

Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi



PUSAT DATA DAN TEKNOLOGI INFORMASI
ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
KEMENTERIAN ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
2015

TIM PENYUSUN

Pengarah

Sekretaris Jenderal KESDM
M. Teguh Pamudji

Penanggung Jawab

Kepala Pusat Data dan Teknologi Informasi KESDM
Agung Wahyu Kencono

Ketua

Kepala Bidang Analisis dan Evaluasi Data Strategis
Sugeng Mujiyanto

Tim Penyusun

Agus Supriadi
Aang Darmawan
Bambang Edi Prasetyo
Tri Nia Kurniasih
Feri Kurniawan
Khoiria Oktaviani
Ameri Isra
Ririn Aprillia
Qisthi Rabbani
Dini Anggreani
Indra Setiadi

ISBN: 978-602-0836-17-1

Penerbit

Pusat Data dan Teknologi Informasi
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
Jl. Medan Merdeka Selatan No.18 Jakarta 10110
Telp. : (021) 3804242 ext 7902
Fax : (021) 3519882
Email : pusdatin@esdm.go.id

Cetakan Pertama, Desember 2015

Hak Cipta dilindungi undang-undang

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, hanya dengan perkenan-Nya Laporan Analisis dan Evaluasi Data Inventori Emisi GRK Berbasis Energi Tahun 2015 ini dapat diselesaikan.

Analisis dan Evaluasi Data Inventori Emisi GRK Berbasis Energi memuat hasil inventarisasi dan evaluasi data dan informasi terkait emisi GRK serta mengetahui perkembangan emisi gas rumah kaca dari sektor energi di Indonesia, disamping itu juga mengetahui pola perkembangan emisi GRK dari berbagai sumber energi dapat digunakan sebagai acuan/rekomendasi dalam penyusunan kebijakan pengembangan energi yang berwawasan lingkungan..

Data dan informasi dalam laporan ini diperoleh dari data *Handbook Economy and Energy Statistic Indonesia* (HEESI) yang dikeluarkan oleh Pusdatin KESDM, Ditjen Ketenagalistrikan, Ditjen EBTKE, Badan Litbang ESDM, Bappenas dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Akhir kata, kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan membantu penyusunan Laporan ini. Diharapkan laporan ini dapat menjadi referensi kepada pimpinan Kementerian ESDM maupun BUMN dan Stakeholder/pihak lain dalam pengembangan kebijakan dan memberikan rekomendasi dalam rangka menurunkan emisi GRK dengan Rencana Aksi Nasional yang nyata.

Jakarta, Desember 2015

Penyusun.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

- Ir. Agus Sugiyono, M.Eng., BPPT
- Ir. La Ode M. Abdul Wahid, BPPT
- Dr. Retno Gumilang Dewi, ITB
- Ir. Ucok W.R. Siagian, Ph.D., ITB

RINGKASAN EKSEKUTIF

Melalui Undang-Undang Nomor 6 tahun 1994 Indonesia telah meratifikasi konvensi perubahan iklim sehingga Indonesia wajib melakukan pelaporan tingkat emisi Gas Rumah Kaca (GRK) nasional dan upaya-upaya mitigasi perubahan iklim pada dokumen komunikasi nasional dengan prinsip *common but differentiated responsibilities*. Dalam upaya berperan aktif dalam penurunan emisi GRK pada tanggal 25 September 2009 Presiden RI pada forum G-20 di Pittsburgh, USA telah secara sukarela menyampaikan bahwa Indonesia menargetkan penurunan emisi GRK sebesar 26% dari kondisi *Business as Usual* yang akan dicapai pada tahun 2020 atau 41% bila ada bantuan keuangan dari negara-negara maju. Dari target penurunan emisi tersebut sektor energi dan transportasi mendapat kewajiban menurunkan emisi GRK sebesar 39 juta Ton.

Untuk menindaklanjuti dalam pencapaian target penurunan emisi GRK tersebut pada tahun 2011 telah dikeluarkan Peraturan Presiden Nomor 61 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan emisi Gas Rumah Kaca dan Peraturan Presiden Nomor 71 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Dalam Peraturan Presiden Nomor 71 tahun 2011 tersebut pada pasal 3 ayat (1) dijelaskan 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.

Dalam rangka pelaksanaan kegiatan inventarisasi data emisi GRK berbasis energi, Kementerian Lingkungan Hidup telah mengeluarkan Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Emisi GRK Nasional Buku II-Volume I yang memuat metodologi perhitungan tingkat emisi GRK pada kegiatan pengadaan dan penggunaan energi. Untuk implementasi pedoman tersebut, beberapa Kementerian/Lembaga terkait termasuk Kementerian ESDM telah

melakukan kegiatan inventarisasi emisi GRK berbasis energi. Saat ini, **Kementerian ESDM cq Pusdatin ESDM**, untuk menghitung emisi GRK di sektor energi dari hasil pemakaian bahan bakar masih menggunakan metode perhitungan tahap Tier 1. Sehingga ke depan, untuk meningkatkan ketersediaan data aktivitas sektor pengguna energi perlu dibangun suatu sistem database inventarisasi data emisi GRK yang terintegrasi dengan pihak terkait.

Analisis dan Evaluasi Data Inventori Emisi GRK Berbasis Energi ini dilakukan melalui metodologi kuantitatif dan kualitatif. Metodologi kuantitatif berdasarkan data sekunder yang digunakan sebagai masukan untuk perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) dan untuk melihat prospek pengembangan sektor energi di masa depan. Metodologi kualitatif dilakukan melalui studi literatur untuk melihat permasalahan serta kebijakan sektor energi saat ini.

Kajian ini membuat *baseline* emisi GRK berdasarkan Skenario *Business as Usual* (Skenario BAU) Mitigasi emisi GRK dilakukan dengan menggunakan opsi konservasi dan diversifikasi energi di sektor transportasi dan pembangkit listrik yang dinyatakan dalam bentuk Skenario Pengembangan (Skenario PGB). Skenario-skenario tersebut kemudian diimplementasikan dalam model energi menggunakan Model LEAP (*Long-Range Energy Alternatives Planning System*). Dari data historis terlihat bahwa penggunaan energi final saat ini (2013) masih didominasi oleh penggunaan BBM. Penggunaan energi final sektoral dalam kurun waktu 2000-2013 meningkat dari 764 Juta SBM pada tahun 2000 menjadi 1.151 Juta SBM pada tahun 2013 atau meningkat rata-rata sebesar 3,2% per tahun. Pertumbuhan penggunaan energi terbesar adalah sektor transportasi yaitu 6,7% per tahun, diikuti oleh sektor komersial 4,7% per tahun. Sektor rumah tangga relatif tidak tumbuh namun terjadi pergeseran penggunaan jenis energi dari kayu bakar ke penggunaan energi listrik dan gas yang lebih efisien. Sedangkan untuk sektor pembangkit listrik, kebutuhan bahan bakarnya meningkat dari 131 juta SBM (2000) menjadi 292 juta SBM (2013) atau meningkat rata-rata 6,4% per tahun.

Dalam model, biomassa yang diperhitungkan adalah biomassa komersial di luar kayu bakar. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa proyeksi kebutuhan energi final untuk Skenario BAU tumbuh dari 918 juta SBM pada tahun 2013 menjadi 2.941 juta SBM pada tahun 2035 atau meningkat rata-rata 5,4% per tahun. Pada kurun waktu 2013-2035 terjadi kenaikan sebesar 3,2 kali dalam kurun waktu 22 tahun. Penggunaan energi final untuk Skenario PGB lebih rendah dari pada untuk skenario BAU karena sudah mempertimbangkan program konservasi energi untuk sektor transportasi. Pada tahun 2025 terjadi penurunan penggunaan energi sebesar 3,9% dan program konservasi terus ditingkatkan sehingga pada tahun 2035 terjadi penurunan penggunaan energi sebesar 8,7%. Program konservasi di sektor transportasi dengan perbaikan manajemen serta sistem transportasi dengan menggunakan angkutan massal seperti *Bus Rapid Transportation* (BRT).

Total emisi GRK untuk Skenario BAU secara keseluruhan berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. Emisi GRK untuk Skenario BAU pada tahun 2013 sebesar 475 juta ton CO₂e dan meningkat menjadi 1.655 juta ton CO₂e pada tahun 2035 (tumbuh rata-rata 5,8% per tahun). Penghasil emisi GRK terbesar adalah pembangkit listrik dari 143 juta ton CO₂e (tahun 2013) menjadi 881 juta ton CO₂e (tahun 2035). Serupa dengan Skenario BAU, emisi GRK untuk Skenario PGB meningkat rata-rata sebesar 4,5% per tahun pada tahun 2013 sebesar 475 juta ton CO₂e dan menjadi 1.253 juta ton CO₂e pada tahun 2035. Pada Skenario BAU setiap peningkatan kebutuhan energi 1% akan meningkatkan emisi GRK sebesar 1,1% yang perlu mendapat perhatian karena pertumbuhan emisi GRK melebihi pertumbuhan kebutuhan energi. Sedangkan untuk Skenario PGB setiap peningkatan kebutuhan energi 1% akan meningkatkan emisi GRK sebesar 0,9% yang sudah lebih baik dari pada Skenario BAU karena penggunaan bahan bakar fosil sudah lebih sedikit. Penurunan emisi yang dapat dicapai melalui mitigasi emisi dengan Skenario PGB pada tahun 2025 sebesar 155 juta ton

CO₂e atau sebesar 17,0% terhadap emisi Skenario BAU. Pada tahun 2035 penurunan emisi yang dapat dicapai meningkat menjadi sebesar 402 juta ton CO₂e atau sebesar 24,3% terhadap emisi Skenario BAU.

DAFTAR ISI

TIM PENYUSUN	i
KATA PENGANTAR.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
RINGKASAN EKSEKUTIF	iv
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	2
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan	3
1.4 Penerima Manfaat	3
1.5 Sistematika Pelaporan.....	3
BAB II METODOLOGI.....	6
2.1 Pengumpulan Data	7
2.2 Studi Literatur	8
2.3 Model dan Skenario.....	8
2.4 <i>Focus Group Discussion</i>	10
2.5 Analisis dan Evaluasi.....	10
BAB III PENGGUNAAN ENERGI SEKTORAL.....	12
3.1 Data Historis Penggunaan Energi	12
3.1.1 Sektor Industri	14
3.1.2 Sektor Rumah Tangga	15
3.1.3 Sektor Transportasi	17
3.1.4 Sektor Komersial	19
3.1.5 Sektor Lainnya.....	20
3.1.6 Pembangkit Listrik	21
3.2 Asumsi Pertumbuhan Sosial Ekonomi.....	24
3.2.1 Data Pertumbuhan Ekonomi	24
3.2.2 Data Pertumbuhan Penduduk	25

	3.2.3	Skenario Pertumbuhan.....	26
3.3		Proyeksi Kebutuhan Energi	34
	3.3.1	Sektor Industri	37
	3.3.2	Sektor Rumah Tangga	38
	3.3.3	Sektor Transportasi	39
	3.3.4	Sektor Komersial	41
	3.3.5	Sektor Lainnya.....	42
	3.3.6	Pembangkit Listrik	43
BAB IV EMISI GAS RUMAH KACA SEKTOR ENERGI.....			46
4.1		Data Faktor Emisi	46
	4.1.1	Bahan Bakar Minyak.....	48
	4.1.2	Batubara	49
	4.1.3	Kelistrikan	50
4.2		Emisi GRK Saat Ini.....	53
	4.2.1	Emisi GRK Sektor Industri	57
	4.2.2	Emisi GRK Sektor Rumah Tangga	58
	4.2.3	Emisi GRK Sektor Transportasi.....	59
	4.2.4	Emisi GRK Sektor Komersial	60
	4.2.5	Emisi GRK Sektor Lainnya	61
	4.2.6	Emisi GRK Sektor Pembangkit Listrik.....	62
4.3		Proyeksi Emisi GRK Skenario BAU.....	63
4.4		Proyeksi Emisi GRK Skenario PGB	69
BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI			73
5.1		Kesimpulan	73
5.2		Rekomendasi.....	75
DAFTAR PUSTAKA			77
LAMPIRAN			79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Metodologi.....	6
Gambar 3.1. Konsumsi Energi Final per Jenis Energi	13
Gambar 3.2. Konsumsi Energi Final Menurut Sektor.....	13
Gambar 3.3. Konsumsi Energi Final di Sektor Industri	15
Gambar 3.4. Konsumsi Energi di Sektor Rumah Tangga	16
Gambar 3.5. Konsumsi Energi di Sektor Transportasi	18
Gambar 3.6. Konsumsi Energi di Sektor Komersial	20
Gambar 3.7. Konsumsi Energi di Sektor Lainnya	21
Gambar 3.8. Pangsa Kapasitas Pembangkit Listrik (2013).....	22
Gambar 3.9. Penggunaan Bahan Bakar untuk Pembangkit Listrik .	23
Gambar 3.10. Data Pertumbuhan PDB.....	25
Gambar 3.11. Data Pertumbuhan Penduduk	26
Gambar 3.12. Proyeksi Penggunaan Energi (Skenario BAU).....	35
Gambar 3.13. Proyeksi Penggunaan Energi (Skenario PGB).....	37
Gambar 3.14. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Energi	38
Gambar 3.15. Proyeksi Penggunaan Energi di Sektor Rumah Tangga	39
Gambar 3.16. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Transportasi (BAU).....	40
Gambar 3.17. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Transportasi (PGB)	41
Gambar 3.18. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Komersial.....	42
Gambar 3.19. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Lainnya	43
Gambar 3.20. Proyeksi Kebutuhan Energi di Pembangkit Listrik (BAU).....	44
Gambar 3.21. Proyeksi Kebutuhan Energi di Pembangkit Listrik (PGB)	45
Gambar 4.1. Metodologi Perhitungan Faktor Emisi BBM.....	48
Gambar 4.2. Hasil Perhitungan Faktor Emisi Batubara	50
Gambar 4.3. Metode <i>Life Cycle</i> Analisis untuk Perhitungan Faktor Emisi	51

Gambar 4.4. Emisi GRK Saat Ini.....	56
Gambar 4.5. Pangsa Emisi GRK per Jenis Bahan Bakar	57
Gambar 4.6. Emisi GRK Sektor Industri.....	58
Gambar 4.7. Emisi GRK Sektor Rumah Tangga.....	59
Gambar 4.8. Emisi GRK Sektor Transportasi	60
Gambar 4.9. Emisi GRK Sektor Komersial	61
Gambar 4.10. Emisi GRK Sektor Lainnya.....	62
Gambar 4.11. Emisi GRK Sektor Pembangkit Listrik	63
Gambar 4.12. Proyeksi Emisi GRK per Sektor (Skenario BAU)	69
Gambar 4.13. Proyeksi Emisi GRK per Sektor (Skenario PGB)	71
Gambar 4.14. Perbandingan Proyeksi Emisi GRK untuk Skenario BAU dan Skenario PGB	72

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Faktor Emisi GRK.....	47
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Faktor Emisi BBM	49
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Faktor Emisi untuk PLTMH	52
Tabel 4.4. Perbandingan Faktor Emisi	53
Tabel 4.5. Target Pengurangan Emisi GRK.....	65
Tabel 4.6. Pengurangan Emisi GRK Sektor Energi	67

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Melalui Undang-Undang Nomor 6 tahun 1994 Indonesia telah meratifikasi konvensi perubahan iklim sehingga Indonesia wajib melakukan pelaporan tingkat emisi Gas Rumah Kaca (GRK) nasional dan upaya-upaya mitigasi perubahan iklim pada dokumen komunikasi nasional dengan prinsip *common but differentiated responsibilities*. Dalam upaya berperan aktif dalam penurunan emisi GRK pada tanggal 25 September 2009 Presiden RI pada forum G-20 di Pittsburgh, USA telah secara sukarela menyampaikan bahwa Indonesia menargetkan penurunan emisi GRK sebesar 26% dari kondisi *Business as Usual* yang akan dicapai pada tahun 2020 atau 41% bila ada bantuan keuangan dari negara-negara maju. Dari target penurunan emisi tersebut sektor energi dan transportasi mendapat kewajiban menurunkan emisi GRK sebesar 39 juta Ton.

Untuk menindaklanjuti dalam pencapaian target penurunan emisi GRK tersebut pada tahun 2011 telah dikeluarkan Peraturan Presiden Nomor 61 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan emisi Gas Rumah Kaca dan Peraturan Presiden Nomor 71 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Dalam Peraturan Presiden Nomor 71 tahun 2011 tersebut pada pasal 3 ayat (1) dijelaskan 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.

Dalam rangka pelaksanaan kegiatan inventarisasi data emisi GRK berbasis energi, Kementerian Lingkungan Hidup telah mengeluarkan Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Emisi GRK Nasional Buku

II-Volume I yang memuat metodologi perhitungan tingkat emisi GRK pada kegiatan pengadaan dan penggunaan energi. Untuk implementasi pedoman tersebut, beberapa Kementerian/Lembaga terkait termasuk Kementerian ESDM telah melakukan kegiatan inventarisasi emisi GRK berbasis energi. Saat ini, Kementerian ESDM cq Pusdatin ESDM, untuk menghitung emisi GRK di sektor energi dari hasil pemakaian bahan bakar masih menggunakan metode perhitungan tahap Tier 1. Sehingga ke depan, untuk meningkatkan ketersediaan data aktivitas sektor pengguna energi perlu dibangun suatu sistem database inventarisasi data emisi GRK yang terintegrasi dengan pihak terkait.

