebagai ketidakmampuan produksi barang lainnya untuk memenuhi permintaan rata-rata barang lainnya oleh masyarakat.

Gambar 3.17 (d) menunjukkan hasil validasi antara konsumsi energi final sektor lainnya yang dihasilkan oleh model dan data historis konsumsi energi final sektor lainnya. Perilaku kedua variabel tersebut menunjukkan kesesuaian, yang ditunjukkan oleh titik awal kedua variabel yang sama dan tren keduanya yang serupa meskipun terdapat selisih di ujungnya.

### **3.3. Proyeksi Konsumsi Energi Final**

Setelah model konsumsi energi final sektoral terbentuk, langkah selanjutnya adalah membuat proyeksi konsumsi energi final secara keseluruhan untuk beberapa tahun ke depan. Proyeksi ini digunakan untuk mengetahui gambaran kebutuhan energi final di masa depan. Proyeksi konsumsi energi final dimulai pada tahun 2016 dan berakhir di tahun 2030, mengingat komitmen penurunan emisi GRK yang disampaikan oleh Presiden Joko Widodo berada pada tahun tersebut.

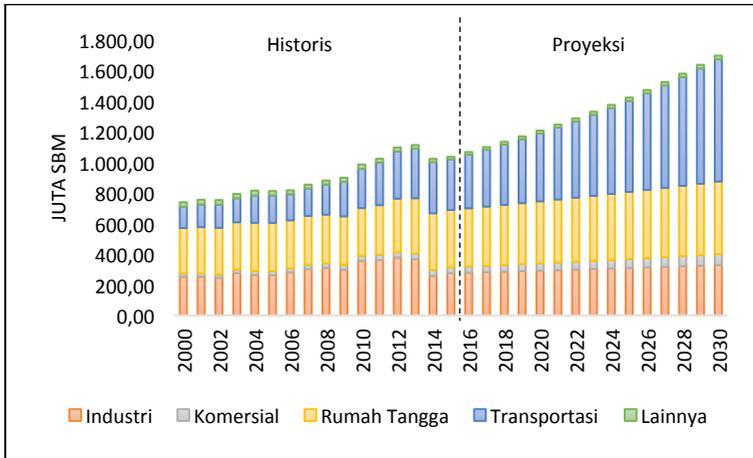
Proyeksi konsumsi energi final dibuat berdasarkan jenisnya dan sektor pengguna. Proyeksi berdasarkan jenisnya digunakan untuk mengetahui bauran konsumsi energi final di masa depan, sedangkan proyeksi berdasarkan sektor pengguna digunakan untuk mengetahui sektor yang dominan dalam penggunaan energi. Proyeksi ini dihitung menggunakan asumsi pertumbuhan rata-rata per tahun untuk setiap jenis energi dan sektor pengguna. Pertumbuhan rata-rata per tahun untuk setiap jenis energi antara lain batubara sebesar 12,12%, BBM 1,37%, biomassa 0,95%, gas 2,72%, listrik 6,50%, dan LPG 14,46%, sedangkan pertumbuhan rata-rata per tahun untuk setiap sektor pengguna telah dibahas pada poin sebelumnya. Gambar 3.18 dan 3.19 menggambarkan proyeksi konsumsi energi final berdasarkan jenis dan sektor penggunaannya.



**Gambar 3.18. Proyeksi Konsumsi Energi Final Berdasarkan Jenisnya**

BBM mendominasi pangsa konsumsi energi final di tahun 2015, yaitu mencapai 380,08 juta SBM dengan pangsa sebesar 36,79%. Kemudian diikuti oleh biomassa sebesar 29,95%, listrik 12,03%, gas 9,17%, batubara 6,80%, dan LPG 5,26%.

Namun, kondisi ini mengalami perubahan pada tahun 2030. Hasil proyeksi menunjukkan masih adanya dominasi BBM terhadap jenis energi final lainnya di tahun 2030, yaitu sebesar 466,03 juta SBM dengan pangsa sebesar 20,87%, diikuti oleh LPG sebesar 18,46%, batubara 17,49%, biomassa 15,98%, listrik 14,31%, dan gas 12,89%.



**Gambar 3.19. Proyeksi Konsumsi Energi Final Sektoral**

Berdasarkan jenis penggunaannya, sektor rumah tangga mendominasi pangsa konsumsi energi final di tahun 2015, yaitu mencapai 373,79 juta SBM dengan pangsa sebesar 36,18%. Kemudian diikuti oleh sektor transportasi sebesar 31,88%, industri 26,61%, komersial 3,70%, dan lainnya 1,64%.

Namun, hasil proyeksi tahun 2030 menunjukkan dominasi sektor transportasi terhadap sektor pengguna energi final lainnya (796,46 juta SBM dengan pangsa sebesar 47,06%), lalu diikuti oleh sektor rumah tangga (27,94%), industri (19,38%), komersial (4,20%), dan lainnya (1,42%). Sektor komersial dan transportasi mengalami peningkatan pangsa konsumsi energi final di tahun 2030 jika dibandingkan dengan tahun 2015. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan aktivitas energi secara terus-menerus di kedua sektor tersebut hingga tahun 2030. Sementara untuk sektor industri, rumah tangga, dan lainnya tidak mengalami perubahan yang berarti.

# BAB IV

## EMISI GAS RUMAH KACA SEKTOR ENERGI

Untung menghitung besaran emisi GRK yang dihasilkan oleh suatu proses, sangat bergantung pada besarnya konsumsi energi yang digunakan, khususnya energi fosil. Konsumsi energi final berupa energi baru terbarukan (EBT) dianggap tidak menghasilkan emisi GRK karena gas CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan dari hasil pembakaran akan ditangkap kembali. Penghitungan emisi GRK untuk pembangkitan energi listrik dilakukan pada sektor pembangkit listrik berdasarkan energi fosil yang dikonsumsi.

Secara umum, persamaan untuk menghitung emisi dan serapan GRK adalah

$$\text{Emisi atau Serapan GRK} = AD \times EF$$

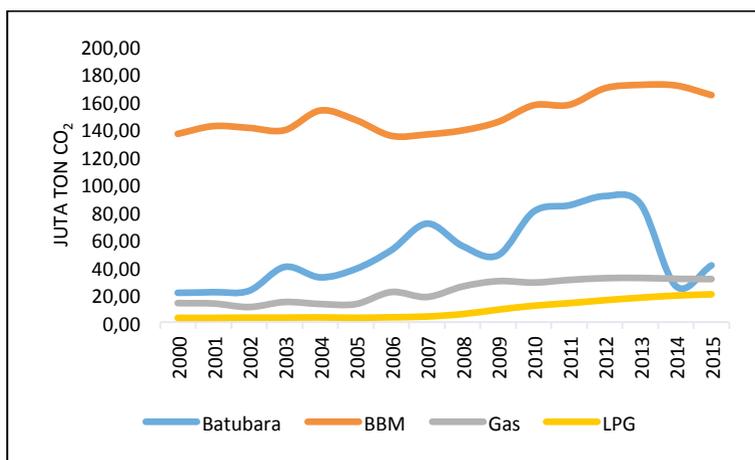
di mana AD: Data aktivitas, yaitu data kegiatan pembangunan atau aktivitas manusia yang menghasilkan emisi atau serapan GRK.

EF: Faktor emisi atau serapan GRK yang menunjukkan besarnya emisi atau serapan per satuan unit kegiatan yang dilakukan.

Besaran faktor emisi GRK telah dijelaskan sebelumnya pada bab metodologi sehingga pembahasan kali ini langsung menuju pada hasil penghitungan emisi berdasarkan data historis berdasarkan jenis energi final dan sektor pengguna, serta proyeksi emisi GRK ke depan berdasarkan skenario penggunaan CCT pada pembangkit listrik.

## 4.1. Emisi GRK Saat Ini

Berdasarkan data historis konsumsi energi final yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka dapat dihitung emisi GRK yang dihasilkan untuk setiap jenis energi dan sektor penggunaannya. Emisi GRK sektor energi mengalami peningkatan sebesar 2,43% per tahun (2000-2015). Peningkatan emisi ini terjadi karena adanya peningkatan pertumbuhan konsumsi energi dengan rata-rata 2,35% per tahun. Berikut adalah grafik emisi GRK yang dihasilkan berdasarkan data historis konsumsi energi.



**Gambar 4.1. Emisi GRK Berdasarkan Jenis Energi**

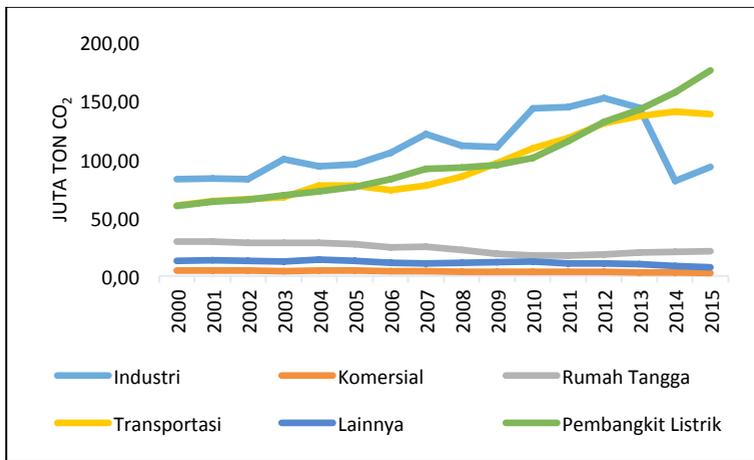
Emisi GRK sektor energi pada tahun 2015 mencapai 261,89 juta ton CO<sub>2</sub>. Angka ini didapat dari hasil perkalian antara konsumsi energi final untuk setiap jenis energi dan faktor emisinya. Pangsa emisi ini didominasi oleh BBM sebesar 64%, kemudian diikuti oleh batubara sebesar 16%, gas 12%, dan LPG 8%.

Pada gambar 4.1 terlihat bahwa emisi batubara pada tahun 2014 dan 2015 mengalami penurunan yang faktor utamanya dipengaruhi oleh penurunan konsumsi batubara pada kurun waktu tersebut. Namun, perlu dicatat bahwa “penurunan” yang terjadi pada tahun 2014 dan 2015 tersebut sebenarnya tidak serta merta menggambarkan turunnya emisi GRK sektor energi di Indonesia. Penurunan konsumsi batubara ini bukan disebabkan oleh turunnya

aktivitas perekonomian yang menggunakan batubara atau terjadi peralihan konsumsi ke energi lain, melainkan disebabkan oleh adanya perubahan format pelaporan data konsumsi batubara di sektor industri yang ada di Indonesia.

Pada gambar tersebut, juga terlihat emisi yang dihasilkan oleh LPG selama tujuh tahun pertama cukup stabil, tetapi mulai tahun 2008 pergerakan tampak meningkat dan kemudian secara berkala menunjukkan tingkat pertumbuhan paling tinggi di antara jenis energi yang lain. Kebijakan konversi kerosin ke LPG menjadi salah satu faktor penting dalam peningkatan pergerakan emisi LPG yang tumbuh paling besar dibanding lainnya. Di sisi lain, peningkatan ini juga berhasil memperlambat pergerakan emisi BBM.

Selain menghitung emisi GRK berdasarkan jenis energi, diperlukan pula rincian emisi berdasarkan sektor pengguna energi untuk mengetahui sektor penghasil emisi terbesar. Dari sini, dapat diambil skenario mitigasi untuk meletakkan prioritas guna menurunkan emisi di sektor tersebut. Gambar 4.2 di bawah ini menunjukkan emisi GRK yang dihasilkan oleh sektor pengguna (termasuk pembangkit listrik).



**Gambar 4.2. Emisi GRK Sektoral**

Emisi GRK yang dihasilkan dari pembakaran energi di setiap sektor pengguna pada tahun 2015 mencapai 261,89 juta ton CO<sub>2</sub>. Pangsa emisi ini didominasi oleh sektor transportasi sebesar 53%, kemudian

diikuti oleh sektor industri sebesar 35%, rumah tangga 8%, lainnya 3%, dan komersial 1%.

Meskipun konsumsi energi pada sektor rumah tangga menunjukkan angka tertinggi dari semua sektor pengguna pada tahun 2015 (lihat gambar 3.2), emisi GRK yang dihasilkan justru menunjukkan tingkatan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sektor transportasi dan industri. Hal ini terjadi karena konsumsi energi pada sektor rumah tangga didominasi oleh kayu bakar (biomassa) yang dianggap tidak menghasilkan emisi.

Emisi GRK yang dihasilkan oleh sektor transportasi meningkat karena tingginya pertumbuhan jumlah kendaraan yang terjadi setiap tahun, khususnya pada angkutan jalan raya. Di satu sisi, semakin maraknya transportasi umum berbasis aplikasi online, baik motor maupun mobil, memberikan kemudahan mobilisasi berbiaya rendah. Namun, di sisi lain, hal tersebut menjadi faktor penyebab meningkatnya angkutan jalan raya sebagai salah satu sumber penghasil emisi. Gaya belanja masyarakat yang mulai beralih ke *e-commerce*, juga membuat jasa pengiriman barang tumbuh dengan pesat. Hal-hal inilah yang memicu pertumbuhan emisi GRK di sektor transportasi. Pencapaian target pemerintah dalam menyiapkan solusi angkutan umum massal harus menjadi prioritas utama bila tidak menginginkan angka emisi sektor transportasi kembali melonjak seiring dengan meningkatnya kebutuhan mobilisasi yang semakin nyata.

Selain sektor transportasi, sektor industri menjadi penyumbang emisi GRK terbesar yang disebabkan oleh besarnya penggunaan energi fosil pada sektor ini. Meskipun energi final yang paling banyak dikonsumsi oleh sektor industri adalah gas, masih banyak industri yang menggunakan batubara (faktor emisi batubara lebih besar daripada gas) yang berakibat pada tingginya tingkat emisi pada sektor ini. Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, adanya perbedaan format pelaporan data konsumsi batubara turut mempengaruhi hasil penghitungan emisi seperti telah ditunjukkan pada gambar 4.2.

Sementara itu, sektor komersial menunjukkan tingkat emisi GRK terendah karena konsumsi energi akhirnya didominasi oleh listrik, di mana emisi yang dihasilkan oleh listrik akan dihitung pada pembangkit listrik berdasarkan konsumsi energi fosilnya. Pada sektor ini, jenis energi lain seperti BBM, gas, dan LPG dikonsumsi

dalam jumlah kecil sehingga tidak menghasilkan pergerakan emisi yang signifikan.

Emisi GRK yang dihasilkan oleh sektor lainnya menunjukkan perlambatan pada lima tahun terakhir karena turunnya penggunaan energi di sektor tersebut. Penurunan konsumsi ini disebabkan oleh melambatnya aktivitas ekonomi di sektor lainnya sebagai dampak dari pertumbuhan ekonomi yang menurun selama lima tahun terakhir.

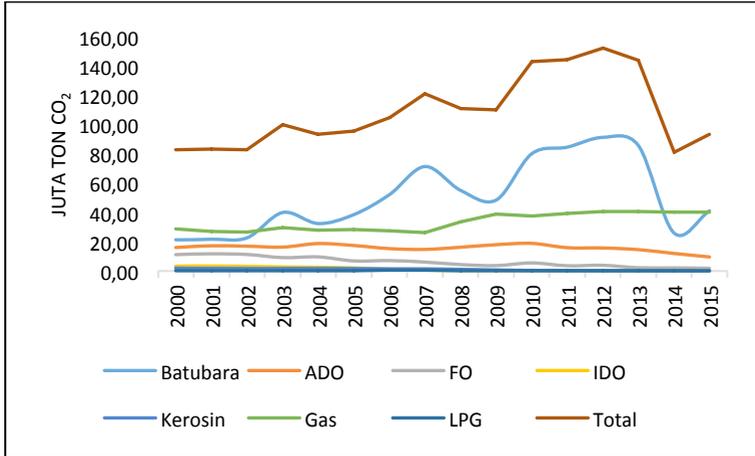
Selain kelima sektor di atas, terdapat sektor pembangkit listrik yang menjadi penghasil emisi GRK sektor energi terbesar. Konsumsi energi listrik pada kelima sektor pengguna sangat besar, di mana emisinya dihitung pada pembangkit listrik sebagai sektor yang membangkitkan energi tersebut, dan dihitung berdasarkan konsumsi energi fosil yang digunakan.

Secara historis, emisi yang dihasilkan di sektor ini meningkat sangat pesat yang disebabkan oleh permintaan listrik yang terus meningkat. Permintaan listrik ini mendorong pemerintah untuk terus memperbaiki kualitas pelayanan listrik terhadap masyarakat dengan membangun pembangkit listrik baru. Salah satu program pemerintah untuk meningkatkan rasio elektrifikasi adalah pembangunan pembangkit listrik sebesar 35 GW yang direncanakan selesai pada tahun 2019.

Pembahasan berikut ini akan menjabarkan secara rinci angka emisi GRK yang dihasilkan oleh masing-masing sektor pengguna.

#### **4.1.1. Emisi GRK Sektor Industri**

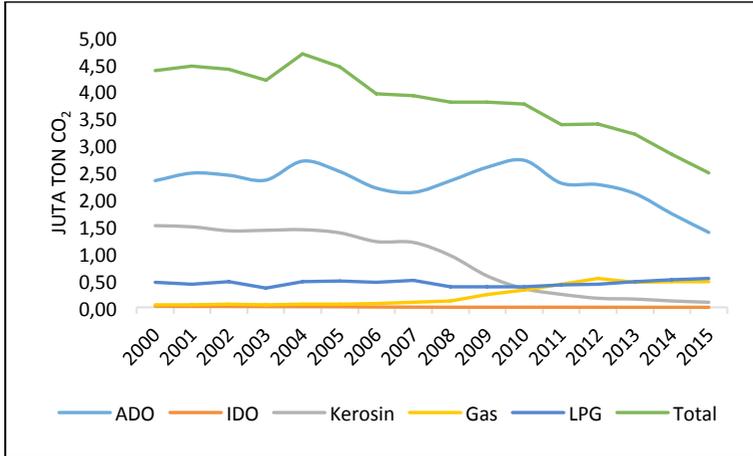
Sektor industri menghasilkan emisi GRK sebesar 93,22 juta ton CO<sub>2</sub> pada tahun 2015. Emisi paling besar dihasilkan dari pembakaran batubara sebesar 44%, lalu diikuti oleh gas sebesar 43%, BBM (ADO, FO, IDO, dan kerosin) 13%, dan LPG dengan nilai yang sangat kecil (di bawah 0,5%). Gambar 4.3 berikut memperlihatkan secara rinci emisi GRK pada sektor industri.



**Gambar 4.3. Emisi GRK Sektor Industri**

#### 4.1.2. Emisi GRK Sektor Komersial

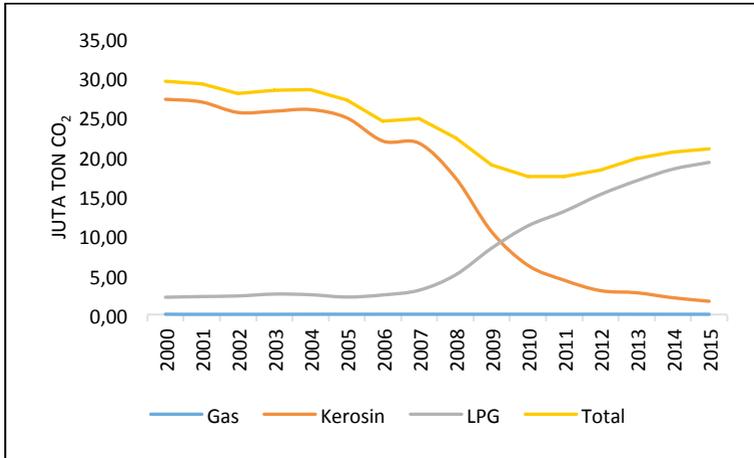
Emisi GRK yang dihasilkan oleh sektor komersial pada tahun 2015 mencapai 2,48 juta ton CO<sub>2</sub> (gambar 4.4). Emisi di sektor ini berasal dari pembakaran BBM (ADO, IDO, dan kerosin) sebesar 59%, sedangkan sisanya dihasilkan oleh LPG dan gas (22% dan 19%).