Selanjutnya, dalam penyusunan baseline sektor energi dan transportasi yang akurat perlu mendapat dukungan hasil kegiatan inventarisasi data emisi GRK yang lengkap sebagai basis data. Dengan penetapan baseline sektor energi yang didukung basis data yang lengkap diharapkan akan dapat dirumuskan berbagai rencana aksi penurunan emisi GRK yang tepat dan terintegrasi, sehingga tercapai target penurunan emisi GRK berbasis energi dengan keterlibatan berbagai Kementerian/Lembaga terkait dan Pemerintah Daerah. Berdasarkan pertimbangan hal-hal tersebut, perlu dilakukan analisis dan evaluasi data inventori emisi GRK berbasis energi.

1.2 Maksud dan Tujuan

Pelaksanaan kegiatan ini dimaksudkan untuk menginventarisasi dan mengevaluasi data dan informasi terkait emisi GRK serta mengetahui perkembangan emisi gas rumah kaca dari sektor energi di Indonesia. Kegiatan ini bertujuan untuk menganalisis pola perkembangan emisi GRK dari berbagai sumber energi dapat digunakan sebagai acuan/rekomendasi dalam penyusunan kebijakan pengembangan energi yang berwawasan lingkungan.

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

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

- Inventarisasi dan evaluasi data dan informasi terkait emisi GRK berbasis energi melalui studi literatur, rapat koordinasi/konsinyering, dan kunjungan lapangan.
- Analisis dan evaluasi tingkat ketidakpastian (*uncertainty*) data aktivitas sumber emisi, faktor emisi, serta hasil perhitungan tingkat emisi GRK berbasis energi melalui rapat koordinasi/konsinyering dengan para pakar/praktisi dan *stakeholders*;
- Penyusunan usulan rekomendasi data inventarisasi emisi GRK berbasis energi dari hasil pemakaian bahan bakar dan emisi *fugitive*;
- Penyusunan laporan akhir.

1.4 Penerima Manfaat

Penerima manfaat langsung kegiatan analisis dan evaluasi data inventori emisi gas rumah kaca berbasis energi ini adalah para Pimpinan di lingkungan Kementerian ESDM dan *stakeholder* terkait.

1.5 Sistematika Pelaporan

Laporan yang dibuat didasarkan pada hasil kajian dan analisa mengenai pengembangan pemanfaatan gas sebagai bahan bakar di sektor transportasi di Palembang, disusun dalam 9 bab yang terdiri dari pendahuluan, metodologi, kebutuhan dan penyediaan energi

dimasa lalu dan masa akan datang, analisis kebutuhan gas, analisis teknis dan ekonomis NGV dan SPBG dan juga kesimpulan berikut rekomendasi. Secara lebih rinci, isi dari setiap bab ditunjukkan sebagai berikut:

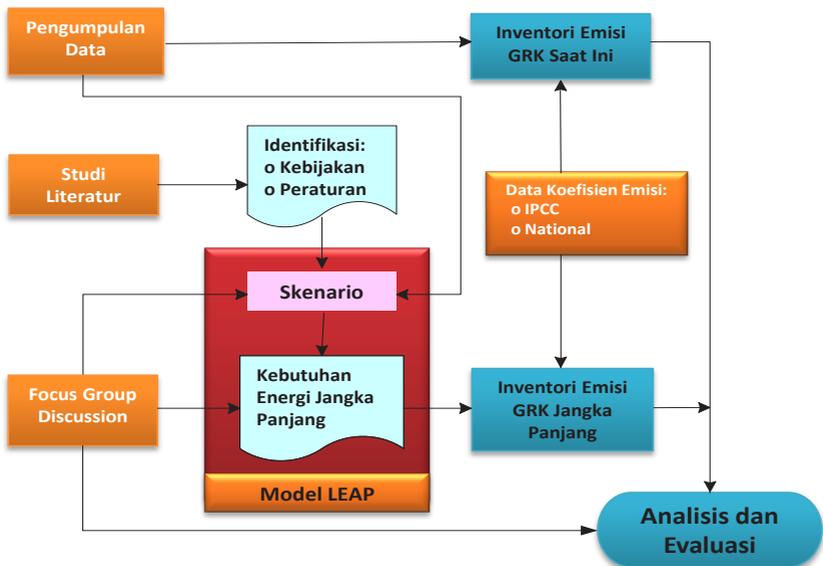
- Bab I, **Pendahuluan** yang menyajikan lima sub-bab yang mencakup latar belakang, maksud dan tujuan studi, ruang lingkup kegiatan, keluaran dan manfaat yang diperoleh dari hasil studi dan sistematika penulisan laporan.
- Bab II, **Metodologi** yang akan menjelaskan tahapan dalam pelaksanaan kajian. Tahapan yang penting adalah pengumpulan data yang dapat diperoleh melalui studi literatur, data sekunder dan masukan dari stakeholder serta penggunaan model untuk proyeksi emisi GRK. Hasil model kemudian dilakukan analisis yang merupakan perhitungan emisi serta rekomendasi dalam melakukan upaya pengurangan emisi GRK di sektor energi.
- Bab III, **Penggunaan Energi Sektoral** yang akan membahas secara rinci mengenai penggunaan energi di sektor industri, transportasi, rumah tangga, komersial dan lainnya. Disamping itu juga dibahas penggunaan bahan bakar untuk pembangkit listrik serta kebijakan dan peraturan tentang energi. Pembahasan selanjutnya adalah proyeksi penggunaan enegi untuk jangka panjang sebagai dasar dalam perhitungan emisi GRK. Proyeksi jangka panjang ini berlandaskan berbagai skenario perkembangan sosial ekonomi.
- Bab IV, **Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi** yang akan membahas secara rinci hasil perhitungan emisi GRK di sektor energi baik saat ini maupun proyeksi jangka panjang. Berdasarkan mitigasi untuk substitusi bahan bakar yang lebih ramah lingkungan maka ke depan

dapat diperkirakan pengurangi emisi GRK bila dibandingkan tetap menggunakan bahan bakar fosil seperti kondisi saat ini.

Bab V, **Kesimpulan dan Rekomendasi** yang akan merangkum hal-hal yang penting hasil dari kajian ini serta memberikan saran berupa rekomendasi dalam upaya pengurangan emisi GRK di sektor energi.

BAB II METODOLOGI

Analisis dan Evaluasi Data Inventori Emisi GRK Berbasis Energi ini dilakukan melalui metodologi kuantitatif dan kualitatif. Metodologi kuantitatif berdasarkan data sekunder yang digunakan sebagai masukan untuk perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) dan untuk melihat prospek pengembangan sektor energi di masa depan. Metodologi kualitatif dilakukan melalui studi literatur untuk melihat permasalahan serta kebijakan sektor energi saat ini. Studi literatur ini merupakan bahan dalam pembuatan rekomendasi untuk pengembangan sektor energi yang mempunyai emisi GRK lebih rendah. Tahapan kajian ini dibagi menjadi lima tahapan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Metodologi

2.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam analisis ini adalah data sekunder yang dikumpulkan dari lembaga pemerintah yang terkait, antara lain: Kementerian ESDM, Kementerian Perindustrian, Kementerian Perhubungan, Pertamina, PT PLN dan BPS. Data yang dikumpulkan meliputi:

- Data historis penggunaan energi,
- Kebijakan dan peraturan perundang-undangan yang terkait dengan sektor energi,
- Data kondisi sektor energi saat ini, seperti: penggunaan energi sektoral, dan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit.
- Data perekonomian secara makro yang terkait dengan sektor energi serta data penduduk.

Data lain yang penting adalah data koefisien emisi GRK yang dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Saat ini IPCC *Guideline* yang digunakan sebagai pegangan untuk perhitungan koefisien emisi adalah:

- *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*
- *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*

Metodologi yang digunakan dalam menghitung emisi GRK dapat berdasarkan:

- Tier-1: dengan menggunakan faktor emisi default dari IPCC tahun 2006
- Tier 2: dengan menggunakan faktor emisi yang lebih akurat dari pada faktor emisi default dari IPCC atau menggunakan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*).

- Tier 3: menggunakan metoda spesifik suatu negara dengan data aktifitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific*).

2.2 Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk memperoleh gambaran awal dari permasalahan yang dihadapi dalam pengembangan sektor energi yang berkesinambungan. Berdasarkan studi literatur ini dapat lebih berfokus pada penyelesaian persoalan yang dihadapi tanpa membuat pengulangan dengan studi yang sudah ada. Beberapa instansi pemerintah, seperti: Kementerian ESDM, Kementerian Perindustrian, Kementerian Perhubungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, BPPT dan Kementerian Keuangan; serta institusi internasional seperti Bank Dunia dan *Asean Development Bank*; maupun para pakar yang telah melakukan studi tentang sektor energi merupakan sumber informasi yang penting untuk pembuatan analisis dan rekomendasi.

2.3 Model dan Skenario

Berdasarkan temuan-temuan kondisi yang ada saat ini dan kebijakan atau program yang telah dilaksanakan maka dapat dibuat proyeksi kebutuhan energi sektor energi jangka panjang. Kebutuhan energi ke depan akan meningkat seiring dengan dinamika pembangunan ekonomi. Dengan adanya peningkatan kebutuhan energi ke depan, dapat dihitung juga emisi GRK untuk sektor energi. Berdasarkan perhitungan data historis dan proyeksi maka dapat dilakukan analisis tentang emisi GRK di sektor energi. Perhitungan dan analisis dalam kajian ini menggunakan Model LEAP (*Long-Range Energy Alternatives Planning System*).

Model LEAP merupakan model untuk memproyeksikan permintaan dan penyediaan energi jangka panjang. Model LEAP sudah berupa perangkat lunak komputer yang dapat secara interaktif digunakan untuk melakukan analisis dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi. LEAP dikembangkan oleh *Stockholm Environment Institute*, Boston, USA. LEAP telah digunakan di banyak negara terutama negara-negara berkembang karena menyediakan simulasi untuk memilih pasokan energi mulai dari energi fosil sampai energi terbarukan, seperti: tenaga surya, angin, panas bumi dan biomasa.

Prakiraan energi dihitung berdasarkan besarnya aktivitas pemakaian energi dan besarnya pemakaian energi per aktivitas (intensitas pemakaian energi). Aktivitas energi dicerminkan oleh pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk. Sedangkan intensitas energi merupakan tingkat konsumsi energi per pendapatan (Produk Domestik Bruto - PDB) atau jumlah penduduk dalam waktu tertentu. Intensitas energi dapat dianggap tetap selama periode simulasi atau mengalami penurunan untuk menunjukkan skenario meningkatnya efisiensi pada sisi permintaan. Secara garis besar rumus matematis untuk perhitungan ditunjukkan pada rumus di bawah ini.

$$\text{Permintaan Energi} = \frac{\text{Intensitas Pemakaian Energi}}{\text{Aktivitas Pemakaian Energi}} \times \text{Aktivitas Pemakaian Energi}$$

(1)

Pembangunan ekonomi ke depan memiliki sejumlah ketidakpastian. Oleh karena itu untuk menangkap dinamika tersebut harus dikembangkan beberapa skenario. Informasi mengenai variabel ekonomi, demografi dan karakteristik pemakai energi dapat digunakan untuk membuat alternatif skenario. Kondisi masa depan dapat diprakirakan berdasarkan skenario-skenario tersebut. Skenario dapat berdasarkan asumsi pertumbuhan ekonomi dimasa depan mengarah pertumbuhan yang optimis atau yang pesimis.

Penetapan skenario terkait dengan evolusi sosial dan ekonomi suatu negara yang menggabungkan isu-isu yang terkait dengan kebijakan pembangunan nasional suatu negara seperti: pertumbuhan ekonomi, modifikasi struktur ekonomi, evolusi demografi, perbaikan taraf hidup (perumahan, kepemilikan mobil, mobilitas, dan elektrifikasi), serta kemajuan teknologi (intensitas energi), dan efisiensi penggunaan energi.

2.4 Focus Group Discussion

Focus Group Discussion (FGD) dilakukan bersama pemangku kepentingan untuk membahas permasalahan pengembangan sektor energi yang berkesinambungan. Pembahasan meliputi kebijakan dan regulasi yang sudah dikeluarkan oleh pemerintah seperti Undang-Undang, Keputusan Presiden (Kepres), Peraturan Pemerintah, dan Keputusan Menteri (Kepmen) serta implementasinya. Regulasi tersebut akan dilihat secara objektif mengenai: konsistensi dengan peraturan yang lain, tingkat kesulitan dalam implementasi, dan *fairness* terhadap semua pihak. Disamping itu juga dibahas masalah koefisien emisi GRK, pertumbuhan perekonomian jangka panjang serta hal-hal lain yang terkait untuk perhitungan emisi sektor energi. Pemangku kepentingan ini dipilih yang terkait dengan sektor energi baik dari sisi pelaku usaha maupun pembuat kebijakan supaya memperoleh hasil analisis yang komprehensif.

2.5 Analisis dan Evaluasi

Sebelum membuat rekomendasi harus dilakukan perhitungan emisi GRK berdasarkan data, studi literatur dan FGD yang telah dilakukan. Dengan menggunakan Model LEAP maka hasil-hasil perhitungan tersebut dapat dianalisis dan dievaluasi berdasarkan beberapa skenario yang ditetapkan. Dari hasil analisis ini maka dapat dibuat rekomendasi yang tajam serta dapat diimplementasikan.

Keseluruhan pembahasan ini dituangkan dalam laporan akhir yang dapat dimanfaatkan oleh para pemangku kepentingan dan pembuat kebijakan.

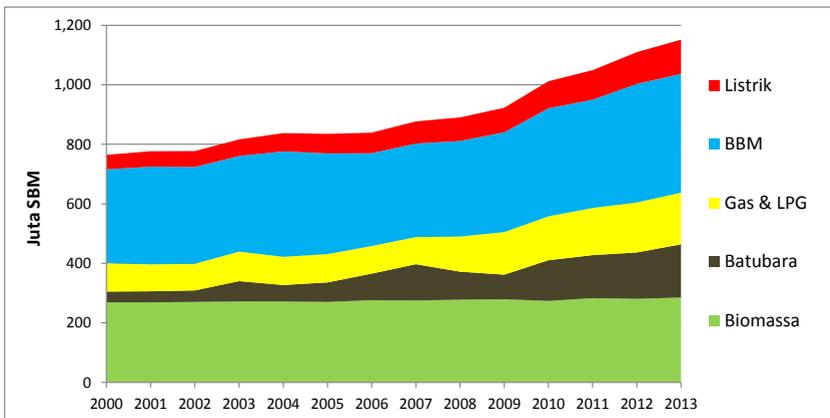
BAB III

PENGUNAAN ENERGI SEKTORAL

Secara umum penggunaan energi dibagi menjadi 5 sektor pengguna, yaitu sektor industri, sektor transportasi, sektor rumah tangga, sektor komersial dan sektor lainnya. Dalam studi ini energi yang diperhitungkan adalah keseluruhan energi final, baik energi fosil yang berupa bahan bakar migas dan batubara serta energi baru dan terbarukan. Penggunaan energi fosil merupakan sumber emisi gas rumah kaca (GRK), sedangkan penggunaan energi terbarukan tidak menimbulkan emisi GRK. Penggunaan energi untuk setiap sektor ditinjau untuk kondisi saat ini dan proyeksi jangka panjang. Untuk menghitung emisi GRK ini, disamping dari penggunaan energi untuk 5 sektor tersebut di atas, juga diperhitungkan emisi GRK dari penggunaan bahan bakar untuk pembangkit listrik. Pembuatan proyeksi didasarkan pada perkembangan sosial ekonomi dan energi dengan menggunakan Model LEAP.

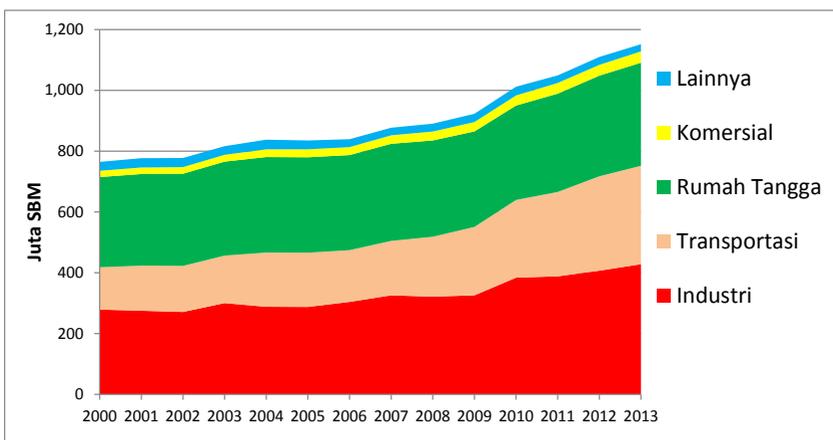
3.1 Data Historis Penggunaan Energi

Konsumsi energi di Indonesia terus mengalami kenaikan seiring dengan semakin meningkatnya kegiatan ekonomi di semua sektor pengguna energi baik sektor industri, transportasi, rumah tangga, komersial dan sektor lainnya. Dengan kenaikan rata-rata per tahun 3,2% (4,4% tanpa biomasa), konsumsi energi final Indonesia pada tahun 2013 mencapai 1.151 juta SBM. Bahan bakar minyak masih mendominasi konsumsi energi final Indonesia hingga tahun 2013 dengan pangsa 35% (46%, tanpa biomasa), diikuti dengan biomasa 25%, batubara 16%, gas bumi 15%, listrik 10%, dan sisanya disumbang oleh LPG, produk BBM lainnya, dan briket. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi pemanfaat energi yang diterapkan di Indonesia masih mengandalkan BBM sebagai bahan bakarnya.