**Gambar 4.4. Emisi GRK Sektor Komersial**

### 4.1.3. Emisi GRK Sektor Rumah Tangga

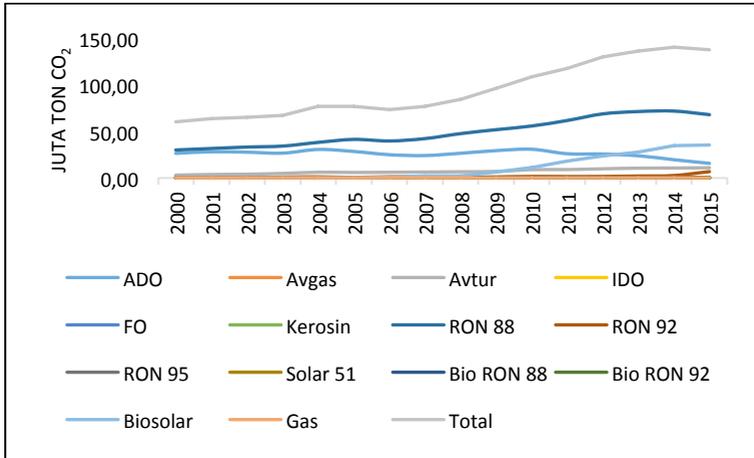
Total emisi GRK yang dihasilkan oleh sektor rumah tangga mencapai 21,01 juta ton CO<sub>2</sub> pada tahun 2015. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.5, penggunaan LPG pada sektor ini menyumbang emisi sebesar 92% dan diikuti oleh kerosin sebesar 8%. Sementara itu, emisi gas menunjukkan nilai yang sangat kecil, yaitu di bawah 0,5%. Keberhasilan program konversi kerosin ke LPG menjelaskan fenomena yang terjadi pada pergerakan emisi di sektor rumah tangga.



**Gambar 4.5. Emisi GRK Sektor Rumah Tangga**

#### 4.1.4. Emisi GRK Sektor Transportasi

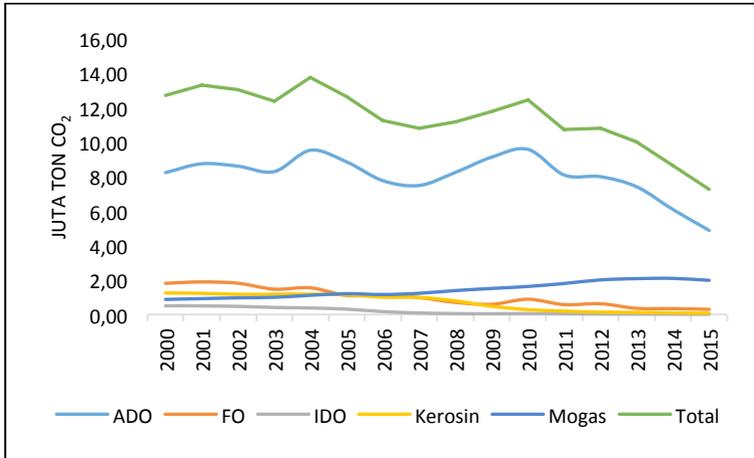
Sebagai sektor penyumbang emisi terbesar kedua setelah pembangkit listrik pada tahun 2015, sektor transportasi menghasilkan emisi GRK sebesar 137,94 juta ton CO<sub>2</sub> pada tahun tersebut. Emisi paling besar dihasilkan oleh BBM sebesar 74%, terdiri atas emisi yang berasal dari pembakaran ADO, avgas, avtur, IDO, FO, kerosin, RON 88, RON 92, RON 95, dan solar 51. Setelah BBM, BBN (bio RON 88, bio RON 92, dan biosolar) menyumbang emisi sebesar 26%. Sementara itu, emisi dari pembakaran gas (BBG) menunjukkan nilai yang sangat kecil, kurang dari 0,5%. Secara rinci, pergerakan emisi GRK sektor transportasi (2000-2015) ditunjukkan pada gambar 4.6 berikut.



**Gambar 4.6. Emisi GRK Sektor Transportasi**

#### 4.1.5. Emisi GRK Sektor Lainnya

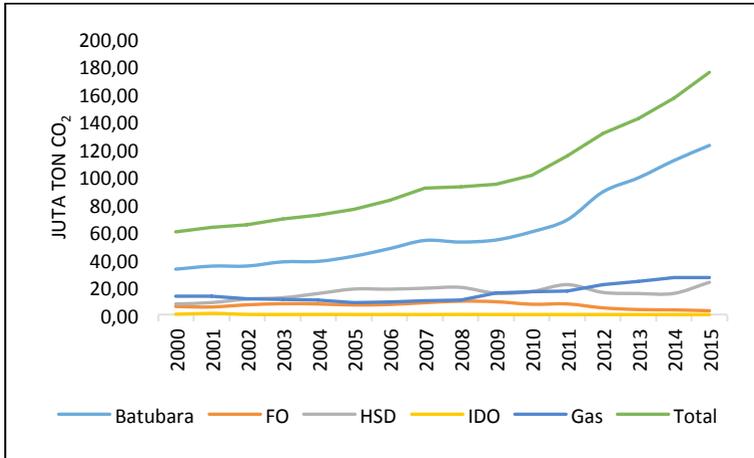
Sektor lainnya pada tahun 2015 menghasilkan emisi GRK sebesar 7,25 juta ton CO<sub>2</sub>. Emisi yang dihasilkan oleh sektor ini hanya berasal dari pembakaran BBM, yang terdiri atas ADO (67%), mogas (28%), FO (4%), kerosin (1%), dan IDO dengan nilai yang sangat kecil, sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



**Gambar 4.7. Emisi GRK Sektor Lainnya**

#### 4.1.6. Emisi GRK Pembangkit Listrik

Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.8, pembangkit listrik menghasilkan emisi GRK sebesar 175,62 juta ton CO<sub>2</sub> pada tahun 2015. Emisi paling besar berasal dari pembakaran batubara sebesar 70%. Sementara itu, BBM (FO, HSD, dan IDO) dan gas pada sektor ini menyumbang emisi dengan nilai masing-masing sebesar 15%.



**Gambar 4.8. Emisi GRK Pembangkit Listrik**

## 4.2. Proyeksi Emisi GRK

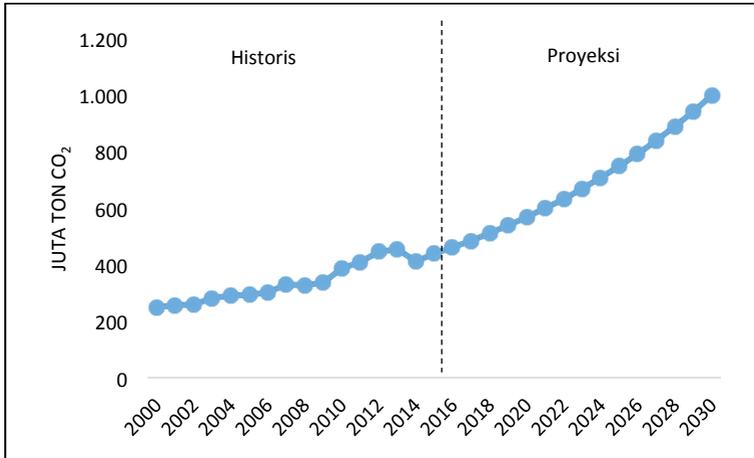
Emisi GRK sektor energi yang akan diproyeksikan hingga tahun 2030 dibuat dalam dua kondisi. Kondisi pertama adalah *Business as Usual* (BaU), yaitu kondisi di mana tidak terdapat aksi mitigasi selain aksi mitigasi yang telah berjalan sebelumnya. Kondisi kedua adalah skenario pengembangan yang dipilih untuk menurunkan emisi GRK, yaitu penggunaan CCT pada pembangkit listrik. Penggunaan CCT pada pembangkit listrik mengacu pada dokumen RUPTL PLN tahun 2016-2025. Skenario pengembangan ini dipilih sekaligus sebagai bentuk evaluasi untuk melihat apakah PLTU berteknologi CCT yang direncanakan oleh PLN dapat diandalkan untuk menurunkan emisi GRK secara signifikan.

### 4.2.1. Kondisi *Business as Usual* (BaU)

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, proyeksi emisi pada kondisi BaU adalah proyeksi emisi pada kondisi di mana tidak terdapat aksi mitigasi selain aksi mitigasi yang telah berjalan sebelumnya. Beberapa aksi mitigasi penurunan emisi GRK yang telah berjalan sebelumnya antara lain

- a. Penerapan mandatori manajemen energi untuk pengguna padat energi;
- b. Penerapan program kemitraan konservasi energi;
- c. Peningkatan efisiensi peralatan rumah tangga;
- d. Penyediaan dan pengelolaan energi baru terbarukan dan konservasi energi, seperti PLTP, PLTMH, PLTM, PLTS, PLT hybrid, PLT biomassa, dan DME;
- e. Pemanfaatan biogas;
- f. Penggunaan gas alam sebagai bahan bakar angkutan umum perkotaan;
- g. Peningkatan sambungan rumah yang teraliri gas bumi melalui pipa;
- h. Reklamasi lahan pascatambang;
- i. Pemanfaatan biodiesel;
- j. Penerapan Instruksi Presiden Nomor 13 Tahun 2011 tentang penghematan energi dan air;
- k. Aksi mitigasi sektor ketenagalistrikan, seperti pembangunan PLTA, penggunaan CCT pada pembangkit listrik, dan penggunaan *cogeneration* pada pembangkit listrik; dan
- l. Program konversi kerosin ke LPG.

Emisi GRK sektoral ditambah dengan pembangkit listrik yang telah dihitung sebelumnya digunakan untuk memproyeksikan emisi GRK hingga tahun 2030. Gambar berikut (gambar 4.9) menjelaskan secara rinci hasil proyeksi emisi GRK sektoral diakumulasikan dengan pembangkit listrik pada kondisi BaU hingga tahun 2030.



**Gambar 4.9. Proyeksi Emisi GRK Kondisi BaU**

Pada titik awal (tahun 2000), emisi GRK sektoral ditambah dengan pembangkit listrik mencapai 249 juta ton CO<sub>2</sub> dan meningkat menjadi 438 juta ton CO<sub>2</sub> pada tahun 2015. Angka ini diproyeksikan akan terus mengalami pertumbuhan hingga tahun 2030 menjadi 998 juta ton CO<sub>2</sub>.

Semakin banyaknya proyek pembangunan infrastruktur ekonomi yang berjalan hingga beberapa tahun ke depan dan membutuhkan banyak energi menjadi faktor penyebab pertumbuhan emisi GRK pada kondisi BaU. Mega proyek yang menjadi sorotan adalah pembangunan pembangkit listrik sebesar 35 GW yang ditargetkan selesai pada 2019. Proyek ini didominasi oleh energi fosil sebagai bahan bakar yang tentunya akan menyumbang emisi GRK secara signifikan.

#### 4.2.2. Skenario Pengembangan

Pembangkit listrik merupakan sektor penghasil emisi GRK terbesar bagi sektor energi. Oleh karena itu, skenario pengembangan yang dipilih berasal dari aksi mitigasi sektor ketenagalistrikan yang diharapkan mampu memberikan kontribusi signifikan dalam penurunan emisi GRK.

Konsumsi batubara pada pembangkit listrik terus mengalami peningkatan dengan rata-rata sebesar 9,41% per tahun. Selain itu, batubara mendominasi bauran energi pembangkit listrik setiap tahunnya. Hingga saat ini dan beberapa tahun ke depan, batubara masih menjadi andalan bagi PLN dalam proses pembangkitan listrik. Jika hal ini terus terjadi, maka dua hal yang patut diantisipasi adalah pasokan batubara akan semakin menipis dan emisi GRK yang dihasilkan oleh pembangkit listrik akan semakin besar.

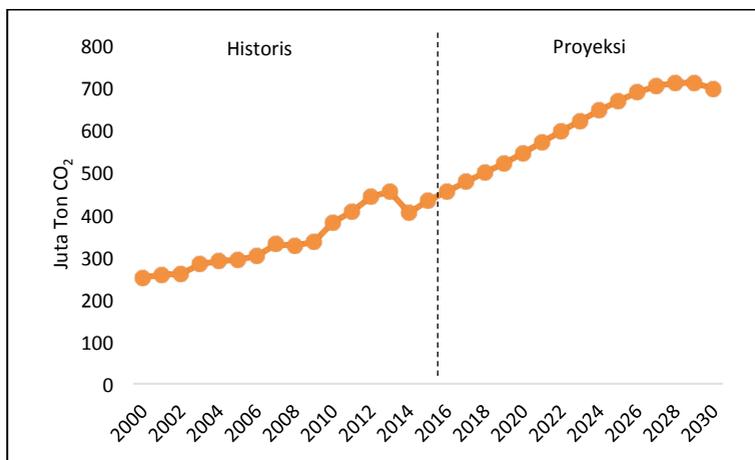
Oleh karena itu, aksi mitigasi di sektor pembangkit listrik berbahan bakar batubara diperlukan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan. Dengan pemilihan skenario penggunaan CCT pada pembangkit listrik, dapat dilihat seberapa besar kontribusi penurunan emisi GRK dan penghematan konsumsi batubara yang dapat dilakukan.

Di dalam RUPTL PLN tahun 2016-2025, disebutkan bahwa PLN akan menambah kapasitas PLTU berteknologi CCT pada sistem kelistrikan Jawa-Bali dan Sumatera. Untuk sistem kelistrikan Jawa-Bali, PLN merencanakan pembangunan PLTU batubara dengan kelas kapasitas 1.000 MW menggunakan teknologi *ultra super critical* (USC) yang merupakan salah satu bentuk teknologi CCT. Kemudian, untuk sistem kelistrikan Sumatera, PLN berencana untuk membangun PLTU batubara berteknologi CCT dengan kelas kapasitas 600 MW. Beberapa proyek pembangunan pembangkit listrik tersebut antara lain

- a. PLTU Jambi, dengan kapasitas sebesar 2 × 600 MW, yang akan beroperasi pada tahun 2019;
- b. PLTU Riau, dengan kapasitas sebesar 1 × 600 MW, yang akan beroperasi pada tahun 2019;
- c. PLTU Sumsel-8, dengan kapasitas sebesar 2 × 600 MW, yang akan beroperasi pada tahun 2019;
- d. PLTU Sumsel-9, dengan kapasitas sebesar 2 × 600 MW, yang akan beroperasi masing-masing pada tahun 2020 dan 2021;
- e. PLTU Sumsel-10, dengan kapasitas sebesar 1 × 600 MW, yang akan beroperasi pada tahun 2020;
- f. PLTU Indramayu, dengan kapasitas sebesar 1 × 1000 MW, yang akan beroperasi pada tahun 2019;
- g. PLTU Jawa-1, dengan kapasitas sebesar 1 × 1000 MW, yang akan beroperasi pada tahun 2019;
- h. PLTU Jawa-4, dengan kapasitas sebesar 2 × 1000 MW, yang akan beroperasi pada tahun 2019;

- i. PLTU Jawa-5, dengan kapasitas sebesar  $2 \times 1000$  MW, yang akan beroperasi pada tahun 2019;
- j. PLTU Jawa-6, dengan kapasitas sebesar  $2 \times 1000$  MW, yang akan beroperasi pada tahun 2025;
- k. PLTU Jawa-7, dengan kapasitas sebesar  $2 \times 1000$  MW, yang akan beroperasi pada tahun 2019; dan
- l. PLTU Jawa-8, dengan kapasitas sebesar  $1 \times 1000$  MW, yang akan beroperasi pada tahun 2018.

Sejak tahun 2012, telah ada PLTU berteknologi CCT yang beroperasi di Indonesia, yaitu PLTU Cirebon dan PLTU Paiton dengan total kapasitas sebesar 1.475 MW. Berdasarkan daftar proyek yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat diketahui bahwa total kapasitas PLTU berteknologi CCT yang akan beroperasi di tahun 2030 (termasuk dengan yang telah beroperasi sekarang) sebesar 17.275 MW. Dengan total kapasitas tersebut, dapat dihitung proyeksi penurunan emisi di tahun 2030. Proyeksi emisi GRK sektoral ditambah dengan pembangkit listrik berdasarkan skenario pengembangan ditunjukkan pada gambar di bawah ini (gambar 4.10).

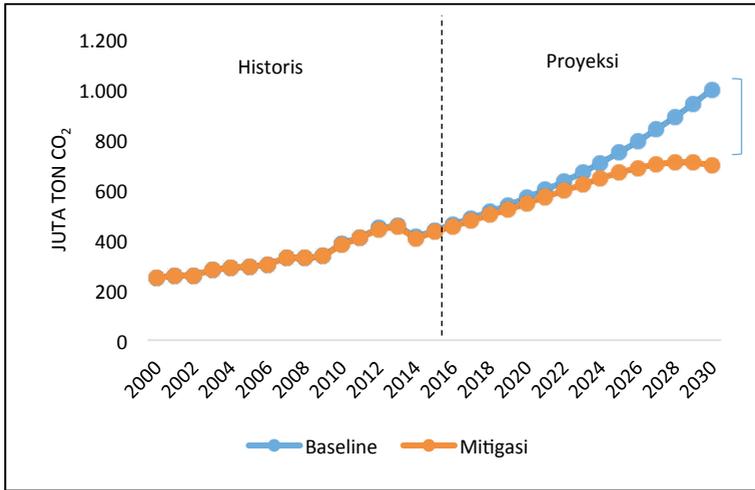


**Gambar 4.10. Proyeksi Emisi GRK Skenario Pengembangan**

Kebijakan untuk melakukan aksi mitigasi penurunan emisi GRK telah dirancang sejak tahun 2010, tetapi baru disahkan pada tahun 2011 sehingga emisi GRK di tahun 2000 hingga 2009 untuk kedua kondisi

menghasilkan angka yang sama. Pada tahun 2000, emisi GRK sektoral ditambah dengan pembangkit listrik mencapai 249 juta ton CO<sub>2</sub> dan meningkat di tahun 2015 menjadi 432 juta ton CO<sub>2</sub>. Angka ini diproyeksikan akan terus mengalami peningkatan hingga tahun 2030 menjadi 695 juta ton CO<sub>2</sub>.

Selanjutnya, hasil proyeksi emisi GRK pada kondisi BaU dengan skenario pengembangan dibandingkan untuk melihat penurunan emisi GRK yang dicapai (gambar 4.11).



**Gambar 4.11. Proyeksi Penurunan Emisi GRK Sektor Energi**

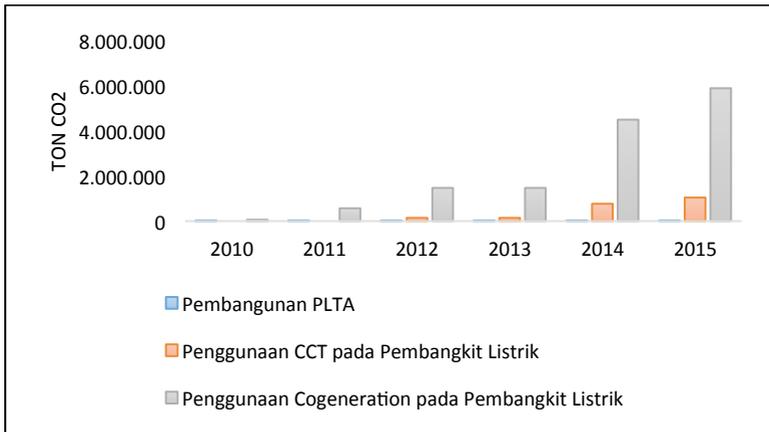
Berdasarkan penghitungan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa penurunan emisi GRK sektor energi di tahun 2030 sebesar 303 juta ton CO<sub>2</sub>. Konsumsi batubara yang dapat dihemat sejak adanya PLTU berteknologi CCT di tahun 2012 hingga akhir dari proyeksi di tahun 2030 sebanyak 16 juta ton batubara. Penghematan konsumsi batubara ini disebabkan oleh tingkat efisiensi PLTU berteknologi CCT yang lebih tinggi dari PLTU batubara biasa. Efisiensi PLTU berteknologi USC sebesar 42%, sedangkan PLTU berteknologi *subcritical* sebesar 36%.

Beban penurunan emisi GRK sektor energi yang diamanahkan kepada Kementerian ESDM pasca dilakukannya ratifikasi terhadap *Paris Agreement* adalah sebesar 314 juta ton CO<sub>2</sub> pada tahun 2030

(tanpa bantuan internasional). Sementara itu, penurunan emisi yang mampu dicapai berdasarkan skenario pengembangan, yaitu penggunaan CCT pada pembangkit listrik, sebesar 303 juta ton CO<sub>2</sub>. Hal ini menunjukkan bahwa skenario pengembangan yang dipilih belum mampu menurunkan emisi GRK secara signifikan karena masih terdapat selisih sebesar 11 juta ton CO<sub>2</sub> dari target yang ditetapkan.