Catatan: - tidak termasuk *other petroleum product dan feedstock*
 - BBM sudah termasuk BBN

Gambar 3.1. Konsumsi Energi Final per Jenis Energi



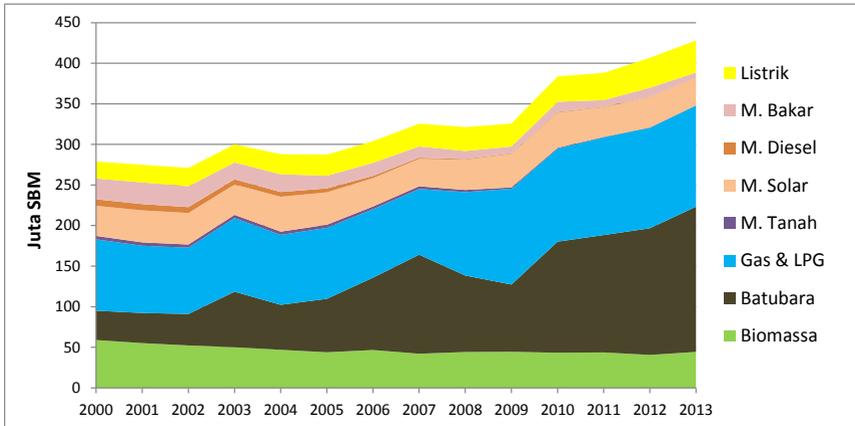
Gambar 3.2. Konsumsi Energi Final Menurut Sektor

Menurut sektor pengguna, terjadi perubahan konsumsi energi final pada beberapa sektor seperti sektor rumah tangga, industri dan transportasi. Pangsa sektor rumah tangga pada tahun 2000 mencapai 39% dan turun menjadi 29% pada tahun 2013. Sedangkan sektor industri naik dari 36% (tahun 2000) menjadi 37% pada tahun 2013 (dengan biomasa). Sektor transportasi naik cukup signifikan menjadi 28% (tahun 2000) dari 18% pada tahun 2000. Peningkatan konsumsi energi pada sektor transportasi yang cukup signifikan disebabkan oleh kegiatan ekonomi yang semakin meningkat khususnya industri manufaktur dan jasa yang berimbas pada mobilitas barang dan individu. Sektor seperti komersial dan lainnya juga mengalami peningkatan konsumsi meskipun dari segi pangsa relatif konstan. Penggunaan energi bukan sebagai bahan bakar tetapi sebagai bahan baku seperti pada industri pupuk dan petrokimia atau kilang minyak tidak dibahas dalam studi ini.

Berikut ini akan dijelaskan kondisi kebutuhan energi per sektor yang akan memberikan gambaran lebih rinci mengenai konsumsi, aktivitas, teknologi dan intensitas energi per sektor saat ini.

3.1.1 Sektor Industri

Pemakaian energi final sektor industri termasuk biomassa pada tahun 2013 didominasi oleh batubara, gas (gas bumi dan LPG), biomassa, BBM dan listrik. Pangsa batubara dalam total konsumsi energi final di sektor industri pada tahun 2013 sekitar 45%, sedangkan total pangsa gas hampir mencapai 29%, diikuti biomassa (10%), BBM (10%), dan listrik (9%).



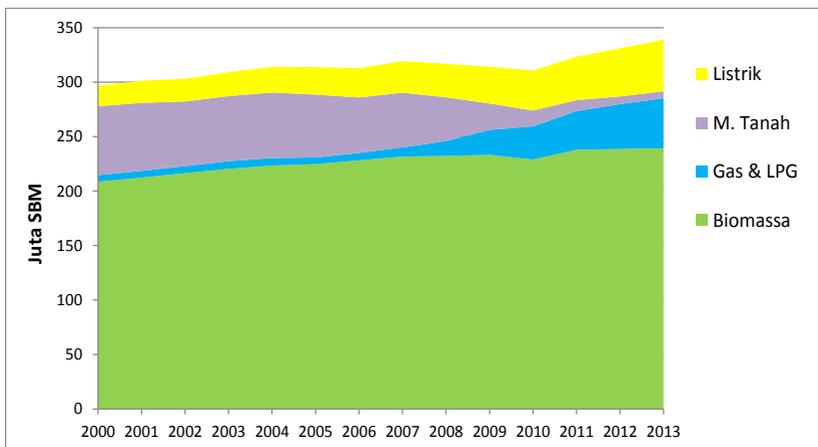
Gambar 3.3. Konsumsi Energi Final di Sektor Industri

Pemakaian energi di sektor industri meningkat dari 279 juta SBM pada tahun 2000 menjadi 428 juta SBM pada tahun 2013 atau rata-rata meningkat sebesar 3,4% per tahun. Peningkatan terbesar adalah penggunaan batubara yakni sebesar 13,1% per tahun karena harga batubara yang relatif murah dibandingkan dengan energi lainnya. Penggunaan BBM (minyak tanah, minyak solar, minyak diesel dan minyak bakar) mengalami penurunan dan disubstitusi dengan penggunaan batubara. Dibanding dengan tahun 2000, konsumsi minyak di sektor industri terus mengalami penurunan rata-rata sebesar 4,6% per tahun. Adanya tren penurunan konsumsi BBM tersebut sejalan dengan upaya pemerintah untuk mengurangi ketergantungan terhadap BBM. Penggunaan listrik cukup besar peningkatannya yakni rata-rata sekitar 5% per tahun.

3.1.2 Sektor Rumah Tangga

Teknologi pemanfaat energi yang digunakan pada sektor rumah tangga masih terbatas pada teknologi memasak dan peralatan listrik. Besar konsumsi energi sektor rumah tangga pada tahun 2000 adalah 297 juta SBM dan meningkat menjadi 339 juta SBM pada

tahun 2013, atau meningkat rata-rata sebesar 1,0% per tahun. Sebagian besar masyarakat Indonesia khususnya di perdesaan masih menggunakan biomassa seperti arang dan kayu sebagai bahan bakar memasak. Di perkotaan, kompor minyak tanah dan LPG umum digunakan untuk memasak, meskipun dengan adanya program substitusi bahan bakar yang dicanangkan pemerintah, orang mulai beralih dari penggunaan minyak tanah ke LPG. Substitusi minyak tanah dengan LPG bisa menghemat energi sebesar 25% karena efisiensi kompor LPG yang lebih tinggi. Penggunaan listrik pada kompor listrik untuk memasak masih sangat sedikit. Peralatan rumah tangga lainnya yang menggunakan listrik adalah lampu, TV, lemari pendingin, AC, peralatan elektronik dan lainnya yang sebagian besar belum menerapkan standar peralatan hemat energi.



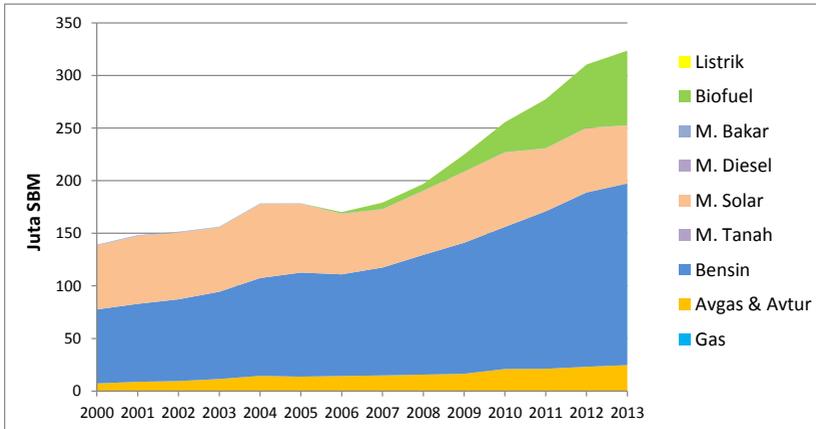
Gambar 3.4. Konsumsi Energi di Sektor Rumah Tangga

Sektor rumah tangga banyak mengalami peningkatan efisiensi baik dalam penggunaan peralatan listrik maupun dalam memanfaatkan biomassa. Konsumsi listrik meningkat cukup pesat yakni rata-rata sekitar 7,4% per tahun dari 18,7 juta SBM pada tahun 2000 menjadi

47,3 juta SBM pada tahun 2013. Pangsa listrik hanyalah sekitar 6% pada tahun 2000, namun pangsa tersebut pada tahun 2013 meningkat menjadi 14%, Hal ini menunjukkan lebih pesatnya kenaikan konsumsi listrik dibanding dengan total konsumsi energi final sektor rumah tangga.

3.1.3 Sektor Transportasi

Teknologi transportasi saat ini masih didominasi mesin yang menggunakan bahan bakar premium dan minyak solar, khususnya transportasi darat. Konsumsi energi final sektor transportasi meningkat dari 139 juta SBM pada tahun 2000 menjadi 324 juta SBM pada tahun 2013 atau rata-rata meningkat sebesar 6,7% per tahun. Penggunaan bahan bakar gas (BBG) masih sangat terbatas, baru di beberapa kota seperti Jakarta, Palembang dan Surabaya. Efisiensi kendaraan pribadi seperti mobil yang ada di jalan raya saat ini masih berkisar antara 8 – 15 km/liter. Kendaraan atau mobil listrik atau *hybrid* masih belum begitu populer di kalangan masyarakat diakibatkan harganya yang masih terlalu mahal. Bahan bakar alternatif seperti biosolar dan bioetanol sudah mulai diperkenalkan pada tahun 2006 meskipun konsumennya belum banyak, hanya mereka yang mempunyai perhatian terhadap lingkungan. Penggunaan transportasi umum seperti bus dan kereta api/KRL juga belum bisa mengurangi kemacetan di kota-kota besar Indonesia. Kemacetan berakibat pada pemborosan penggunaan bahan bakar yang perlu segera diatasi.



Gambar 3.5. Konsumsi Energi di Sektor Transportasi

Sektor transportasi merupakan pemakai BBM terbesar dibanding dengan sektor lainnya. Pada tahun 2013 pemakaian BBM di sektor ini mencapai 99,9% dari total konsumsi energi final. Pangsa bensin dalam total pemakaian BBM adalah 53,4%, sedangkan minyak solar adalah 17,0%.

Pemakaian BBG hanya sebesar 0,06% dari total pemakaian energi final sektor transportasi. Dibanding tahun 2005 dan 2006 pemakaian BBG paling rendah yakni sekitar 43 ribu SBM karena keterbatasan infrastruktur gas dan saat ini (tahun 2013) sudah mulai meningkat menjadi 185 ribu SBM. Pemakaian BBG hanya terbatas pada transportasi darat di kota-kota besar yang tersedia jaringan pipa gas. Konsumsi BBG sangat dipengaruhi oleh baik oleh sisi pengguna maupun sisi pasokan.

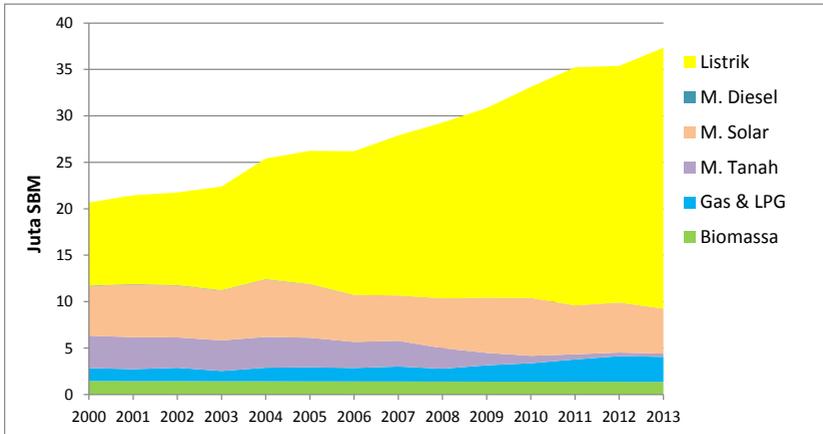
Pemakaian listrik di sektor transportasi baru dimanfaatkan untuk angkutan kereta api regional dan dalam kota, khususnya DKI Jakarta, Bekasi, Bogor, Depok, dan Tangerang. Pemakaian listrik pada tahun 2013 sebesar 79 ribu SBM. Jumlah tersebut meningkat 18% dibanding tahun sebelumnya.

Menurut Pertamina, angkutan jalan raya merupakan konsumen BBM, sebesar 88%, diikuti dengan angkutan laut sebesar 7%, angkutan udara 4% dan kereta api dan lainnya sebesar 1%. Dari angkutan jalan raya terbagi lagi menjadi 34% untuk mobil pribadi, 32% untuk angkutan barang (truk), bus 9% dan sepeda motor 13%. Data tersebut diambil pada tahun 2004 yang diasumsikan masih relevan untuk kondisi sekarang.

3.1.4 Sektor Komersial

Kebutuhan energi pada sektor komersial didominasi oleh bangunan komersial. Energi listrik dibutuhkan oleh bangunan komersial antara lain untuk penerangan, pendingin ruangan, lift, pompa, peralatan kantor seperti komputer, printer dan lain-lain. Selain dari sistem peralatan tersebut, hemat tidaknya suatu bangunan komersial mengkonsumsi energi juga tergantung dari desain dan material bangunan.

Konsumsi energi final sektor komersial, termasuk biomasa, meningkat dari 20,7 juta SBM pada tahun 2000 menjadi 37,3 juta SBM pada tahun 2013 atau rata-rata meningkat 4,7% per tahun. Konsumsi sektor komersial ini didominasi oleh listrik yang pangsa mencapai sekitar 75% pada tahun 2013. Pangsa terbesar kedua adalah penggunaan BBM yakni sebesar 14% dari total penggunaan energi sektor komersial, diikuti oleh penggunaan gas (7%) dan biomassa (4%).



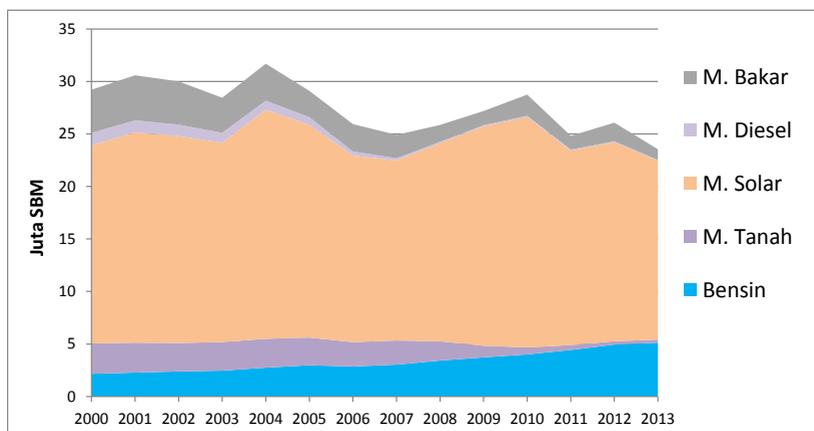
Gambar 3.6. Konsumsi Energi di Sektor Komersial

Disamping listrik, konsumsi gas (gas alam dan LPG) di sektor komersial juga mengalami peningkatan dari 1,39 juta SBM pada tahun 2000 menjadi 2,69 juta SBM tahun 2013, atau meningkat rata-rata 7% per tahun. Sedangkan konsumsi BBM pada tahun 2013 mengalami penurunan dibanding dengan tahun 2000, demikian juga dengan konsumsi biomassa. Penurunan konsumsi BBM (2000-2015) cukup signifikan adalah sebesar 4,0% per tahun, sedangkan biomassa menurun sebesar 0,05%. Untuk BBM, konsumsinya menurun karena adanya peralihan dari penggunaan BBM ke gas yang lebih murah dan bersih.

3.1.5 Sektor Lainnya

Pada tahun 2013 pemakaian energi final sektor lainnya (sektor pertanian, perkebunan dan perikanan, konstruksi, dan pertambangan) masih tetap didominasi oleh BBM jenis minyak solar (72%). Penggunaan energi di sektor ini mengalami penurunan dari sebesar 29,2 juta SBM (2000) menjadi 23,5 juta SBM (2013), atau menurun rata-rata sebesar 1,6% per tahun. Sebagian besar energi dikonsumsi oleh sektor konstruksi dan pertambangan. Pemakaian

bensin pada tahun 2013 mengalami peningkatan sebesar 6,9% per tahun bila dibandingkan pada tahun 2000. Pemakaian bensin menempati urutan kedua setelah minyak solar, yaitu sebesar 22% (2013). Pangsa minyak bakar, minyak tanah dan minyak diesel mencakup 4%, 1% dan 0,2% dari total pemakaian BBM di sektor lainnya. Pemakaian minyak tanah menurun dari 2,9 juta SBM pada tahun 2000 menjadi 0,3 juta SBM pada tahun 2013. Sedangkan minyak bakar juga menurun dari 4,1 juta SBM pada tahun 2000 menjadi sebesar 1,0 juta SBM pada tahun 2013.



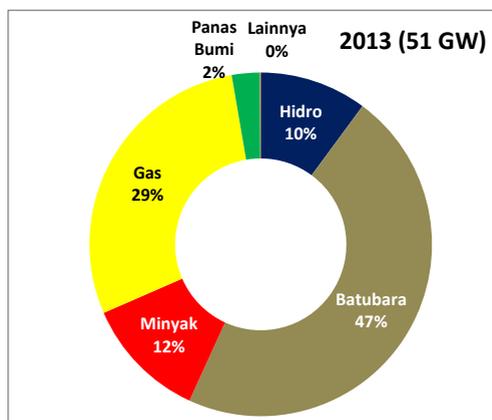
Gambar 3.7. Konsumsi Energi di Sektor Lainnya

3.1.6 Pembangkit Listrik

Energi listrik menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas hidup sekaligus menjadi motor bagi kemajuan ekonomi maupun sosial. Akses masyarakat pada layanan listrik perlu terus ditingkatkan untuk menghapuskan kemiskinan dan meningkatkan standar kehidupan masyarakat. Kebutuhan listrik tersebut dipenuhi dari pasokan listrik yang berasal dari pembangkit P.T. PLN (Persero), pembangkit swasta (*independent power producer/IIPP*),

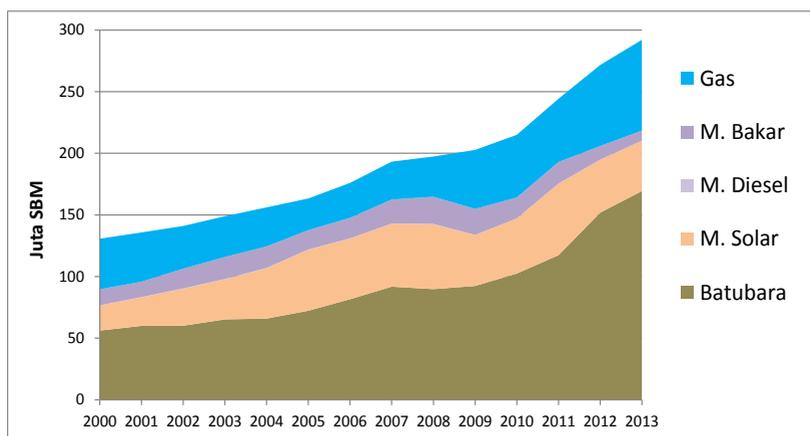
captive power, sebagian kecil dari koperasi. Kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik PLN dan IPP sampai dengan tahun 2013 mencapai sebesar 51 GW. Sedangkan kapasitas *captive power* diperkirakan mencapai sekitar 40% dari total pembangkit PLN dan IPP. Kapasitas *captive power* diperkirakan akan terus menurun perannya untuk jangka panjang karena lebih efisien menggunakan listrik PLN dari pada membangkitkan sendiri.

Pada tahun 2013 sebagian besar pembangkit listrik PLN dan IPP menggunakan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) berbahan bakar batubara dengan kapasitas terpasang mencapai 47% dari total kapasitas. Diikuti oleh pembangkit berbahan bakar gas sebesar 29% baik menggunakan pembangkit listrik turbin gas (PLTG), maupun pembangkit listrik *gas combined cycle* (PLTGU). Sisanya menggunakan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) sebesar 10%, pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) sebesar 12%, pembangkit listrik panas bumi (PLTP) sebesar 3%, dan sisanya pembangkit listrik tenaga minyak (PLTM) kapasitas saat ini sangat kecil. Sedangkan pembangkit tenaga angin meskipun sudah ada namun masih sangat kecil perannya.



Gambar 3.8. Pangsa Kapasitas Pembangkit Listrik (2013)

Produksi pembangkit tenaga listrik pada tahun 2013 sebesar 216,186 GWh dengan sebesar 163,966 GWh merupakan produksi PLN sendiri, dan sebesar 52,220 GWh PLN membeli dari pihak swasta. Produksi tersebut berasal dari berbagai sumber energi yang merupakan input pembangkit listrik, seperti: tenaga air, panas bumi, biomassa, batubara, gas bumi, dan BBM. Pembangkit dari batubara menghasilkan listrik dengan pangsa terbesar yaitu 51%, diikuti dengan pembangkit dari gas (27%), minyak (9%), hidro (8%), panas bumi (4%) dan sisinya dari energi terbarukan lainnya sebesar kurang dari 1%. Penggunaan energi terbarukan lainnya meningkat cukup pesat yaitu sebesar 34% per tahun, namun pangasanya masih sangat kecil.



Gambar 3.9. Penggunaan Bahan Bakar untuk Pembangkit Listrik

Penggunaan bahan bakar fosil (batubara, minyak solar, minyak diesel, minyak bakar, dan gas) di sektor pembangkit listrik meningkat dari 131 juta SBM pada tahun 2000 menjadi 292 juta SBM pada tahun 2013 atau meningkat rata-rata 6,4% per tahun. Pangsa terbesar adalah penggunaan bahan bakar barubara yakni sebesar 58% dari total, diikuti oleh penggunaan gas (25%), minyak solar

(14%), minyak bakar (3%) dan sisinya minyak diesel dengan pangsa yang sangat kecil.

3.2 Asumsi Pertumbuhan Sosial Ekonomi

Model LEAP digunakan untuk memproyeksikan permintaan dan penyediaan energi jangka panjang. Tahun dasar yang digunakan adalah tahun 2013 dengan tahun proyeksi 2014-2035. Pembuatan proyeksi untuk jangka panjang menghadapi sejumlah ketidakpastian yang harus diantisipasi. Dalam model energi, ketidakpastian tersebut biasanya dimodelkan dalam bentuk beberapa skenario dasar dan skenario alternatif. Penetapan skenario terkait dengan evolusi sosial dan ekonomi yang menggabungkan isu-isu yang terkait dengan kebijakan pembangunan nasional seperti: pertumbuhan ekonomi, perubahan struktur ekonomi, evolusi demografi, perbaikan taraf hidup (perumahan, kepemilikan mobil, mobilitas, dan elektrifikasi), serta kemajuan teknologi (intensitas dan efisiensi energi). Dalam prakteknya, skenario dibuat dengan mengubah suatu set asumsi terhadap variabel-variabel kunci dimasa yang akan datang. Dalam studi ini dibuat dua skenario, yaitu Skenario BAU (*Business as Usual*) dan Skenario Pengembangan yang selanjutnya disingkat menjadi Skenario PGB.

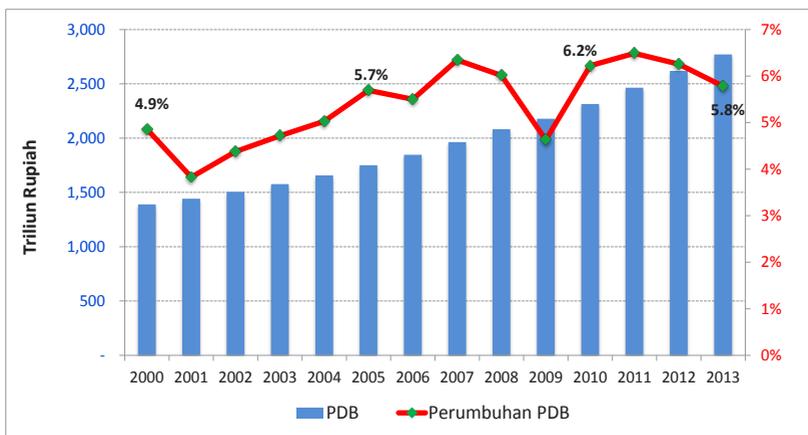
3.2.1 Data Pertumbuhan Ekonomi

Produk domestik bruto (PDB) Indonesia meningkat dari 1.443 triliun Rupiah (pada harga konstan tahun 2000) pada tahun 2000 menjadi mencapai 2.770 triliun Rupiah pada tahun 2013. Pertumbuhan PDB selama kurun waktu 2000-2013 rata-rata mencapai 5,4% per tahun. Pada tahun 2013, pertumbuhan ekonomi nasional sedikit menurun menjadi sebesar 5,8% per tahun. Pada tahun 2015 Bank Indonesia memprediksi pertumbuhan ekonomi sekitar 5,4% - 5,8% per tahun

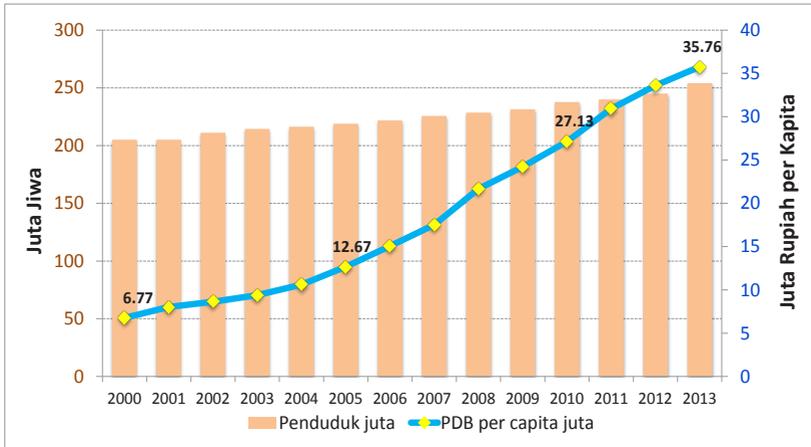
yang lebih optimis dari pada prediksi dari IMF yang hanya sebesar 5,1%, Bank Dunia 5,2% dan INDEF antara 5,3 %-5,6%.

3.2.2 Data Pertumbuhan Penduduk

Penduduk Indonesia mencapai 205 juta jiwa pada tahun 2000 dan meningkat menjadi lebih dari 248 juta jiwa pada 2013. Pertumbuhan penduduk dalam kurun waktu 2000-2013 rata-rata sebesar 1,15% per tahun. Pendapatan per kapita meningkat dari 6,7 juta Rupiah per kapita pada tahun 2000 menjadi 34,1 juta Rupiah per kapita pada tahun 2013. Berdasarkan kriteria Bank Dunia, Indonesia pada tahun 2013 termasuk negara berpendapatan menengah bawah dengan pendapatan sebesar 3,592 dolar per kapita.



Gambar 3.10. Data Pertumbuhan PDB



Gambar 3.11. Data Pertumbuhan Penduduk

3.2.3 Skenario Pertumbuhan

Dalam menggunakan Model LEAP diperlukan asumsi sebagai acuan dalam melakukan pemodelan kebutuhan dan penyediaan energi. Asumsi-asumsi tersebut diantaranya adalah:

- **Pertumbuhan Penduduk**

Pada tahun 2013 penduduk Indonesia mencapai 254 juta jiwa dan pada kurun waktu 2000-2013 dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 1,7% per tahun. Pertumbuhan penduduk diasumsikan sama untuk Skenario BAU maupun Skenario PGB. Pertumbuhan penduduk dalam kurun waktu 2013-2035 diasumsikan rata-rata sebesar 0,72% per tahun dengan jumlah penduduk pada tahun 2035 mencapai 318 Juta jiwa. Laju pertumbuhan penduduk ini dari tahun ke tahun terus mengalami penurunan. Pada kurun waktu 2013-2025 pertumbuhan penduduk rata-rata sebesar 0,93% per tahun dan terus mengecil pada kurun waktu 2025-2035 dengan pertumbuhan rata-rata sebesar 0,62% per tahun.

- **Pertumbuhan Ekonomi**

Pertumbuhan ekonomi saat ini meningkat rata-rata sebesar 5,8% per tahun (2012-2013) dengan PDB pada tahun 2013 sebesar 2.770 Triliun Rupiah (harga konstan tahun 2000). Pada Skenario BAU, PDB diasumsikan tumbuh rata-rata sebesar 7,3% per tahun. Pertumbuhan PDB untuk kurun waktu 2013-2025 cukup tinggi yaitu sebesar 8,0% per tahun dan menurun menjadi 7,0% per tahun pada kurun 2025-2035. Pada Skenario PGB, PDB diasumsikan tumbuh sama dengan Skenario BAU.

- **Pemanfaatan Potensi Cadangan dan Sumber Daya Energi**

Potensi minyak bumi lebih realistis mengikuti asumsi SKK Migas yakni menggunakan 50% dari cadangan potensial karena bila menggunakan asumsi 50% dari sumber daya maka potensinya terlalu besar. Asumsi-asumsi terkait dengan cadangan dan sumber daya energi dirangkum sebagai berikut:

- Minyak bumi: $3,67 \text{ milyar barel} + 50\% * (7,26-3,67) \text{ milyar barel}$
- Gas bumi: $103,35 \text{ TSCF} + 50\% * 334 \text{ TSCF}$
- Batubara: $80\% * 31,35 \text{ milyar ton} + 50\% * 121 \text{ milyar ton}$
- Biomasa: $60\% * 32.654 \text{ MW}$
- Hydro: $60\% * 75.000 \text{ MW}$
- Panas bumi: $90\% * 28.617 \text{ MW}$
- Angin: $30\% * 61.972 \text{ MW}$
- Surya: $10\% * 4,8 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$
- Tenaga laut: $10\% * 19.984 \text{ MW}$.

- **Sektor Industri**

Sektor industri dibagi menjadi 9 sub sektor industri berdasarkan klasifikasi sektor pengguna industri BPS (sesuai Statistik Industri BPS). Pertumbuhan masing-masing 9 sub sektor industri mengacu kepada asumsi pertumbuhan industri kecil, menengah, dan besar tahun 2010-2025 (sesuai Renstra Kementerian Perindustrian).

- **Sektor Transportasi**

- Rasio kepemilikan kendaraan per penduduk dipengaruhi oleh pertumbuhan pendapatan per kapita.
- Kepemilikan kendaraan sepeda motor diasumsikan maksimal mencapai 0,7 kendaraan per orang.
- Pembangunan *mass rapid transport* diasumsikan mengurangi penggunaan kendaraan pribadi hingga 50% pada tahun 2035.
- Diasumsikan terjadi pengurangan volume angkutan barang oleh truk sebesar 1 juta truk per tahun pengaruh dari pembangunan rel kereta ganda di Jawa.
- Perbedaan utama untuk Skenario BAU dan PGB adalah dalam melakukan program efisiensi dan konservasi energi di sektor ini.

- **Sektor Rumah Tangga**

- Ukuran rumah tangga pada tahun 2035 mencapai 3,5 orang per rumah tangga.
- Perbandingan jumlah penduduk di perkotaan dan pedesaan mencapai 90 : 10 pada tahun 2035.
- Penggunaan listrik di rumah tangga diasumsikan meningkat 3 kali lipat akibat adanya peningkatan pendapatan rumah tangga.

- **Sektor Komersial dan Lainnya**

- Pertumbuhan sektor komersial dipengaruhi oleh pertumbuhan PDB nasional.
- Struktur ekonomi sektor lainnya diasumsikan tetap seperti tahun dasar, kecuali sektor pertambangan yang diasumsikan menurun dari 7,4% dari total PDB menjadi 5% dari total PDB pada tahun 2035.

A. Skenario BAU

Skenario BAU (*Business as Usual*) mengasumsikan bahwa tidak ada intervensi kebijakan baru dimasa depan, kecuali kebijakan yang sudah ada saat ini. Penggunaan bahan bakar fosil saat ini akan terus berlanjut sepanjang masih tersedia cadangannya. Secara ringkas asumsi-asumsi yang digunakan dalam penyusunan skenario BAU adalah sebagai berikut.

- **Batubara**

Produksi batubara hingga tahun 2019 disesuaikan dengan Renstra KESDM 2015-2019, 421 juta ton, berikutnya produksi batubara sesuai *roadmap* DJMBP hingga 2045, kemudian diasumsikan konstan 224 juta ton hingga 2035.

- **Gas bumi**

Produksi gas bumi hingga tahun 2019 disesuaikan dengan Renstra KESDM 2015-2019, 8.324 MMSCFD pada tahun 2019. Berikutnya pasokan gas mengikuti potential supply yang terdapat di dalam Neraca Gas 2012-2025. Laju penurunan produksi setelah tahun 2025 diasumsikan sebesar 6% per tahun.

- **Minyak bumi**

Produksi minyak bumi hingga tahun 2019 disesuaikan dengan Renstra KESDM 2015-2019, 709 ribu bopd pada tahun 2019. Berikutnya produksi minyak bumi diasumsikan turun 6% per tahun hingga tahun 2035.

- **Ketenagalistrikan**

- Rencana pembangunan pembangkit listrik hingga tahun 2024 mengacu kepada RUPTL PLN 2015-2024, kemudian hingga tahun 2035 mengacu kepada *roadmap* DJEBTKE.
- Rasio elektrifikasi di rumah tangga mencapai 99% pada tahun 2020 (sesuai RUKN).
- Asumsi efisiensi pembangkit listrik (PLTA & PLTMH) sebesar 77%.