Berdasarkan data historis penurunan emisi GRK di sektor pembangkit listrik, penggunaan CCT tidak banyak berkontribusi dalam penurunan emisi, yaitu hanya sebesar 15% dari total penurunan emisi di sektor pembangkit listrik, atau sebesar 4% dari keseluruhan penurunan emisi GRK sektor energi. Terdapat aksi mitigasi yang lebih banyak berkontribusi dalam penurunan emisi di sektor pembangkit listrik, yaitu penggunaan *cogeneration*, dengan kontribusi sebesar 85% dari total penurunan emisi di sektor pembangkit listrik, atau sebesar 20% dari keseluruhan penurunan emisi GRK sektor energi. Namun, aksi mitigasi ini belum begitu populer, yang kemungkinan disebabkan oleh harga gas pada PLTGU yang lebih mahal daripada harga batubara pada PLTU.

Kontribusi penurunan emisi dari beberapa aksi mitigasi di sektor pembangkit listrik tahun 2010-2015 disajikan secara rinci pada gambar di bawah ini.



Sumber: Direktorat Konservasi Energi, 2016

**Gambar 4.12 Penurunan Emisi GRK Pembangkit Listrik**

# BAB V

## PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil inventarisasi emisi GRK sektor energi (dengan skenario pengembangan berupa penggunaan CCT pada pembangkit listrik) yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

*Pertama*, secara makro, variabel yang diperlukan dalam memodelkan konsumsi energi final sektoral dengan *System Dynamics* adalah PDB, populasi, dan harga energi final. Setelah terbentuk struktur model, validasi dilakukan dengan membandingkan data yang dihasilkan oleh model dengan data historis sehingga tren yang dihasilkan oleh model dengan teori dapat dibandingkan. Hasil proyeksi menunjukkan bahwa konsumsi energi final pada tahun 2030 masih didominasi oleh energi fosil, khususnya BBM. Sementara itu, dari sisi pengguna, sektor transportasi diproyeksikan akan mendominasi konsumsi energi final di tahun 2030.

*Kedua*, hasil inventarisasi emisi GRK sektor energi pada tahun 2015 mencapai 261,89 juta ton CO<sub>2</sub> dengan rata-rata peningkatan sebesar 2,43% per tahun. Sumber emisi GRK terbesar berasal dari pembakaran BBM sebesar 64%, lalu diikuti oleh batubara (16%), gas (12%), dan LPG (8%). Urutan sektor pengguna energi (tidak termasuk dengan pembangkit listrik) sebagai penyumbang emisi dari yang terbesar adalah transportasi (53%), industri (35%), rumah tangga (8%), lainnya (3%), dan komersial (1%).

*Ketiga*, dengan melakukan perbandingan kondisi BaU dengan skenario penggunaan CCT yang mengacu pada dokumen RUPTL PLN tahun 2016-2025, diperoleh hasil sebagai berikut. Proyeksi emisi GRK pada kondisi BaU menghasilkan angka 998 juta ton CO<sub>2</sub> di tahun 2030, sedangkan proyeksi berdasarkan skenario

pengembangan menghasilkan emisi sebesar 695 juta ton CO<sub>2</sub> (penurunan yang dapat dicapai sebesar 303 juta ton CO<sub>2</sub>). Penghematan batubara yang dapat dilakukan berdasarkan skenario pengembangan ini sebanyak 16 juta ton batubara. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan CCT belum mampu menurunkan emisi GRK sektor energi secara signifikan karena masih terdapat selisih sebesar 11 juta ton CO<sub>2</sub> dari beban penurunan emisi GRK sektor energi pasca dilakukannya ratifikasi terhadap *Paris Agreement* (314 juta ton CO<sub>2</sub>).

## 5.2. Rekomendasi

Dari hasil analisis data dan diskusi dengan para pakar di bidangnya, diperoleh beberapa rekomendasi yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan atau penyusunan kebijakan energi untuk mendukung upaya penurunan emisi GRK ke depan, antara lain sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan pencermatan kembali terhadap data konsumsi batubara sebagai energi final di sektor industri yang mengalami penurunan tajam pada tahun 2014-2015 dan berpengaruh besar terhadap hasil emisi GRK sektor energi dan proyeksinya. Hal ini penting untuk dilakukan mengingat hasil inventarisasi GRK akan dilaporkan ke UNFCCC secara periodik dalam bentuk dokumen Komunikasi Nasional.
2. Perlu dilakukan pengkajian ulang terhadap hasil pelaporan inventarisasi emisi GRK di Indonesia sesuai dengan panduan dari UNFCCC sehingga dihasilkan informasi yang lebih rinci berdasarkan dokumen yang disyaratkan.
3. Perlu dilakukan pembaruan dan pendokumentasian data faktor emisi yang dikeluarkan oleh Puslitbang Lemigas dan Puslitbang Tekmira secara reguler.
4. Penggunaan CCT pada pembangkit listrik sebaiknya tidak dijadikan sebagai fokus utama dalam aksi mitigasi di pembangkit listrik karena hanya memberikan kontribusi sebesar 4% dalam pencapaian target penurunan emisi GRK sektor energi. Aksi mitigasi berupa penggunaan *cogeneration* pada pembangkit listrik perlu dipertimbangkan mengingat

kontribusi yang lebih besar terhadap penurunan emisi GRK sektor energi (sebesar 20%).

5. Aksi mitigasi dari semua sektor energi perlu ditingkatkan agar target nasional penurunan emisi GRK sebesar 29% pada tahun 2030 dapat tercapai.
6. Diperlukan komitmen dan ketegasan dari masing-masing instansi terkait untuk mencapai target penurunan emisi GRK tiap sektor yang telah ditetapkan agar tidak kembali terjadi perubahan target di tengah pelaksanaan aksi mitigasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bappenas. 2013. *Pedoman Umum Pemantauan, Evaluasi, dan Pelaporan Pelaksanaan RAN-GRK dan RAD-GRK*. Jakarta. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Bappenas. 2013. *Petunjuk Teknis Pemantauan, Evaluasi, dan Pelaporan Pelaksanaan RAD-GRK*. Jakarta. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- Bappenas. 2014. *Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Berbasis Energi*. Jakarta. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- CDITEMR. 2016. *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2016*. Jakarta. Ministry of Energy and Mineral Resources.
- Ditjen Ketenagalistrikan. 2012. *Statistik Ketenagalistrikan 2012*. Jakarta. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Ditjen Ketenagalistrikan. 2013. *Statistik Ketenagalistrikan 2013*. Jakarta. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Ditjen Ketenagalistrikan. 2014. *Statistik Ketenagalistrikan 2014*. Jakarta. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Ditjen Ketenagalistrikan. 2015. *Perhitungan Faktor Emisi Gas Rumah Kaca Sistem Interkoneksi Tenaga Listrik*. Jakarta. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Ditjen Ketenagalistrikan. 2015. *Statistik Ketenagalistrikan 2015*. Jakarta. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Garg, Amit et. al. 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Kanagawa. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- KLHK. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku 1: Pedoman Umum*. Jakarta. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

- KLHK. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional Volume 1: Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi*. Jakarta. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- PLN. 2016. *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2016-2025*. Jakarta. PT PLN (Persero).
- Puslitbang Lemigas. 2014. *Kajian Perhitungan Faktor Emisi Lokal pada Jenis Bahan Bakar Minyak*. Dipresentasikan pada Seminar Nasional Faktor Emisi CO<sub>2</sub>. Bandung. Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM.
- Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. 2016. *Perhitungan Faktor Emisi CO<sub>2</sub> Nasional (Specific Country Tier 2) dari Batubara*. Bandung. Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM.
- Sterman, John. 2000. *Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for A Complex World*. USA. The McGraw-Hill Companies, Inc.

# LAMPIRAN

## 1. Konsumsi Energi Final Berdasarkan Jenisnya (Juta SBM)

Tahun	Batubara	BBM	Biomassa	Gas	Listrik	LPG	Total
2000	36.15	315.27	269.04	41.38	48.56	8.26	718.66
2001	37.10	328.20	268.95	40.90	51.84	8.28	735.28
2002	38.78	325.20	270.21	33.16	53.42	8.74	729.51
2003	68.34	321.38	271.97	44.17	55.47	8.77	770.10
2004	55.42	354.32	271.77	39.89	61.39	9.19	791.98
2005	65.84	338.38	270.04	39.65	65.64	8.45	788.00
2006	89.14	311.91	276.27	66.18	69.07	9.41	821.98
2007	121.99	314.25	275.13	55.29	74.38	10.93	851.96
2008	94.19	320.99	277.87	78.42	79.14	15.72	866.32
2009	82.81	335.27	279.17	90.15	82.50	24.38	894.28
2010	136.86	363.13	273.61	87.02	90.71	32.07	983.40
2011	144.62	363.83	283.03	92.80	99.15	37.06	1,020.48
2012	156.05	391.53	300.69	96.69	106.66	42.88	1,094.50
2013	146.54	397.22	306.09	97.16	114.96	47.80	1,109.77
2014	44.49	396.21	310.04	95.32	121.74	51.94	1,019.74
2015	70.27	380.08	309.45	94.73	124.34	54.36	1,033.24

Catatan:

- Tidak termasuk *other petroleum product*
- Tidak termasuk *non energy use gas*

## 2. Konsumsi Energi Final Sektoral (Juta SBM)

Tahun	Industri	Komersial	Rumah Tangga	Transportasi	Lainnya	Total
2000	251.90	20.67	296.57	139.18	29.21	737.53
2001	252.16	21.45	301.35	148.26	30.59	753.80
2002	245.11	21.75	303.03	151.50	30.00	751.39
2003	275.31	22.40	309.05	156.23	28.45	791.43
2004	263.29	25.41	314.11	178.37	31.69	812.89
2005	262.69	26.23	313.77	178.45	29.10	810.25
2006	280.19	26.19	312.72	170.13	25.94	815.16
2007	300.68	27.90	319.33	179.14	24.91	851.96
2008	309.87	29.27	316.80	196.94	25.86	878.75
2009	297.27	30.85	317.06	224.88	27.19	897.24
2010	355.41	33.12	310.55	255.57	28.74	983.40
2011	359.81	35.23	323.36	277.40	24.82	1,020.61
2012	376.16	35.20	349.08	308.24	25.06	1,093.74
2013	365.89	37.31	360.02	323.30	23.26	1,109.77
2014	257.38	38.11	369.89	334.20	20.16	1,019.74
2015	274.90	38.19	373.79	329.41	16.95	1,033.24