- **EBT**

- Pemanfaatan BBN mengacu kepada Permen ESDM No 25/2013 dengan capaian target yang lebih realistis, serta rencana penggunaan *aviation biofuel* dari Kementerian Perhubungan.
- Pemanfaatan panas bumi, air, dan aneka EBT mengacu kepada RUPTL PLN 2015-2024 serta *roadmap* pengembangan EBT hingga tahun 2035.

- **Konservasi Energi**

Belum mempertimbangkan potensi penghematan di masing-masing sektor pengguna energi.

- **Program Diversifikasi Energi**

- Diasumsikan 99% rumah tangga pada tahun 2015 tidak menggunakan minyak tanah untuk memasak.

- Mempertimbangkan pembangunan jaringan gas kota, hingga mencapai 5 juta RT pada tahun 2035.
- Diasumsikan terjadi penambahan 1000 unit per tahun kendaraan berbahan bakar gas dalam rangka konversi gas di sektor transportasi (sesuai *roadmap* Kementerian Perhubungan).

B. Skenario Pengembangan

Skenario Pengembangan (PGB) mengacu pada Kebijakan Energi Nasional yang memuat program untuk lebih meningkatkan pengembangan energi baru terbarukan (EBT) dan melaksanakan efisiensi dan konservasi energi di sektor transportasi. Peningkatan penggunaan energi terbarukan ini secara total dapat mengurangi penggunaan energi fosil dan secara tidak langsung emisi GRK. Asumsi yang digunakan untuk skenario PGB secara ringkas dirangkum sebagai berikut.

- **Batubara**

- Produksi batubara hingga tahun 2019 disesuaikan dengan Renstra KESDM 2015-2019, 421 juta ton, berikutnya pasokan batubara mengikuti ketersediaan perkembangan sumber daya, cadangan, dan kebutuhan batubara.
- Belum mempertimbangkan pemanfaatan teknologi *unconventional* (batubara tercairkan, batubara tergaskan).
- Ekspor batubara dibatasi mengikuti *roadmap* DJMB mencapai 224 juta ton pada tahun 2045.

- **Gas bumi**

- Produksi gas bumi hingga tahun 2019 disesuaikan dengan Renstra KESDM 2015-2019, sebesar 8.324 MMSCFD. Berikutnya pasokan gas mengikuti ketersediaan

perkembangan sumber daya, cadangan , dan kebutuhan gas bumi.

- Mempertimbangkan pembangunan kilang LNG pada tahun 2015 dan 2017 masing-masing sebesar 2 MMTPA.
- Mempertimbangkan pembangunan FSRU pada tahun 2014 dan 2016 sebesar 3 MMTPA dan 6 MMTPA.
- Belum mempertimbangkan pemanfaatan sumber gas *unconventional* (*shale gas*, CBM).

- **Minyak bumi**

- Produksi minyak bumi hingga tahun 2019 disesuaikan dengan Renstra KESDM 2015-2019, 709 ribu BOPD pada tahun 2019. Berikutnya produksi minyak bumi mengikuti ketersediaan perkembangan sumber daya, cadangan, dan kebutuhan minyak bumi.
- Pada tahun 2019 terdapat tambahan kapasitas kilang 300 ribu BOPD.

- **Ketenagalistrikan**

- Pemanfaatan energi listrik diasumsikan dapat mendekati 7000 kWh per kapita pada tahun 2035.
- Pembangunan pembangkit dilakukan secara endogenous oleh model dengan memprioritaskan pembangunan pembangkit EBT dan pembangkit batubara sebagai penyeimbang.
- Meningkatkan efisiensi pembangkit dan sisi pengguna listrik sehingga pada tahun 2035 dapat mencapai penghematan sebesar 14,5% terhadap Skenario BAU.

- **EBT**

Pemanfaatan BBN di atas target yang terdapat pada Permen ESDM Nomor 25 Tahun 2013 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2008 Tentang Penyediaan, Pemanfaatan, dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Sebagai Bahan Bakar Lain.

- **Konservasi Energi**

Sudah mempertimbangkan potensi penghematan per sektor (sesuai draft RIKEN):

- Rumah tangga – 15%,
- Transportasi – 20%,
- Industri – 17%,
- Komersial dan lainnya – 15%.

Untuk sektor transportasi mengacu pada Renstra Kementerian Perhubungan 2015-2019, dengan upaya untuk lebih mengefisienkan konsumsi energi di sektor transportasi dan dampaknya bagi sektor lain. Upaya tersebut diantaranya adalah:

- Pembangunan infrastruktur transportasi meliputi pembangunan rel kereta api, pembangunan bandara baru, pembangunan pelabuhan baru dan pembangunan jalan bebas hambatan.
- Perbaikan sistem transportasi ditekankan pada ketersediaan angkutan massal seperti *Bus Rapid Transportation* (BRT), penambahan gerbong-gerbong kereta baru, bus perintis, kapal laut perintis dan penerbangan perintis.
- Perbaikan sistem transportasi dilakukan juga melalui penyediaan moda transportasi yang lebih efisien serta diversifikasi energi melalui substitusi bahan bakar dari jenis BBM ke jenis CNG dan peningkatan pemanfaatan bahan bakar nabati.

- Perbaikan manajemen transportasi dilakukan melalui disinsentif penggunaan kendaraan pribadi, program *car free day*, penerapan *electronic road pricing*, pembangunan *Area Traffic Control System (ATCS)*, Pembangunan *Intelligent Transports System (ITS)*, dan Parking policy.
- **Program Diversifikasi Energi**

Program konversi gas di sektor transportasi mencapai 8.000.000 unit pada tahun 2035 (sesuai *roadmap* Kementerian Perhubungan).

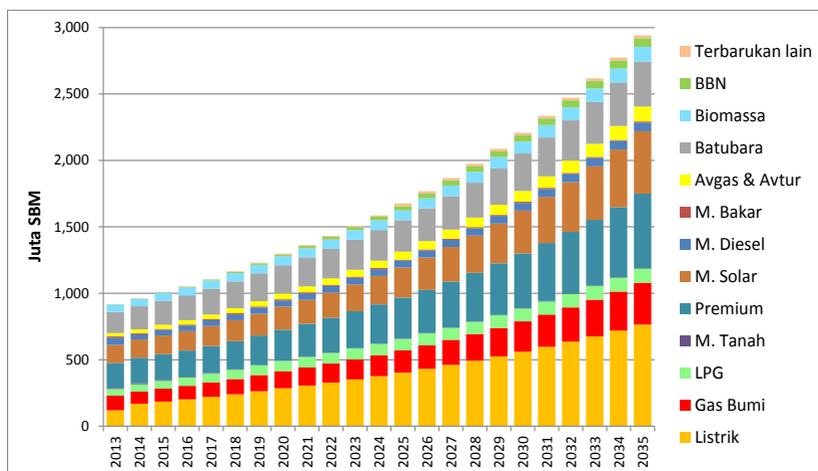
3.3 Proyeksi Kebutuhan Energi

Berdasarkan asumsi, skenario dan parameter pertumbuhan PDB serta penduduk untuk jangka panjang dibuat proyeksi penggunaan energi per jenis bahan bakar dan per sektor pengguna. Bahan bakar biomassa yang dipertimbangkan dalam proyeksi adalah penggunaan biomassa komersial. Proyeksi penggunaan energi final yang dibahas adalah total untuk semua sektor pengguna (industri, rumah tangga, transportasi, komersial dan lainnya). Sedangkan proyeksi penggunaan energi untuk pembangkit listrik dibahas secara terpisah.

Proyeksi penggunaan energi final untuk skenario BAU tumbuh dari 918 juta SBM pada tahun 2013 menjadi 2.941 juta SBM pada tahun 2035 atau meningkat rata-rata 5,4% per tahun. Pada kurun waktu 2013-2035 terjadi kenaikan sebesar 3,2 kali dalam kurun waktu 22 tahun.

Dalam kurun waktu 2013-2035 pertumbuhan terbesar adalah penggunaan bahan bakar nabati (BBN) dan energi terbarukan lain (biogas dan *Dimethyl Ether*), namun pangsaanya masih sangat kecil. Pertumbuhan yang besar berikutnya adalah listrik meningkat rata-rata sebesar 8,8% per tahun, diikuti oleh penggunaan minyak solar (8,3% per tahun). Untuk jangka panjang periode 2025-2035 pertumbuhan penggunaan listrik sudah tidak terlalu tinggi lagi yaitu

sebesar 6,6% per tahun. Untuk periode awal listrik dapat tumbuh sangat pesat karena untuk mengejar target rasio elektrifikasi yang diharapkan dapat mencapai 90% pada tahun 2025. Pertumbuhan penggunaan gas bumi untuk kurun waktu 2013-2035 mencapai 4,8% per tahun dan untuk kurun waktu 2025-2035 yaitu sebesar 6,5% per tahun. Penggunaan minyak tanah terlihat terjadi penurunan karena adanya kebijakan pemerintah untuk disubstitusi dengan LPG. Penggunaan avgas dan avtur akan meningkat rata-rata sebesar 6,9% per tahun dalam kurun waktu 2013-2035. Avgas dan avtur akan banyak berperan seiring dengan masih banyaknya bandara udara yang akan dibangun mendatang. Biomassa sebagai bahan bakar komersial yang mulai digunakan di sektor industri dan komersial juga meningkat rata-rata sebesar 3,2% per tahun dalam kurun waktu tersebut.

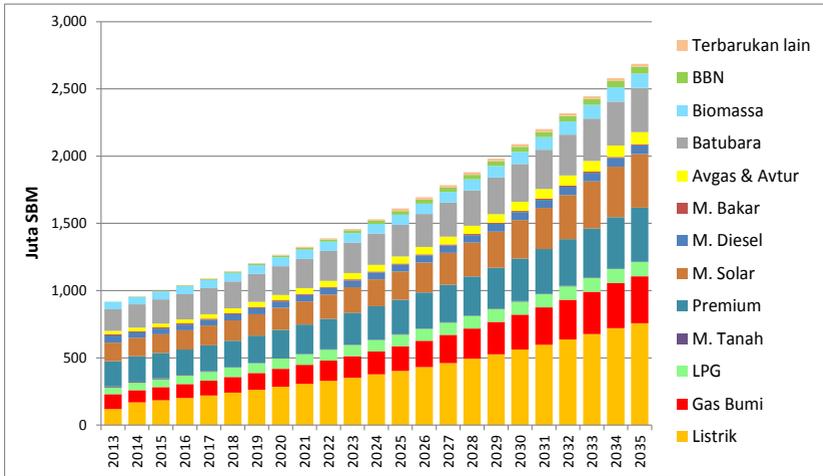


Gambar 3.12. Proyeksi Penggunaan Energi (Skenario BAU)

Penggunaan energi final untuk skenario PGB lebih rendah dari pada untuk skenario BAU karena sudah mempertimbangkan program konservasi energi untuk sektor transportasi. Pada tahun 2025 terjadi penurunan penggunaan energi sebesar 3,9% dan program

konservasi terus ditingkatkan sehingga pada tahun 2035 terjadi penurunan penggunaan energi sebesar 8,7%. Program konservasi di sektor transportasi dengan perbaikan manajemen serta sistem transportasi dengan menggunakan angkutan massal seperti *Bus Rapid Transportation* (BRT). Disamping itu, perbaikan sistem transportasi dilakukan juga melalui penyediaan moda transportasi yang lebih efisien serta diversifikasi energi melalui substitusi bahan bakar dari jenis BBM ke jenis CNG dan peningkatan pemanfaatan bahan bakar nabati.

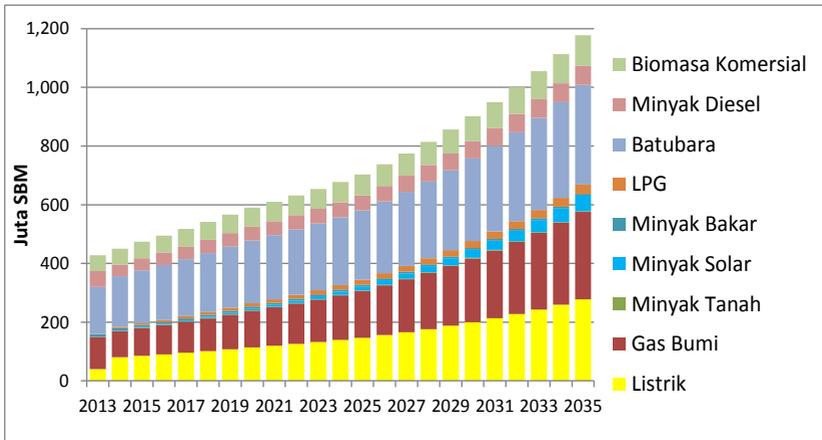
Penggunaan energi pada kurun waktu 2013-2035 untuk skenario PGB meningkat dari 918 juta SBM pada tahun 2013 menjadi 2.685 juta SBM pada tahun 2035 atau rata-rata meningkat sebesar 5,0% per tahun. Dalam kurun waktu 2025-2035 pertumbuhannya relatif lebih tinggi dibandingkan untuk kurun waktu sebelumnya yaitu sebesar 5,2% per tahun. Dalam 22 tahun terakhir untuk skenario KEN penggunaan energi tumbuhan sebesar 2,9 kali lipat, yang lebih rendah dari pada skenario BAU. Pertumbuhan terbesar dari penggunaan bahan bakar nabati (BBN) dan energi terbarukan lain, namun karena pangasanya masih kecil maka tidak begitu berpengaruh dalam menyumbang bauran energi. Penggunaan energi listrik menyumbang pertumbuhan yang besar yaitu sebesar 8,8% per tahun pada periode 2013-2035. Secara keseluruhan pertumbuhan kebutuhan energi skenario PGB masih seirama dengan skenario KEN, hanya sedikit lebih rendah.



Gambar 3.13. Proyeksi Penggunaan Energi (Skenario PGB)

3.3.1 Sektor Industri

Untuk dapat menjadi negara maju, Indonesia harus dapat mendorong perkembangan sektor industri sebagai sumber perekonomian negara. Kebutuhan energi di sektor industri masih mendominasi kebutuhan energi final nasional untuk jangka panjang. Setiap sektor pengguna energi menggunakan berbagai jenis teknologi yang berbeda dan bisa menghasilkan fluktuasi pemakaian bahan bakar pada setiap sektor pengguna energi. Hal ini terkait dengan efisiensi dari peralatan yang digunakan untuk setiap sektor. Pada tahun 2013 kebutuhan energi di sektor industri sebesar 428 juta SBM dan meningkat menjadi 1.177 juta SBM pada tahun 2035, atau rata-rata meningkat sebesar 4,7% per tahun. Pada tahun 2035 pangsa terbesar adalah penggunaan batubara (29%) diikuti oleh penggunaan gas bumi (25%) dan listrik (24%). Penggunaan LPG dan minyak solar cukup pesat peningkatannya dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar lain. Untuk sektor industri hanya ada skenario BAU saja.

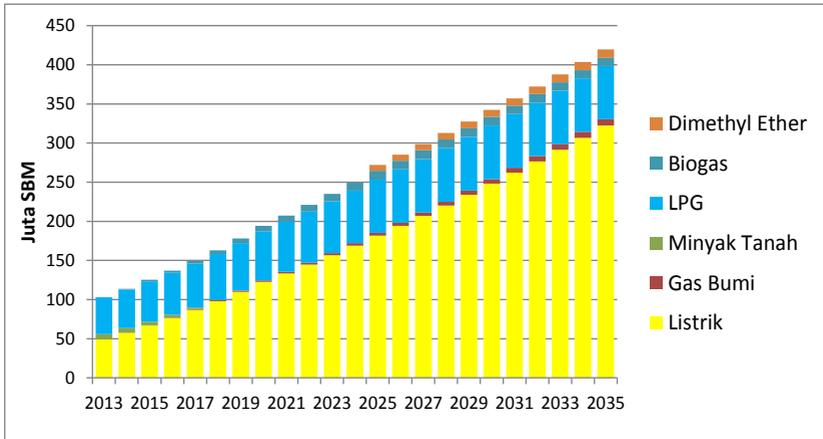


Gambar 3.14. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Industri

3.3.2 Sektor Rumah Tangga

Penggunaan energi di sektor rumah tangga meningkat tipis sesuai dengan perkembangan penduduk nasional yang berkembang dengan laju pertumbuhan 0,96% per tahun untuk jangka panjang. Dalam proyeksi, pemakaian kayu bakar dalam sektor rumah tangga yang merupakan biomassa non-komersial tidak dipertimbangkan. Kebutuhan energi di sektor rumah tangga 103 juta SBM pada tahun 2013 menjadi 420 juta SBM pada tahun 2035 atau meningkat rata-rata 6,6% per tahun.

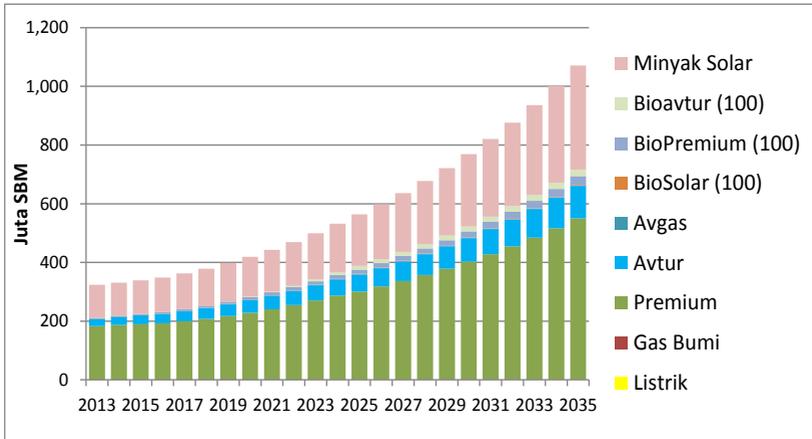
Pangsa terbesar kebutuhan energi di sektor rumah tangga pada tahun 2035 adalah dipenuhi dari penggunaan listrik sebesar 77% dan LPG sebesar 10%. Sedangkan dari sisi pertumbuhan yang paling meningkat pesat adalah penggunaan gas dan biogas. Penggunaan gas tumbuh sebesar 20,9% per tahun dan penggunaan biogas sebesar 12,3% per tahun selama kurun waktu 2013-2035. Disamping itu, mulai tahun 2025 mulai diperkenalkan penggunaan *Dimethyl Ether*.



Gambar 3.15. Proyeksi Penggunaan Energi di Sektor Rumah Tangga

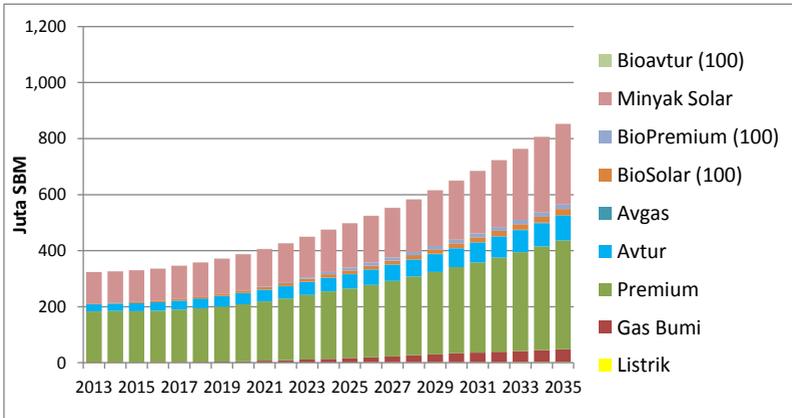
3.3.3 Sektor Transportasi

Sebagai sektor penunjang pergerakan perekonomian, transportasi juga terus meningkat pesat penggunaannya. Peranan sektor transportasi pada tahun 2013 adalah sebesar 35% terhadap total kebutuhan energi final, dan terus berkembang hingga tahun 2035 menjadi 36%. Demikian juga dengan sektor transportasi yang kebutuhannya terus meningkat dari 324 juta SBM pada tahun 2013 menjadi 1.071 juta SBM pada tahun 2035, atau meningkat rata-rata sebesar 5,5% per tahun untuk skenario BAU. Peningkatan kebutuhan energi dalam kurun waktu 2013-2035 adalah sebesar 3,3 kali lipat.



Gambar 3.16. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Transportasi (Skenario BAU)

Untuk skenario PGB kebutuhan energi sektor ini akan tumbuh rata-rata sebesar 4,5% per tahun yang lebih rendah dari skenario BAU (5,6% per tahun). Pada tahun 2035 dengan skenario PGB dapat terjadi penghematan penggunaan energi sebesar 20% karena program perbaikan manajemen dan sistem transportasi.

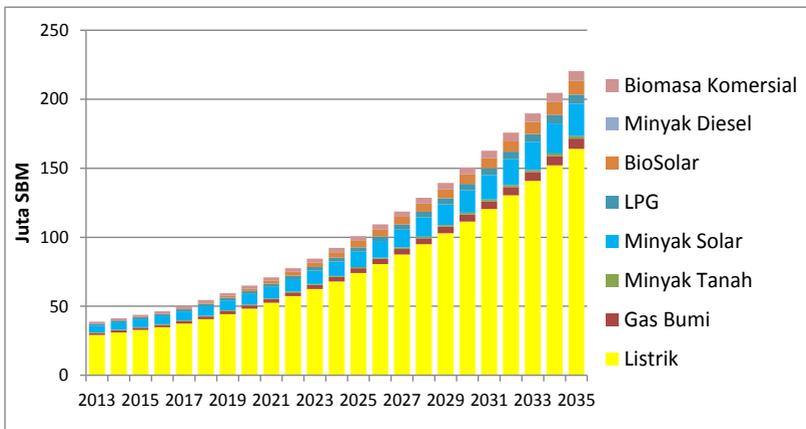


Gambar 3.17. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Transportasi (Skenario PGB)

3.3.4 Sektor Komersial

Perkembangan bangunan komersial seperti hotel, perkantoran, rumah sakit serta properti menyebabkan pemanfaatan energi pada sektor komersial dan lainnya yang berupa kegiatan pertanian, konstruksi dan pertambangan berkembang cukup pesat. Untuk sektor komersial yang pemanfaatannya dipengaruhi oleh perkembangan kebutuhan manusia akan pekerjaan, pendidikan, dan kesehatan membuat pangsa ini terus meningkat. Pada tahun 2013, peranan sektor ini sebesar 4% terhadap total kebutuhan energi final kemudian pada tahun 2035 menjadi 7%.

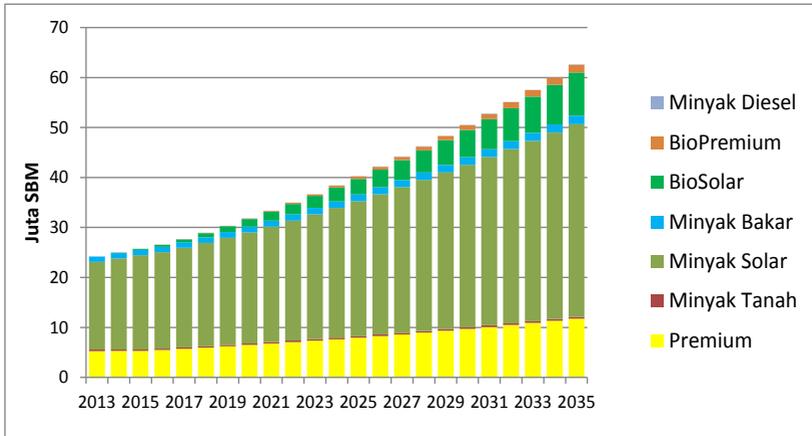
Kebutuhan energi sektor komersial akan meningkat dari 38,8 juta SBM pada tahun 2013 dan menjadi 220,4 juta SBM pada tahun 2035 atau meningkat rata-rata 8,2% per tahun. Pangsa terbesar pada tahun 2035 adalah penggunaan listrik dengan pangsa 74% diikuti dengan minyak solar 11%. Penggunaan biosolar meningkat sangat besar yaitu rata-rata sebesar 27,8% per tahun dengan pangsa yang relatif tetap yakni sebesar 5% dari total kebutuhan sektor komersial.



Gambar 3.18. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Komersial

3.3.5 Sektor Lainnya

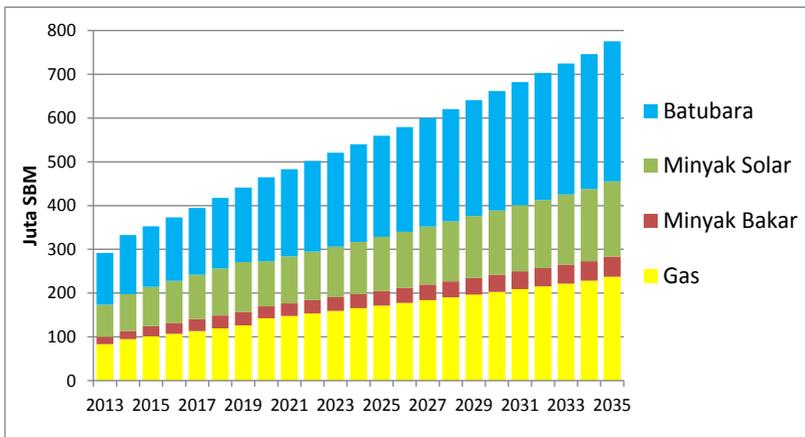
Penggunaan energi di sektor lainnya (pertanian, konstruksi dan pertambangan) sedikit menurun pangsaanya terhadap total kebutuhan energi final. Pada tahun 2013 hingga tahun 2035, pangsa kebutuhan energi sektor ini berturut-turut adalah 3% dan 2%. Kebutuhan energi sektor ini akan meningkat rata-rata sebesar 4,4% per tahun, dari 24,2 juta SBM (2013) menjadi 62,6 juta SBM (2035). Pada tahun 2035 kebutuhan energi didominasi dengan penggunaan minyak solar dengan pangsa 62%, diikuti oleh penggunaan premium (19%) dan biosolar (14%). Pertumbuhan terbesar adalah dari penggunaan biopremium dan biosolar yang masing-masing tumbuh sebesar 32% dan 26% per tahun.



Gambar 3.19. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Lainnya

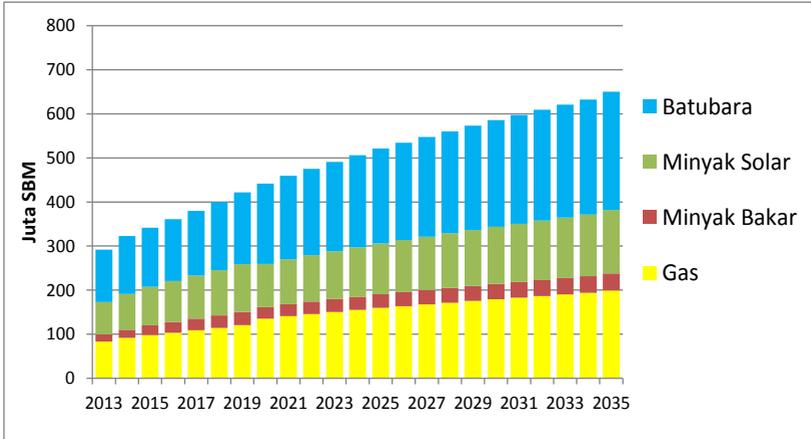
3.3.6 Pembangkit Listrik

Pada sektor pembangkit listrik dibahas untuk Skenario BAU dan Skenari PGB. Karena terkait dengan emisi GRK, maka yang dihitung hanya penggunaan bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit dalam kurun waktu 2013-2025 meningkat rata rata sebesar 4,5% per tahun dari 292 juta SBM (2013) menjadi 775 juta SBM (2035). Penggunaan gas pada kurun 2013-2015 meningkat paling besar yaitu sekitar 4,9% per tahun, diikuti dengan minyak solar dan batubara yakni masing-masing sekitar 4,7% dan 4,5% per tahun. Pada tahun 2035 pangsa terbesar penggunaan bahan bakar untuk pembangkit listrik adalah batubara dengan pangsa sebesar 41% diikuti oleh gas 31% dan minyak solar 22%. Pangsa penggunaan minyak solar cenderung menurun pangsanya dari tahun ke tahun dan digantikan oleh penggunaan gas.



Gambar 3.20. Proyeksi Kebutuhan Energi di Pembangkit Listrik (Skenario BAU)

Pada Skenario PGB diperkirakan akan terjadi efisiensi penggunaan energi listrik, baik dari sisi pembangkit yang digunakan semakin efisiensi maupun dari sisi manajemen sisi permintaan. Kebutuhan energi untuk pembangkit akan meningkat rata-rata sebesar 3,7% per tahun yang lebih rendah dari pada Skenario BAU (4,6% per tahun). Pada tahun 2013 kebutuhan energi mencapai 292 juta SBM dan meningkat menjadi 650 juta SBM pada tahun 2035. Hampir sama dengan Skenario BAU, pada Skenario PGB tahun 2035 bahan bakar yang paling dominan digunakan adalah batubara dengan pangsa 41%, diikuti dengan penggunaan gas (31%), minyak solar (22%) dan minyak bakar (6%).



Gambar 3.21. Proyeksi Kebutuhan Energi di Pembangkit Listrik (Skenario PGB)

BAB IV

EMISI GAS RUMAH KACA SEKTOR ENERGI

Secara umum, persamaan untuk memprakirakan emisi dan serapan Gas Rumah Kaca (GRK) dapat ditulis dalam bentuk persamaan sederhana berikut:

$$\text{Emisi/Penyerapan GRK} = \text{AD} \times \text{EF}$$

Dengan:

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/serapan per satuan unit kegiatan yang dilakukan.

4.1 Data Faktor Emisi

Penggunaan faktor emisi *default* dari IPCC mengandung kelemahan diantaranya belum bisa mencerminkan kondisi yang sebenarnya tentang tingkat emisi di Indonesia. Dengan menggunakan faktor emisi lokal/nasional maka akan ada perubahan dalam hasil inventarisasi emisi GRK terutama sektor energi menuju ke arah yang lebih akurat (mengurangi *uncertainty* data). Penggunaan emisi faktor nasional akan mencerminkan kondisi lapangan yang sebenarnya terutama untuk wilayah Indonesia yang sangat luas dalam hal keberagaman.

Berbagai upaya sudah dilakukan terkait dengan pengembangan faktor emisi nasional. Sesuai dengan pedoman yang dikeluarkan oleh IPCC, setiap negara didorong untuk menyusun faktor emisi nasional agar hasil dugaan emisi dan serapan GRK tidak *over-*

estimate atau *under estimate*. Seperti sudah dilakukan oleh Puslitbang Teknologi Minyak dan Gas Bumi “Lemigas”, Kementerian ESDM yang telah menyusun faktor emisi nasional untuk bahan bakar minyak (BBM). Pada pertemuan para pemangku kepentingan yang telah dilakukan dapat disepakati bahwa angka faktor emisi nasional hasil dari penelitian Lemigas tersebut dapat digunakan secara resmi untuk perhitungan inventarisasi emisi GRK terutama untuk sektor energi. Pada tahun 2016, faktor emisi nasional diharapkan dapat disepakati dan digunakan dalam dokumen *Third National Communications* – UNFCCC.

Tabel 4.1. Faktor Emisi GRK

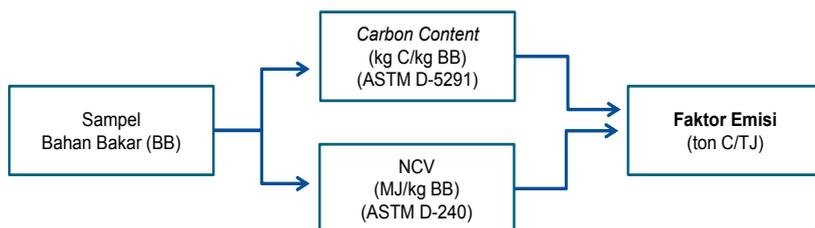
Bahan Bakar		Koefisien Emisi		
		CO ₂ ton/GJ	CH ₄ g/GJ	N ₂ O g/GJ
Gas		0.056	50.00	0.10
BBM	Avgas	0.070	0.50	2.00
	Avtur	0.072	0.50	2.00
	Premium	0.069	5.00	0.60
	Bio Premium	0.062	4.75	0.57
	Pertmax	0.069	5.00	0.60
	Bio Pertamax	0.062	4.75	0.57
	Pertamax Plus	0.069	5.00	0.60
	Bio Solar	0.062	4.75	0.57
	Minyak Tanah	0.072	5.00	0.60
	Minyak Solar (ADO)	0.074	5.00	0.60
	Minyak Diesel (IDO)	0.074	5.00	0.60
	Minyak Bakar (FO)	0.077	5.00	0.60
Batubara		0.096	1.00	1.50

Catatan:

- Sumber: diolah dari IPCC
- BBN yang dipertimbangkan adalah E-5 dan B-5
- Emisi listrik dianggap nol karena sudah dihitung di sektor pembangkit

4.1.1 Bahan Bakar Minyak

Pada bulan Januari 2011 sampai dengan Desember 2011 Puslitbang Teknologi Minyak dan Gas Bumi “Lemigas”, Kementerian ESDM melakukan penyusunan faktor emisi untuk bahan bakar minyak (BBM). BBM yang diperhitungkan meliputi Pertamina, Premium, Avtur, Kerosine, Minyak Diesel/IDO, Solar/ADO, dan minyak Bakar/FO yang dikonsumsi di seluruh wilayah Indonesia. Metodologi perhitungan faktor emisi ini ditunjukkan pada Gambar 4.1, sedangkan hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.2. Hasil perhitungan faktor emisi lokal (*specific country* - Tier 2) dari produk akhir BBM berada di dalam batasan faktor emisi BBM yang dikeluarkan oleh IPCC (Tier 1).