### 3. Konsumsi Energi Final Sektor Industri (Juta SBM)

Tahun	Batubara	ADO	FO	IDO	Kerosin	Biomassa	Gas	Listrik	LPG	Total
2000	36.14	37.17	25.58	8.01	4.22	58.98	86.83	20.85	1.07	278.85
2001	37.10	39.46	26.68	7.73	4.16	55.19	81.86	21.82	0.97	274.97
2002	38.78	38.83	25.60	7.31	3.96	52.31	80.51	22.58	1.09	270.95
2003	68.34	37.40	20.76	6.36	3.98	50.17	89.91	22.37	0.81	300.09
2004	55.42	42.99	21.86	5.86	4.01	46.92	85.08	24.72	1.10	287.95
2005	65.84	39.93	15.62	4.84	3.85	43.92	86.28	26.02	1.13	287.43
2006	89.14	35.03	16.15	2.63	3.39	46.68	82.85	26.74	1.45	304.05
2007	121.99	33.79	13.86	1.42	3.35	42.11	79.72	28.08	1.24	325.56
2008	94.19	37.21	9.96	0.85	2.68	44.24	101.67	29.40	1.12	321.31
2009	82.81	41.19	8.38	0.74	1.62	44.52	117.54	28.32	0.59	325.71
2010	136.86	43.23	12.52	0.89	0.96	43.32	114.11	31.25	0.65	383.79
2011	144.62	36.51	8.11	0.66	0.67	43.72	119.65	33.55	0.62	388.12
2012	156.04	36.08	8.84	0.48	0.47	42.73	123.16	36.89	0.62	405.31
2013	146.54	33.43	5.09	0.42	0.43	44.40	123.80	39.47	0.69	394.26
2014	44.49	27.49	4.85	0.32	0.33	45.19	122.70	40.40	0.75	286.53
2015	70.27	22.01	4.25	0.28	0.26	44.83	122.08	39.28	0.79	304.05

#### 4. Konsumsi Energi Final Sektor Komersial (Juta SBM)

Tahun	ADO	IDO	Kerosin	Biomassa	Gas	Listrik	LPG	Total
2000	5.35	0.04	3.49	1.45	0.13	8.94	1.26	20.67
2001	5.68	0.04	3.44	1.44	0.15	9.56	1.14	21.45
2002	5.59	0.04	3.27	1.44	0.16	9.97	1.28	21.75
2003	5.39	0.03	3.29	1.43	0.16	11.15	0.95	22.40
2004	6.19	0.03	3.32	1.42	0.17	12.99	1.29	25.41
2005	5.75	0.03	3.19	1.42	0.19	14.34	1.32	26.24
2006	5.04	0.01	2.81	1.41	0.21	15.47	1.24	26.20
2007	4.87	0.01	2.77	1.40	0.27	17.24	1.34	27.90
2008	5.36	0.01	2.21	1.40	0.36	18.92	1.03	29.27
2009	5.93	0.00	1.34	1.39	0.73	20.43	1.03	30.85
2010	6.22	0.01	0.80	1.38	0.96	22.73	1.03	33.12
2011	5.26	0.00	0.56	1.37	1.29	25.63	1.11	35.23
2012	5.20	0.00	0.39	1.37	1.63	25.49	1.14	35.20
2013	4.81	0.00	0.35	1.36	1.42	28.09	1.27	37.31
2014	3.96	0.00	0.27	1.35	1.45	29.70	1.38	38.11
2015	3.17	0.00	0.22	1.35	1.44	30.58	1.44	38.19

## 5. Konsumsi Energi Final Sektor Rumah Tangga (Juta SBM)

Tahun	Biomassa	Gas	Kerosin	Listrik	LPG	Total
2000	208.61	0.08	63.22	18.74	5.93	296.57
2001	212.32	0.09	62.33	20.44	6.17	301.35
2002	216.47	0.10	59.26	20.84	6.37	303.03
2003	220.38	0.10	59.64	21.92	7.01	309.05
2004	223.43	0.12	60.11	23.66	6.80	314.11
2005	224.71	0.12	57.70	25.25	6.00	313.77
2006	228.19	0.13	50.86	26.82	6.72	312.72
2007	231.62	0.13	50.23	29.01	8.35	319.33
2008	232.24	0.13	40.10	30.76	13.57	316.80
2009	233.26	0.13	24.26	33.68	22.77	314.10
2010	228.92	0.14	14.44	36.67	30.39	310.55
2011	237.93	0.11	10.07	39.91	35.33	323.36
2012	256.59	0.13	7.02	44.22	41.12	349.08
2013	260.33	0.12	6.40	47.33	45.84	360.02
2014	263.50	0.11	4.93	51.55	49.81	369.89
2015	263.28	0.12	3.90	54.36	52.13	373.79

## 6. Konsumsi Energi Final Sektor Transportasi (Juta SBM)

Tahun	ADO	Avgas	Avtur	IDO	FO	Kerosin	RON 88	RON 92	RON 95	Solar 51	Bio RON 88	Bio RON 92	Bio Solar	Gas	Listrik	Total
2000	60.75	0.02	7.09	0.32	0.50	0.03	70.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.03	139.18
2001	64.49	0.02	8.68	0.31	0.52	0.03	74.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.03	148.26
2002	63.46	0.02	9.41	0.29	0.50	0.03	77.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.03	151.50
2003	61.13	0.02	11.37	0.25	0.40	0.03	80.11	2.16	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.03	156.23
2004	70.26	0.02	14.36	0.23	0.43	0.03	89.38	2.84	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.03	178.37
2005	65.26	0.02	13.68	0.19	0.30	0.03	96.86	1.45	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	178.45
2006	57.27	0.02	14.30	0.11	0.31	0.02	92.90	2.95	0.75	0.01	0.01	0.00	1.41	0.04	0.04	170.14
2007	55.24	0.01	14.85	0.06	0.27	0.02	98.85	2.75	0.92	0.01	0.33	0.06	5.69	0.05	0.05	179.15
2008	60.81	0.01	15.53	0.03	0.19	0.02	111.38	1.74	0.67	0.01	0.26	0.10	6.04	0.12	0.05	196.95
2009	67.33	0.01	16.26	0.03	0.16	0.01	121.23	2.68	0.61	0.01	0.62	0.12	15.56	0.19	0.07	224.88
2010	70.66	0.01	20.78	0.04	0.24	0.01	130.49	3.91	0.66	0.03	0.00	0.00	28.50	0.20	0.05	255.57
2011	59.67	0.01	20.98	0.03	0.16	0.00	144.33	3.64	1.72	0.04	0.00	0.00	46.58	0.18	0.05	277.40
2012	58.96	0.01	22.97	0.02	0.17	0.00	160.91	3.88	0.87	0.08	0.00	0.00	60.13	0.15	0.07	308.24
2013	54.65	0.02	24.50	0.02	0.10	0.00	166.80	4.96	0.93	0.15	0.00	0.00	70.93	0.19	0.08	323.31
2014	44.93	0.01	24.91	0.01	0.09	0.00	167.96	6.19	0.90	0.22	0.00	0.00	88.67	0.21	0.09	334.20
2015	35.98	0.02	25.54	0.01	0.08	0.00	158.91	16.10	1.62	0.25	0.00	0.00	90.52	0.25	0.13	329.41

## 7. Konsumsi Energi Final Sektor Lainnya (Juta SBM)

Tahun	ADO	FO	IDO	Kerosin	Mogas	Total
2000	18.86	4.11	1.20	2.89	2.16	29.22
2001	20.02	4.29	1.16	2.85	2.27	30.59
2002	19.70	4.12	1.09	2.71	2.38	30.00
2003	18.97	3.34	0.95	2.73	2.46	28.45
2004	21.81	3.52	0.88	2.75	2.74	31.69
2005	20.26	2.51	0.72	2.64	2.97	29.10
2006	17.77	2.60	0.39	2.32	2.85	25.94
2007	17.14	2.23	0.21	2.30	3.04	24.91
2008	18.88	1.60	0.13	1.83	3.42	25.86
2009	20.90	1.35	0.11	1.11	3.72	27.19
2010	21.93	2.01	0.13	0.66	4.01	28.74
2011	18.52	1.31	0.10	0.46	4.43	24.82
2012	18.30	1.42	0.07	0.32	4.94	25.06
2013	16.96	0.82	0.06	0.29	5.12	23.25
2014	13.95	0.78	0.05	0.23	5.16	20.16
2015	11.17	0.68	0.04	0.18	4.88	16.95

## 8. Kapasitas Terpasang Pembangkit Listrik (GW)

Tahun	PLTA	PLTB	PLT Biomassa	PLTD	PLTG	PLT Gasifikasi Batubara	PLTGU	PLTMG	PLTMH	PLTP	PLTS	PLT Sampah	PLTU	Total
2000	4.20	0.00	0.00	11.22	3.80	0.00	6.86	0.00	0.00	0.53	0.00	0.00	10.67	37.29
2001	3.11	0.00	0.00	3.02	1.97	0.00	7.00	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	7.80	23.68
2002	3.16	0.00	0.00	2.59	1.22	0.00	6.86	0.00	0.00	0.79	0.00	0.00	6.90	21.52
2003	3.17	0.00	0.00	2.73	1.69	0.00	7.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	9.75	25.14
2004	3.20	0.00	0.00	2.99	2.80	0.00	6.85	0.01	0.00	0.82	0.00	0.00	9.75	26.42
2005	3.41	0.00	0.00	3.21	3.10	0.00	6.92	0.00	0.00	0.85	0.00	0.00	9.75	27.24
2006	3.72	0.00	0.00	3.17	3.10	0.00	7.66	0.02	0.00	0.85	0.00	0.00	11.17	29.69
2007	3.69	0.00	0.00	3.21	3.22	0.00	7.70	0.03	0.01	0.98	0.00	0.00	12.01	30.85
2008	3.69	0.00	0.00	3.27	3.07	0.00	8.01	0.07	0.01	1.05	0.00	0.00	12.29	31.46
2009	3.69	0.00	0.00	3.26	3.14	0.00	8.01	0.07	0.01	1.19	0.00	0.00	12.59	31.96
2010	3.72	0.00	0.00	4.57	3.82	0.00	7.59	0.09	0.01	1.19	0.00	0.00	12.98	33.98
2011	3.88	0.00	0.00	5.47	4.24	0.04	8.48	0.17	0.06	1.23	0.00	0.03	16.32	39.92
2012	4.08	0.00	0.00	5.97	4.34	0.04	9.46	0.20	0.07	1.34	0.00	0.03	19.71	45.25
2013	5.06	0.00	0.00	5.94	4.39	0.01	9.85	0.45	0.11	1.34	0.01	0.03	23.81	50.99
2014	5.06	0.00	0.00	6.21	4.31	0.01	10.15	0.61	0.17	1.40	0.01	0.04	25.10	53.06
2015	5.08	0.00	0.00	6.27	4.31	0.01	10.15	0.82	0.18	1.44	0.01	0.04	27.22	55.53