Sumber: Lemigas (2014)

Gambar 4.1. Metodologi Perhitungan Faktor Emisi BBM

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Faktor Emisi BBM

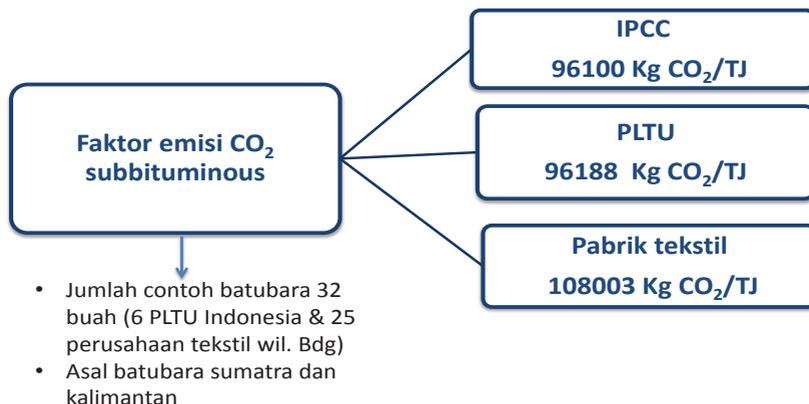
No	Bahan Bakar	Faktor Emisi IPCC (ton C/TJ) Tier 1	Faktor Emisi Lokal (ton C/TJ) Tier 2
1.	Pertamax	18,4 – 19,9	19,8
2.	Premium	18,4 – 19,9	19,9
3.	Avtur	19,0 – 20,3	20,0
4.	Kerosine	19,3 – 20,1	20,1
5.	Minyak Diesel/IDO	19,8 – 20,4	20,15
6.	Solar/ADO	19,8 – 20,4	20,3
7.	Minyak Bakar/FO	20,6 – 21,5	20,5

Sumber: Lemigas (2014)

4.1.2 Batubara

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, Kementerian ESDM telah melakukan perhitungan faktor emisi untuk pembakaran batubara untuk pembangkit listrik dan pabrik tekstil dengan menggunakan sampel batubara dari berbagai wilayah. Sampel batubara mempunyai kandungan karbon batubara kurang dari 60% (dmmf) dan nilai kalornya kurang dari 24 MJ/Kg (dmmf) yang dikategorikan dalam jenis *subbituminous*. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Gambar 4.2. Faktor emisi CO₂ untuk pembakaran batubara di PLTU adalah sebesar 96.188 kg CO₂/TJ sedangkan faktor emisi CO₂ dari penggunaan batubara di industri tekstil adalah sebesar 108.003 kg CO₂/TJ. Meskipun faktor emisi CO₂ dari industri tekstil lebih tinggi dari pada faktor emisi CO₂ PLTU, tetapi konsumsi batubara pada industri tekstil jauh lebih sedikit dari pada konsumsi batubara PLTU. Hal ini terjadi karena batubara yang dipakai di PLTU sebagian besar adalah batubara kualitas sedang (nilai kalor 5100-6100 kkal/kg), sedangkan di industri tekstil umumnya menggunakan batubara kelas rendah (nilai kalor < 5100 kkal/kg). Dengan demikian,

akan lebih baik jika faktor emisi CO₂ nasional dari batubara dilihat per jenis industri penggunaannya.



Sumber: Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara (2014)

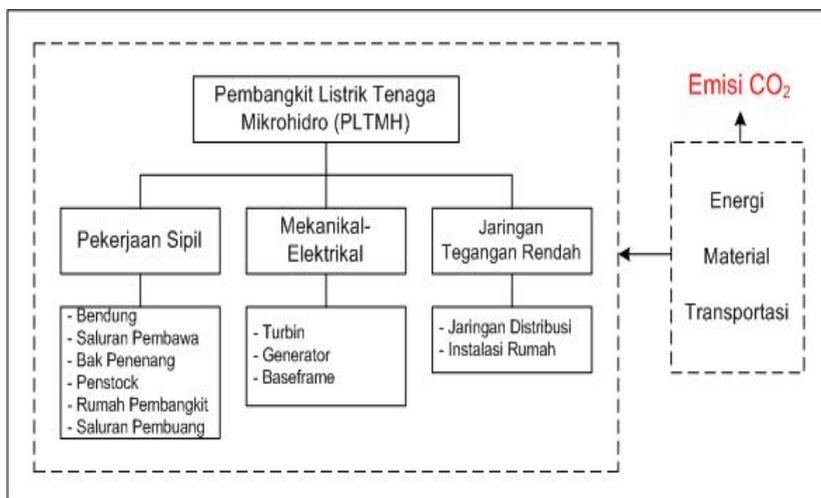
Gambar 4.2. Hasil Perhitungan Faktor Emisi Batubara

4.1.3 Kelistrikan

IPCC (2006) mengeluarkan faktor emisi dari energi baru terbarukan (EBT) yang dibakar (biomasa, gas *landfill*, dan biogas). Faktor emisi tersebut hanya menghitung emisi yang keluar saat EBT tersebut dibakar. Sedangkan emisi yang dihasilkan dari teknologi EBT dianggap sama dengan nol, sehingga penurunan emisi dihitung berdasarkan faktor emisi dari teknologi atau bahan bakar yang digantikan. Sebagai contoh untuk penurunan emisi PLTMH dihitung berdasarkan jumlah emisi dari bahan bakar solar untuk genset/PLTD yang digantikan oleh PLTMH dengan kapasitas daya yang sama. Pada kenyataannya, kegiatan EBT juga menghasilkan emisi. Sebagai contoh pengoperasian PLT Hidro, PLT Bayu dan PLT Surya, meskipun tidak mengkonsumsi bahan bakar, namun selama pembangunannya menghasilkan emisi CO₂ yang berasal dari

penggunaan materi dan energi. Dengan mempertimbangkan hal tersebut, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi (P3TKEBTKE), Kementerian ESDM melakukan perhitungan faktor emisi untuk Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTM/PLTMH).

Perhitungan emisi yang dihasilkan dari awal hingga akhir proyek/kegiatan EBT menggunakan metode LCA (*Life Cycle Analysis*). Analisis LCA merupakan analisis komprehensif mengenai siklus emisi suatu komoditi (mulai dari persiapan produksi hingga penggunaan akhir) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Sumber: P3TKEBTKE (2014)

Gambar 4.3. Metode *Life Cycle Analysis* untuk Perhitungan Faktor Emisi

P3TKEBTKE melakukan penelitian di beberapa wilayah yaitu: PLTMH Tangsi Jaya, PLTMH Maninili, PLTMH Jambelaer, PLTM Merden, PLTM Tomini. Waktu penelitian dilakukan pada bulan

Januari sampai dengan Desember 2013. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Faktor Emisi untuk PLTMH

Lokasi	Faktor Emisi (gram-CO _{2e} /kWh)		<i>Plant Factor</i>
	FE-1	FE-2	
PLTMH Tangsi Jaya	8,19	10,79	75,85
PLTMH Maninili	7,09	95,90	
PLTMH Jambelaer	12,94	47,77	27,10
PLTM Merden	11,20	19,90	56,31
PLTM Tomini	2,01	3,99	50,41

Sumber: P3TKEBTKE (2014)

Perhitungan pada 5 unit PLTM/PLTMH menghasilkan faktor emisi antara 3,9 – 95,9 gram CO_{2e}/kWh. Variasi nilai faktor emisi terutama disebabkan oleh dua faktor yaitu *resources* (ketersediaan bahan baku) dan *demand* (permintaan listrik). Perhitungan emisi CO₂ dengan menggunakan metode LCA ini memberikan hasil yang relatif berbeda di tiap lokasi. Hal ini sangat bergantung pada penetapan lingkup studi, pembuatan asumsi dan penggunaan database yang benar. Pada Tabel 4.4 ditunjukkan perbandingan faktor emisi dari PLTMH di beberapa negara serta faktor emisi pembangkit dengan bahan bakar yang lain.

Tabel 4.4. Perbandingan Faktor Emisi

Referensi Faktor Emisi Lain	Emisi (g-CO _{2e} / kWh)
PLTMH di India	55-74
PLTMH di Thailand	52,7
PLT Gas Alam	400 – 500
PLTU Batubara	900 – 1200
Jaringan JAMALI	762

Sumber: P3TKEBTKE (2014)

4.2 Emisi GRK Saat Ini

Emisi gas rumah kaca (GRK) sangat tergantung dari besarnya penggunaan energi, khususnya energi fosil, seperti bahan bakar minyak (BBM), gas, dan batubara. Dalam perhitungan emisi GRK dikenal *baseline* emisi dan mitigasi emisi. *Baseline* emisi GRK adalah emisi GRK yang dihasilkan pada kondisi teknologi mitigasi belum dimanfaatkan dan juga tidak ada intervensi kebijakan pemerintah. Sedangkan mitigasi emisi GRK adalah intervensi yang dilakukan untuk menurunkan emisi dengan menggunakan teknologi atau menggunakan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan. Mitigasi dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan seperti dari sisi sosial, ekonomi, politik, dan teknologi yang semuanya dapat mendukung penurunan emisi. Berdasarkan studi UNEP ada empat strategi utama dalam penerapan mitigasi, yaitu:

- a. **Eliminasi**, yaitu menghindari penggunaan peralatan yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Aktivitas ini memberikan penghematan biaya yang terbesar dan dapat langsung dirasakan. Sebagai contoh yaitu: mematikan lampu saat tidak digunakan dan mematikan A/C saat tidak ada orang di dalam ruangan.

- b. **Pengurangan**, yaitu usaha yang dilakukan dengan mengganti peralatan lama dan/atau mengoptimalkan struktur yang sudah ada. Aktivitas mitigasi ini sangat efektif dan dapat integrasikan ke dalam bisnis sehari-hari dengan usaha yang minimum. Sebagai contoh yaitu memasukkan penggunaan peralatan yang efisiensi energi dalam pengambilan keputusan investasi.
- c. **Substitusi**, yaitu mengganti penggunaan energi yang menghasilkan emisi tinggi dengan energi yang menghasilkan sedikit emisi. Mitigas ini biasanya mempunyai implikasi biaya investasi yang tinggi. Namun demikian, potensi penurunan emisi melalui substitusi sangat tinggi. Sebagai contoh yaitu penggunaan energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan listrik dan/atau pemanas.
- d. **Offset**, yaitu metode dengan biaya rendah namun mempunyai manfaat yang cukup besar. Walaupun demikian, metode ini sulit dilaksanakan dalam skala kecil. Sebagai contoh yaitu melakukan reforestasi yang akan menyerap emisi GRK.

Dari sisi teknologi, teknologi untuk mitigasi GRK dapat dikelompokkan menjadi dua kategori yaitu: untuk sisi penawaran dan untuk sisi permintaan. Untuk sisi penawaran dapat dilakukan dengan menggunakan sistem konversi yang lebih efisien, mengubah bahan bakar dari energi yang mempunyai emisi tinggi menjadi energi yang mempunyai emisi rendah, dan meningkatkan penggunaan energi terbarukan. Untuk sisi permintaan dapat menggunakan *demand side management*, dan menggunakan peralatan yang lebih efisien.

Dalam praktek pengurangan emisi gas rumah kaca dapat dilakukan melalui penghematan energi atau konservasi energi dan melakukan diversifikasi energi. Berikut secara ringkas akan diulas secara ringkas konservasi dan diversifikasi energi yang merupakan aktivitas dalam mitigasi emisi GRK.

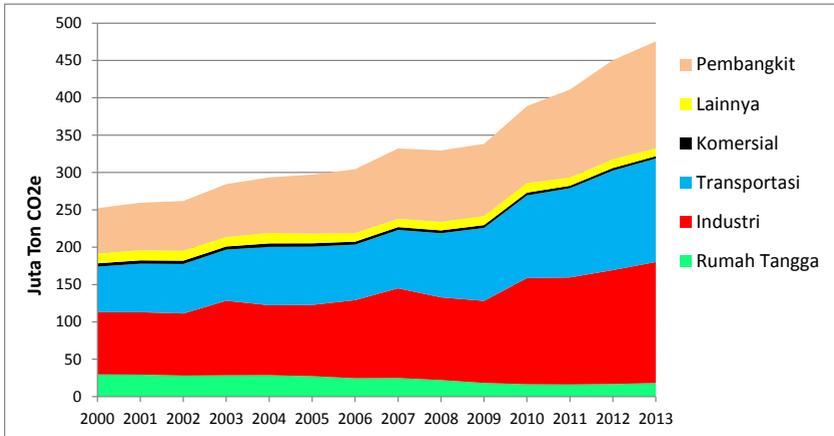
- **Konservasi Energi**

Konservasi atau penghematan energi dapat dilaksanakan melalui peningkatan efisiensi peralatan, penggunaan peralatan yang lebih efisien serta melaksanakan manajemen energi. Peningkatan efisiensi peralatan dilaksanakan dengan mengganti sebagian atau seluruh peralatan pengguna energi dengan peralatan yang lebih efisien. Penggunaan peralatan yang lebih efisien akan dapat menurunkan konsumsi energi seperti mengganti peralatan yang sudah tua dan boros energi dengan yang lebih efisien. Pengelolaan di sisi pengguna, selain dari penggantian peralatan, juga dapat dilakukan dengan mengubah kebiasaan yang boros menjadi hemat energi.

- **Diversifikasi Energi**

Diversifikasi energi atau penggantian bahan bakar dengan jenis energi lain, bertujuan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar yang mempunyai kandungan karbon tinggi dengan jenis energi yang mempunyai kandungan karbon rendah atau tanpa kandungan karbon. Substitusi energi adalah upaya untuk mengganti energi yang ada dengan jenis energi lain yang lebih murah, mudah secara teknis dan tanpa mengurangi kinerja alat. Pemanfaatan teknologi rendah karbon sebagai pengganti PLT bahan bakar fosil secara drastis akan dapat mengurangi pelepasan gas rumah kaca (CO₂) ke atmosfer.

Berdasarkan data aktivitas penggunaan energi per jenis bahan bakar dan per sektor serta koefisien emisi yang sudah ada dalam Model LEAP dan faktor emisi Tier 2 maka emisi GRK dapat dihitung. Dalam studi ini emisi yang diperhitungkan berasal dari penggunaan energi fosil (bahan bakar minyak, gas dan batubara).

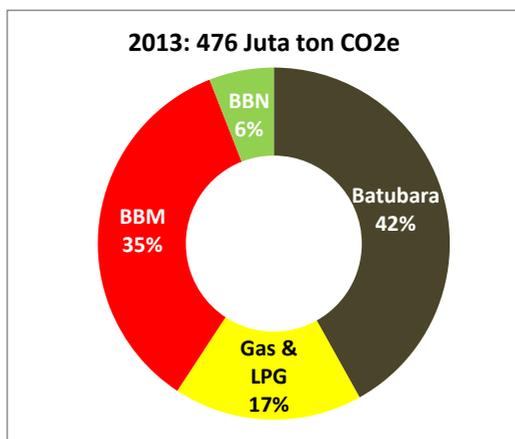


Gambar 4.4. Emisi GRK Saat Ini

Total emisi GRK (sektoral ditambah pembangkit) dalam kurun waktu 2000-2013 meningkat dari 252 juta ton CO₂e pada tahun 2000 menjadi 476 juta ton CO₂e pada tahun 2013 atau meningkat rata-rata sebesar 5,0% per tahun. Dari sisi kebutuhan energi (sektoral ditambah pembangkit) untuk kurun waktu yang sama hanya terjadi peningkatan kebutuhan energi sebesar 3,7% per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa dengan peningkatan energi sebesar 1% akan meningkatkan emisi sebesar 1,4% yang berarti bahwa komposisi energi fosil yang digunakan masih mendominasi penggunaan energi di Indonesia.

Pangsa terbesar emisi GRK terjadi di sektor industri dengan pangsa sebesar 34% pada tahun 2013. Diikuti oleh sektor pembangkit listrik sebesar 30%, sektor transportasi (29%) dan sektor rumah tangga (4%). Sedangkan sektor lainnya pangsa emisi GRK sebesar 2% dan sektor komersial hanya sebesar 1%. Untuk sektor rumah tangga, komersial dan dan sektor lainnya yang relatif pertumbuhannya tidak tumbuh terlalu besar, pertumbuhan emisinya cenderung menurun. Sektor pembangkit, transportasi dan industri perlu mendapat perhatian dalam mitigasi GRK karena sektor-sektor tersebut emisi GRK meningkat cukup pesat. Peningkatan emisi

selama kurun waktu tersebut untuk pembangkit listrik mencapai 6,8% per tahun, diikuti oleh sektor transportasi 6,5% per tahun dan sektor industri 5,2% per tahun.



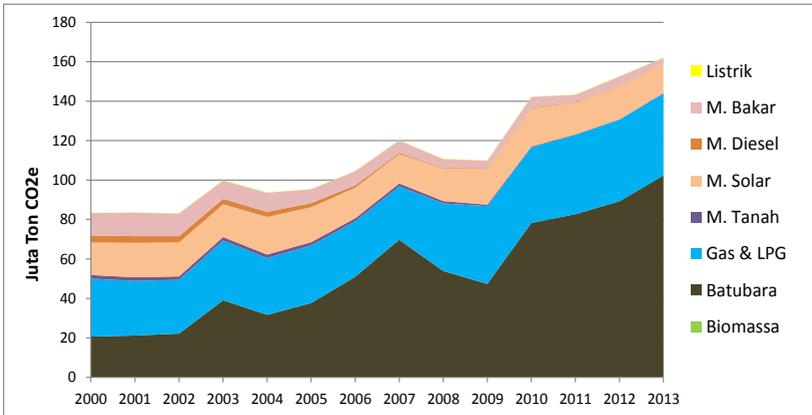
Gambar 4.5. Pangsa Emisi GRK per Jenis Bahan Bakar

Pada tahun 2013 pangsa emisi GRK yang terbesar berasal dari batubara yaitu 40%. Kemudian diikuti dengan penggunaan BBM dengan pangsa sebesar 35%, gas bumi dan LPG (17%) dan BBN (6%). BBN di sini adalah campuran *biofuel* dengan BBM sehingga masih menghasilkan emisi GRK.