## 9. Konsumsi Bahan Bakar di Pembangkit Listrik (Juta SBM)

Tahun	Batubara	FO	HSD	IDO	Gas	Total
2000	56.18	12.94	17.45	0.15	41.10	127.81
2001	59.99	12.48	19.85	0.20	39.95	132.48
2002	60.10	16.01	25.69	0.27	34.65	136.72
2003	65.26	17.80	27.90	0.21	33.10	144.28
2004	65.91	17.42	34.98	0.24	31.69	150.25
2005	72.28	15.72	42.35	0.18	25.69	156.22
2006	81.62	16.62	42.13	0.16	28.36	168.88
2007	91.80	19.50	43.73	0.09	30.75	185.87
2008	89.81	22.02	45.13	0.19	32.63	189.78
2009	92.39	21.11	35.35	0.07	47.87	196.79
2010	102.46	16.92	38.25	0.05	50.88	208.55
2011	117.32	17.47	49.67	0.09	51.32	235.86
2012	151.88	11.04	36.79	0.03	65.72	265.46
2013	169.36	8.21	34.94	0.02	73.62	286.14
2014	190.76	7.63	35.15	0.03	80.85	314.42
2015	209.53	6.29	53.65	0.01	81.99	351.47

## 10. PDB Atas Dasar Harga Konstan Tahun 2000

Tahun	PDB (Trilyun Rupiah)	Pertumbuhan (%)
2000	1,390	4.90
2001	1,443	3.83
2002	1,506	4.38
2003	1,577	4.72
2004	1,657	5.03
2005	1,751	5.69
2006	1,847	5.50
2007	1,964	6.35
2008	2,082	6.01
2009	2,179	4.64
2010	2,314	6.22
2011	2,465	6.49
2012	2,618	6.23
2013	2,770	5.81
2014	2,909	5.01
2015	3,042	4.57

## 11. Populasi dan PDB per Kapita Indonesia

Tahun	Penduduk (Juta Jiwa)	PDB/Kapita (Juta Rupiah/Kapita)
2000	206	6.75
2001	209	8.07
2002	212	8.79
2003	215	9.35
2004	218	10.54
2005	219	12.68
2006	222	15.03
2007	226	17.51
2008	229	21.67
2009	234	26.49
2010	238	27.13
2011	239	31.12
2012	245	33.58
2013	249	32.46
2014	252	35.58
2015	255	38.08

## 12. Harga Energi Final per Satuan Energi (Rupiah/SBM)

Tahun	ADO	Avgas	Avtur	Batubara	FO	IDO	Kerosin	Listrik	LPG
2000	86,711.0	306,141.0	179,945.0	35,961.0	52,074.0	77,560.0	50,191.0	484,159.7	164.2
2001	100,813.1	757,545.4	285,065.1	39,987.1	84,563.1	119,338.6	54,523.6	497,199.9	77.4
2002	112,147.0	619,685.6	286,797.3	41,535.8	121,539.9	156,992.2	54,549.3	627,904.5	151.7
2003	203,812.7	901,401.2	470,932.8	42,272.1	174,578.6	227,079.4	242,079.4	730,061.4	174.6
2004	183,527.7	807,334.6	419,038.9	38,932.1	164,376.9	223,853.8	219,116.8	705,948.5	169.3
2005	256,823.2	1,305,001.9	508,789.6	37,119.8	249,197.9	369,429.5	251,617.4	627,172.2	209.8
2006	366,643.1	1,340,494.5	539,165.3	43,433.3	284,293.4	459,020.4	186,634.2	558,933.0	183.9
2007	329,565.0	1,416,929.8	521,158.5	39,383.5	286,981.6	441,258.9	167,760.2	531,415.7	305.3
2008	322,257.5	1,785,719.2	656,794.9	22,691.6	358,996.6	551,581.3	162,596.9	411,461.9	283.3
2009	287,574.8	1,273,657.2	368,909.1	44,460.6	76,719.9	113,404.8	163,921.5	435,467.7	264.9
2010	249,033.9	1,469,356.3	403,514.3	55,128.0	71,850.2	106,183.2	151,416.3	431,667.1	299.2
2011	230,329.7	1,175,625.7	483,277.2	54,241.5	65,984.7	97,722.7	140,043.8	408,856.8	226.6
2012	220,357.1	1,271,822.4	505,462.5	55,428.5	61,166.9	91,399.6	133,980.3	398,462.7	264.8
2013	264,348.2	1,488,213.5	580,837.2	75,269.7	61,718.3	93,511.2	144,654.8	485,826.8	321.8
2014	110,728.2	368,734.4	173,365.6	76,169.2	54,656.9	83,720.2	49,177.6	529,331.8	82.0
2015	418,556.9	356,964.7	488,378.0	14,634.9	45,945.7	70,803.5	47,398.8	326,479.3	74.0

13. Proyeksi Konsumsi Energi Final Berdasarkan Jenisnya (Juta SBM)

Tahun	Batubara	BBM	Biomassa	Gas	Listrik	LPG	Total
2016	78.79	385.28	312.40	102.02	132.42	62.22	1,073.13
2017	88.33	390.55	315.39	109.86	141.03	71.22	1,116.38
2018	99.03	395.90	318.40	118.32	150.19	81.52	1,163.35
2019	111.03	401.32	321.44	127.42	159.95	93.31	1,214.45
2020	124.48	406.81	324.51	137.22	170.34	106.80	1,270.15
2021	139.57	412.37	327.60	147.77	181.40	122.24	1,330.96
2022	156.48	418.02	330.73	159.14	193.19	139.92	1,397.47
2023	175.43	423.74	333.89	171.38	205.74	160.15	1,470.33
2024	196.69	429.54	337.08	184.57	219.11	183.31	1,550.28
2025	220.52	435.41	340.30	198.77	233.34	209.81	1,638.15
2026	247.23	441.37	343.54	214.06	248.50	240.15	1,734.86
2027	277.18	447.41	346.82	230.52	264.65	274.88	1,841.47
2028	310.76	453.54	350.14	248.25	281.84	314.63	1,959.16
2029	348.41	459.74	353.48	267.35	300.15	360.12	2,089.26
2030	390.63	466.03	356.85	287.92	319.65	412.20	2,233.28

#### 14. Proyeksi Konsumsi Energi Final Sektoral (Juta SBM)

Tahun	Industri	Komersial	Rumah Tangga	Transportasi	Lainnya	Total
2016	278.16	39.80	379.69	349.38	17.35	1,064.39
2017	281.45	41.49	385.70	370.56	17.76	1,096.95
2018	284.78	43.25	391.79	393.03	18.17	1,131.02
2019	288.16	45.08	397.98	416.86	18.60	1,166.67
2020	291.57	46.98	404.27	442.13	19.03	1,203.99
2021	295.02	48.97	410.66	468.93	19.48	1,243.07
2022	298.51	51.05	417.15	497.36	19.94	1,284.01
2023	302.05	53.21	423.75	527.51	20.41	1,326.92
2024	305.63	55.46	430.44	559.49	20.89	1,371.91
2025	309.24	57.81	437.25	593.41	21.38	1,419.08
2026	312.91	60.25	444.16	629.39	21.88	1,468.58
2027	316.61	62.80	451.18	667.54	22.39	1,520.53
2028	320.36	65.46	458.31	708.01	22.92	1,575.06
2029	324.15	68.23	465.55	750.93	23.45	1,632.33
2030	327.99	71.12	472.91	796.46	24.00	1,692.49

## 15. Emisi GRK Berdasarkan Jenis Energi (Juta Ton CO<sub>2</sub>)

Tahun	Batubara	BBM	Gas	LPG	Total
2000	21.13	136.29	13.61	3.06	174.08
2001	21.68	141.88	13.45	3.06	180.08
2002	22.67	140.59	10.90	3.23	177.39
2003	39.95	138.94	14.52	3.24	196.65
2004	32.40	153.17	13.12	3.40	202.08
2005	38.48	146.28	13.04	3.13	200.93
2006	52.10	134.84	21.76	3.48	212.18
2007	71.30	135.85	18.18	4.04	229.38
2008	55.05	138.76	25.79	5.81	225.42
2009	48.40	144.94	29.65	9.02	232.00
2010	79.99	156.98	28.62	11.86	277.45
2011	84.53	157.28	30.52	13.71	286.04
2012	91.21	169.26	31.80	15.86	308.12
2013	85.65	171.72	31.95	17.68	307.00
2014	26.00	171.28	31.34	19.21	247.84
2015	41.08	164.31	31.15	20.11	256.64

## 16. Emisi GRK Sektoral (Juta Ton CO<sub>2</sub>)

Tahun	Industri	Komersial	Rumah Tangga	Transportasi	Lainnya	Pembangkit Listrik
2000	82.86	4.37	29.53	60.04	12.68	59.73
2001	83.09	4.45	29.24	63.97	13.28	63.24
2002	82.65	4.40	27.99	65.34	13.02	64.90
2003	99.75	4.19	28.39	67.33	12.34	69.14
2004	93.44	4.68	28.52	76.89	13.74	71.99
2005	95.34	4.45	27.18	76.88	12.60	76.18
2006	104.89	3.95	24.50	73.20	11.23	82.80
2007	120.89	3.91	24.83	76.88	10.78	91.48
2008	111.05	3.79	22.38	84.53	11.18	92.70
2009	109.95	3.79	18.94	96.18	11.75	94.50
2010	142.94	3.76	17.52	108.90	12.43	100.78
2011	144.18	3.37	17.45	117.49	10.70	114.85
2012	151.98	3.39	18.28	130.21	10.79	131.31
2013	143.81	3.19	19.76	136.23	9.99	142.07
2014	81.04	2.83	20.59	140.18	8.64	156.80
2015	93.22	2.48	21.01	137.94	7.25	175.62

## 17. Emisi GRK Sektor Industri (Juta Ton CO<sub>2</sub>)

Tahun	Batubara	ADO	FO	IDO	Kerosin	Gas	LPG	Total
2000	21.13	16.22	11.27	3.48	1.82	28.55	0.40	82.86
2001	21.68	17.21	11.76	3.36	1.80	26.92	0.36	83.09
2002	22.67	16.94	11.28	3.17	1.71	26.47	0.40	82.65
2003	39.95	16.32	9.15	2.76	1.72	29.57	0.30	99.75
2004	32.40	18.75	9.63	2.54	1.73	27.98	0.41	93.44
2005	38.48	17.42	6.88	2.10	1.66	28.37	0.42	95.34
2006	52.10	15.28	7.12	1.14	1.47	27.24	0.54	104.89
2007	71.31	14.74	6.11	0.62	1.45	26.22	0.46	120.89
2008	55.05	16.23	4.39	0.37	1.16	33.43	0.42	111.05
2009	48.40	17.97	3.69	0.32	0.70	38.65	0.22	109.95
2010	79.99	18.86	5.52	0.39	0.42	37.52	0.24	142.94
2011	84.53	15.93	3.58	0.28	0.29	39.34	0.23	144.18
2012	91.21	15.74	3.89	0.21	0.20	40.50	0.23	151.98
2013	85.65	14.59	2.24	0.18	0.18	40.71	0.26	143.81
2014	26.00	11.99	2.14	0.14	0.14	40.35	0.28	81.04
2015	41.08	9.60	1.87	0.12	0.11	40.14	0.29	93.22

## 18. Emisi GRK Sektor Komersial (Juta Ton CO<sub>2</sub>)

Tahun	ADO	IDO	Kerosin	Gas	LPG	Total
2000	2.33	0.02	1.51	0.04	0.46	4.37
2001	2.48	0.02	1.49	0.05	0.42	4.45
2002	2.44	0.02	1.41	0.05	0.47	4.40
2003	2.35	0.01	1.42	0.05	0.35	4.19
2004	2.70	0.01	1.43	0.06	0.48	4.68
2005	2.51	0.01	1.38	0.06	0.49	4.45
2006	2.20	0.01	1.21	0.07	0.46	3.95
2007	2.12	0.00	1.20	0.09	0.49	3.91
2008	2.34	0.00	0.96	0.12	0.38	3.79
2009	2.59	0.00	0.58	0.24	0.38	3.79
2010	2.72	0.00	0.34	0.32	0.38	3.76
2011	2.29	0.00	0.24	0.42	0.41	3.37
2012	2.27	0.00	0.17	0.53	0.42	3.39
2013	2.10	0.00	0.15	0.47	0.47	3.19
2014	1.73	0.00	0.12	0.48	0.51	2.83
2015	1.38	0.00	0.09	0.47	0.53	2.48

## 19. Emisi GRK Sektor Rumah Tangga (Juta Ton CO<sub>2</sub>)

Tahun	Gas	Kerosin	LPG	Total
2000	0.03	27.31	2.19	29.53
2001	0.03	26.93	2.28	29.24
2002	0.03	25.60	2.36	27.99
2003	0.03	25.76	2.59	28.39
2004	0.04	25.97	2.51	28.52
2005	0.04	24.92	2.22	27.18
2006	0.04	21.97	2.49	24.50
2007	0.04	21.70	3.09	24.83
2008	0.04	17.32	5.02	22.38
2009	0.04	10.48	8.42	18.94
2010	0.04	6.24	11.24	17.52
2011	0.04	4.35	13.07	17.45
2012	0.04	3.03	15.21	18.28
2013	0.04	2.76	16.95	19.76
2014	0.04	2.13	18.42	20.59
2015	0.04	1.69	19.28	21.01

20. Emisi GRK Sektor Transportasi (Juta Ton CO<sub>2</sub>)

Tahun	ADO	Avgas	Avtur	IDO	FO	Kerosin	RON 88	RON 92	RON 95	Solar 51	Bio RON 88	Bio RON 92	Bio Solar	Gas	Total
2000	26.51	0.01	3.05	0.14	0.22	0.01	30.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	60.04
2001	28.14	0.01	3.73	0.13	0.23	0.01	31.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	63.97
2002	27.69	0.01	4.04	0.13	0.22	0.01	33.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	65.34
2003	26.67	0.01	4.88	0.11	0.18	0.01	34.26	0.92	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	67.33
2004	30.65	0.01	6.17	0.10	0.19	0.01	38.23	1.21	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	76.89
2005	28.47	0.01	5.88	0.08	0.13	0.01	41.43	0.62	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	76.88
2006	24.98	0.01	6.15	0.05	0.14	0.01	39.74	1.25	0.30	0.00	0.00	0.00	0.55	0.01	73.20
2007	24.10	0.00	6.38	0.02	0.12	0.01	42.28	1.17	0.37	0.00	0.14	0.02	2.23	0.02	76.88
2008	26.53	0.00	6.67	0.01	0.09	0.01	47.64	0.74	0.27	0.00	0.11	0.04	2.37	0.04	84.53
2009	29.37	0.00	6.99	0.01	0.07	0.00	51.85	1.14	0.25	0.01	0.26	0.05	6.11	0.06	96.18
2010	30.82	0.00	8.93	0.02	0.11	0.00	55.81	1.66	0.27	0.01	0.00	0.00	11.19	0.06	108.90
2011	26.03	0.01	9.02	0.01	0.07	0.00	61.73	1.55	0.70	0.02	0.00	0.00	18.29	0.06	117.49
2012	25.72	0.01	9.87	0.01	0.08	0.00	68.82	1.65	0.35	0.03	0.00	0.00	23.61	0.05	130.21
2013	23.84	0.01	10.53	0.01	0.04	0.00	71.34	2.11	0.38	0.07	0.00	0.00	27.85	0.06	136.23
2014	19.60	0.00	10.71	0.01	0.04	0.00	71.84	2.64	0.37	0.09	0.00	0.00	34.81	0.07	140.18
2015	15.70	0.01	10.98	0.00	0.04	0.00	67.97	6.85	0.66	0.11	0.00	0.00	35.54	0.08	137.94

## 21. Emisi GRK Sektor Lainnya (Juta Ton CO<sub>2</sub>)

Tahun	ADO	FO	IDO	Kerosin	Mogas	Total
2000	8.23	1.81	0.52	1.25	0.88	12.68
2001	8.73	1.89	0.50	1.23	0.92	13.28
2002	8.59	1.81	0.47	1.17	0.97	13.02
2003	8.28	1.47	0.41	1.18	1.00	12.34
2004	9.51	1.55	0.38	1.19	1.11	13.74
2005	8.84	1.11	0.31	1.14	1.21	12.60
2006	7.75	1.14	0.17	1.00	1.16	11.23
2007	7.48	0.98	0.09	0.99	1.23	10.78
2008	8.23	0.71	0.06	0.79	1.39	11.18
2009	9.12	0.59	0.05	0.48	1.51	11.75
2010	9.57	0.89	0.06	0.29	1.63	12.43
2011	8.08	0.57	0.04	0.20	1.80	10.70
2012	7.98	0.63	0.03	0.14	2.01	10.79
2013	7.40	0.36	0.03	0.13	2.08	9.99
2014	6.08	0.34	0.02	0.10	2.09	8.64
2015	4.87	0.30	0.02	0.08	1.98	7.25

## 22. Emisi GRK Pembangkit Listrik (Juta Ton CO<sub>2</sub>)

Tahun	Batubara	FO	HSD	IDO	Gas	Total
2000	32.83	5.70	7.61	0.07	13.51	59.73
2001	35.06	5.50	8.66	0.87	13.14	63.24
2002	35.13	7.06	11.21	0.12	11.39	64.90
2003	38.15	7.84	12.17	0.09	10.88	69.14
2004	38.53	7.68	15.26	0.11	10.42	71.99
2005	42.25	6.93	18.48	0.08	8.45	76.18
2006	47.70	7.32	18.38	0.07	9.32	82.80
2007	53.66	8.59	19.08	0.04	10.11	91.48
2008	52.49	9.70	19.69	0.08	10.73	92.70
2009	54.00	9.30	15.42	0.03	15.74	94.50
2010	59.89	7.46	16.69	0.02	16.73	100.78
2011	68.58	7.70	21.67	0.04	16.87	114.85
2012	88.78	4.86	16.05	0.01	21.61	131.31
2013	98.99	3.62	15.24	0.01	24.21	142.07
2014	111.50	3.36	15.34	0.01	26.59	156.80
2015	122.47	2.77	23.40	0.01	26.96	175.62

23. Proyeksi Emisi GRK Sektor Energi Berdasarkan Kondisi BaU dan Skenario Pengembangan Serta Penurunan Emisinya (Juta Ton CO<sub>2</sub>)

Tahun	Emisi GRK Kondisi BaU	Emisi GRK Skenario Pengembangan	Penurunan Emisi
2016	460	453	7
2017	484	475	9
2018	510	498	12
2019	538	520	18
2020	567	544	23
2021	599	569	29
2022	632	595	38
2023	668	620	48
2024	707	644	62
2025	748	666	81
2026	791	686	105
2027	838	701	137
2028	888	710	178
2029	941	709	232
2030	998	695	303



Dalam *Conference of Parties* (COP) ke-21 di Paris, Presiden Joko Widodo menyatakan komitmen Indonesia untuk menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29 persen pada tahun 2030, bahkan sampai 41 persen jika mendapatkan bantuan internasional. Dengan target baru tersebut, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) perlu berusaha lebih keras dalam menambah porsi pengurangan emisi GRK melalui peningkatan penggunaan energi ramah lingkungan. Salah satunya melalui penerapan *Clean Coal Technology* (CCT) dan *cogeneration* pada pembangkit listrik, dimana CCT memberikan kontribusi sebesar 4 persen dan penggunaan *cogeneration* berkontribusi sebesar 20 persen dalam menurunkan emisi GRK sektor energi. Ke depan, aksi mitigasi GRK dari seluruh sektor energi perlu ditingkatkan agar komitmen penurunan emisi Indonesia di tahun 2030 dapat tercapai.



[www.esdm.go.id](http://www.esdm.go.id)  
PUSAT DATA DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL  
KEMENTERIAN ESDM  
2016