4.2.1. Emisi GRK Sektor Industri

Emisi GRK di sektor industri meningkat dari 83 juta ton CO₂e pada tahun 2013 menjadi 162 juta ton CO₂e pada tahun 2035. Dalam 22 tahun terjadi peningkatan emisi GRK di sektor industri rata-rata sebesar 5,2 per tahun. Emisi terbesar pada tahun 2013 berasal dari batubara dengan pangsa mencapai 62%, diikuti oleh gas dan LPG (26%) dan minyak solar (9%). Dari sisi pertumbuhan, emisi dari penggunaan batubara meningkat sangat pesat rata-rata sekitar 13%

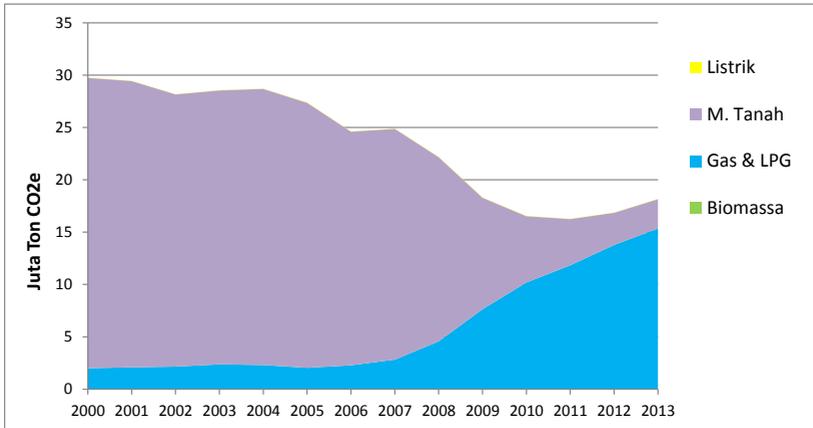
per tahun untuk kurun waktu 2000-2013. Hal ini disebabkan harga batubara yang relatif lebih murah dibandingkan dengan energi lain, sehingga banyak industri yang beralih menggunakan teknologi berbasis batubara.



Gambar 4.6. Emisi GRK Sektor Industri

4.2.2. Emisi GRK Sektor Rumah Tangga

Emisi GRK di sektor rumah tangga selama kurun waktu 2000-2013 ada kecenderungan menurun rata-rata sebesar 3,7% per tahun. Emisi pada tahun 2000 sebesar 29,7 juta ton CO₂e dan menurun menjadi 18,2 juta ton CO₂e pada tahun 2013. Penurunan ini dikarenakan sektor rumah tangga penggunaan energi listrik meningkat pesat yang emisinya dihitung di sektor pembangkit listrik.

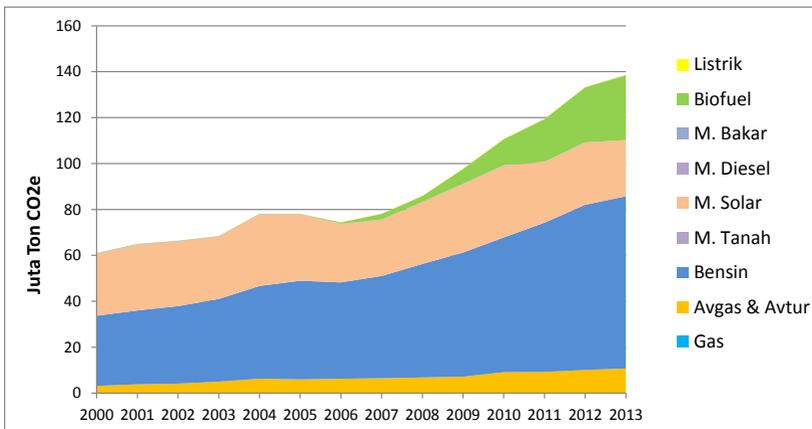


Gambar 4.7. Emisi GRK Sektor Rumah Tangga

Pangsa emisi GRK yang terbesar berasal dari penggunaan gas dan LPG yang mencapai 85% dan sisianya 15% berasal dari penggunaan minyak tanah. Progran substitusi minyak tanah dengan gas, menyebabkan penggunaan minyak tanah menurun sehingga emisi GRK dari penggunaan minyak tanah juga menurun.

4.2.3. Emisi GRK Sektor Transportasi

Kebutuhan energi di sektor transportasi hampir semuanya (99,9%) menggunakan bahan bakar minyak (BBM), sehingga semua bahan bakar berperan dalam menghasilkan emisi GRK. Emisi GRK sektor transportasi meningkat dari 61,0 juta ton CO₂e pada tahun 2000 menjadi 138,5 juta ton CO₂e pada tahun 2013, atau meningkat rata-rata sebesar 6,5% per tahun.



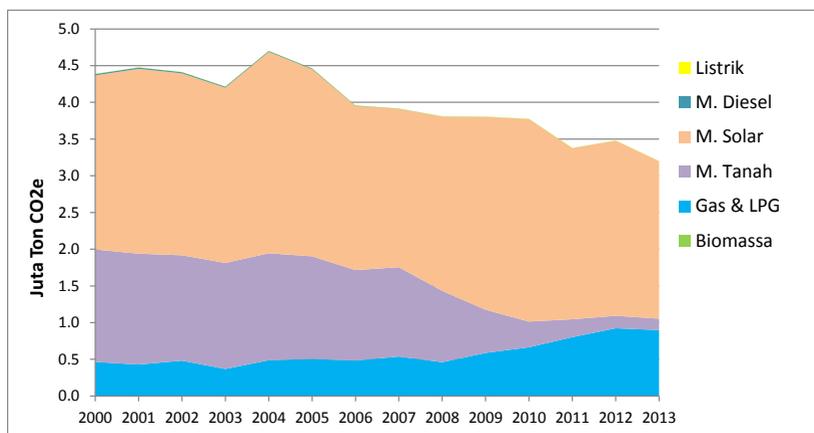
Gambar 4.8. Emisi GRK Sektor Transportasi

BBM yang paling berperan dalam menghasilkan emisi adalah bensin, BBN dan minyak solar. Pangsa emisi dari penggunaan bensin sebesar 54%, penggunaan BBN sebesar 20%, sedangkan dari penggunaan minyak solar sebesar 18%. BBN yang digunakan merupakan campuran dengan BBM sehingga masih menghasilkan emisi. Pertumbuhan emisi yang paling pesat berasal dari penggunaan BBN yang rata-rata mencapai 75% per per tahun diikuti oleh penggunaan avtur dan avgas yang mencapai 10% per tahun. Emisi dari penggunaan minyak solar cenderung menurun karena saat ini minyak solar yang ada sebagian besar sudah dalam bentuk campuran dengan BBN yang berupa biosolar.

4.2.4. Emisi GRK Sektor Komersial

Emisi GRK di sektor komersial menurun dari 4,4 juta ton CO₂e pada tahun 2000 menjadi 3,2 juta ton CO₂e pada tahun 2013, atau menurun rata-rata sebesar 2,4% per tahun. Hampir sama dengan sektor rumah tangga, penggunaan listrik di sektor komersial meningkat pesat sehingga penggunaan energi fosil seperti minyak tanah dan minyak solar cenderung menurun. Penurunan

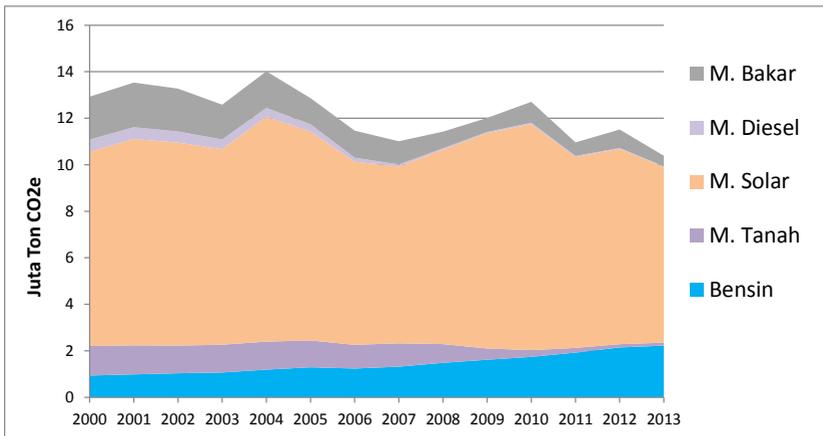
penggunaan bahan bakar fosil ini akan menurunkan emisi GRK karena emisi dari penggunaan listrik dihitung di sektor pembangkit listrik.



Gambar 4.9. Emisi GRK Sektor Komersial

4.2.5. Emisi GRK Sektor Lainnya

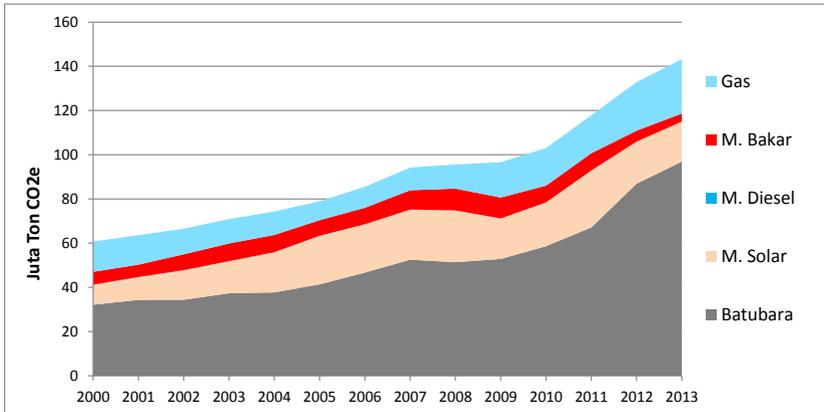
Emisi GRK di sektor lainnya selama kurun waktu 2000-2013 ada kecenderungan menurun rata-rata sebesar 1,7% per tahun. Pangsa terbesar emisi GRK di sektor ini berasal dari penggunaan minyak solar dengan pangsa 73% dan dari penggunaan bensin dengan pangsa 21%. Emisi dari penggunaan bensin tumbuh rata-rata sebesar 6,9% per tahun sedangkan penggunaan bahan bakar selain bensin cenderung menurun. Penggunaan minyak solar, meskipun pangsa emisinya besar, namun menurun pertumbuhannya rata-rata sebesar 0,8% per tahun. Emisi dari penggunaan minyak tanah, minyak diesel dan minyak bakar menurun lebih tajam lagi yaitu rata-rata sebesar 16,2%, 21,4% dan 10,2% per tahun. Sehingga dapat diprakirakan bahwa penggunaan bensin akan memegang peran penting ke depan dalam melakukan mitigasi emisi.



Gambar 4.10. Emisi GRK Sektor Lainnya

4.2.6. Emisi GRK Sektor Pembangkit Listrik

Bahan bakar yang digunakan untuk pembangkit meliputi batubara, minyak solar, minyak diesel, minyak bakar dan gas alam. Emisi GRK di sektor pembangkit listrik meningkat rata-rata sebesar 6,8% per tahun dalam kurun waktu 2000-2013. Pada tahun 2000 emisi GRK mencapai 60,7 juta ton CO₂e dan meningkat menjadi 143,2 juta ton CO₂e pada tahun 2013. Batubara merupakan penghasil emisi utama di sektor ini yakni dengan pangsa mencapai 68% dari total emisi pada tahun 2013. Pangsa emisi terbesar kedua adalah dari penggunaan gas sebesar 17%.



Gambar 4.11. Emisi GRK Sektor Pembangkit Listrik

Secara pertumbuhan emisi maka yang paling berperan dalam meningkatkan pertumbuhan emisi berasal dari penggunaan batubara dengan rata-rata pertumbuhan sebesar 8,9% per tahun, diikuti oleh penggunaan gas (4,6% per tahun) dan penggunaan minyak solar (5,5% per tahun). Batubara dan gas merupakan bahan bakar yang besar perannya dalam mitigasi emisi, sedangkan penggunaan minyak solar tidak dapat dihindari karena masih diperlukan untuk wilayah kepulauan yang masih terpencil.

4.3 Proyeksi Emisi GRK Skenario BAU

Dalam perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) dikenal emisi *baseline*. Emisi *baseline* menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 15 tahun 2013 Tentang Pengukuran, Pelaporan, dan Verifikasi Aksi Mitigasi Perubahan Iklim adalah besaran emisi GRK yang dihasilkan pada saat tidak ada aksi mitigasi. Aksi mitigasi merupakan usaha untuk mengurangi risiko akibat perubahan iklim melalui kegiatan yang dapat menurunkan emisi atau meningkatkan penyerapan GRK dari sumber emisi. Berdasarkan batasan tersebut, skenario BAU yang digunakan untuk memproyeksi kebutuhan energi jangka panjang dapat diasumsikan sebagai emisi *baseline*.

Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang RAN-GRK merupakan tindak lanjut dari komitmen Pemerintah Indonesia untuk menurunkan emisi GRK pada tahun 2020 sebanyak 26% dengan upaya sendiri dan sebesar 41% dengan dukungan internasional. Komitmen ini disampaikan Presiden RI pada forum G-20 di Pittsburgh, USA tanggal 25 September 2009. Komitmen ini disampaikan terutama karena Indonesia telah bertekad untuk menerapkan pembangunan berkelanjutan sebagaimana tertuang dalam rencana pembangunan nasional. Dalam Perpres tersebut yang terkait langsung dengan sektor energi adalah Bidang Energi dan Transportasi serta Bidang Industri. Total target pengurangan emisi dengan upaya sendiri dan dukungan internasional ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Seperti tercantum dalam Lampiran 1 Perpres Nomor 61 Tahun 2011, target penurunan emisi dari bidang energi dan transportasi sebesar 0,038 Giga ton CO₂e (26%) dan 0,056 Giga ton CO₂e (41%). Kebijakan yang dilaksanakan untuk menunjang RAN-GRK meliputi:

1. Peningkatan penghematan energi
2. Penggunaan bahan bakar yang lebih bersih (*fuel switching*).
3. Peningkatan penggunaan energi baru dan terbarukan (EBT).
4. Pemanfaatan teknologi bersih baik untuk pembangkit listrik, dan sarana transportasi.
5. Pengembangan transportasi massal nasional yang rendah emisi, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

Tabel 4.5. Target Pengurangan Emisi GRK

Indikator	Rencana Pengurangan Emisi (Giga ton CO ₂ e)		Pelaksana
	26 %	41 %	
Kehutanan dan Area Gambut	0,672	1,039	Kemenhut, KLH, Kemen. PU, Kementan
Pertanian	0,008	0,011	Kementan, KLH, Kemen PU
Energi dan Transportasi	0,030 0,008	0,056	Kemen ESDM, Kemenhub, Kemen. PU, KLH
Industri	0,001	0,005	Kemenperin, KLH
Limbah	0,048	0,078	Kemen. PU, KLH
Total	0,767	1,189	

Strategi yang ditempuh meliputi:

1. Menghemat penggunaan energi final baik melalui penggunaan teknologi yang lebih bersih dan efisien maupun pengurangan konsumsi energi tak terbarukan (fosil).
2. Mendorong pemanfaatan energi baru terbarukan skala kecil dan menengah.
3. *Avoid* - mengurangi kebutuhan akan perjalanan terutama daerah perkotaan (*trip demand management*) melalui penataan lahan mengurangi perjalanan dan jarak perjalanan yang tidak perlu.

4. *Shift* - menggeser pola penggunaan kendaraan pribadi (sarana transportasi dengan konsumsi energi yang tinggi) ke pola transportasi rendah karbon seperti sarana transportasi tidak bermotor, transportasi publik, transportasi air.
5. *Improve* - meningkatkan efisiensi energi dan pengurangan pengeluaran karbon pada kendaraan bermotor pada sarana transportasi.

Target penurunan emisi untuk bidang industri sebesar 0,001 Giga ton CO₂e (26%) dan sebesar 0,005 Giga ton CO₂e (41%). Kebijakan yang dilakukan untuk menunjang RAN-GRK bidang industri adalah peningkatan pertumbuhan industri dengan mengoptimalkan pemakaian energi. Sedangkan strategi yang dilakukan adalah:

1. Melaksanakan audit energi khususnya pada industri-industri yang padat energi.
2. Memberikan insentif pada program efisiensi energi.

Teknologi merupakan faktor kunci dalam upaya penurunan emisi gas rumah kaca (GRK). Ada beberapa opsi teknologi yang dapat dikategorikan sebagai teknologi mitigasi GRK, diantaranya teknologi pembangkit berbahan bakar EBT, melakukan konservasi dengan menggunakan teknologi yang lebih efisien dan menggunakan bahan bakar yang rendah emisi. Pada Tabel 4.6 ditunjukkan beberapa opsi teknologi mitigasi serta pengurangan emisi yang dapat dicapai dengan penggunaan teknologi tersebut.

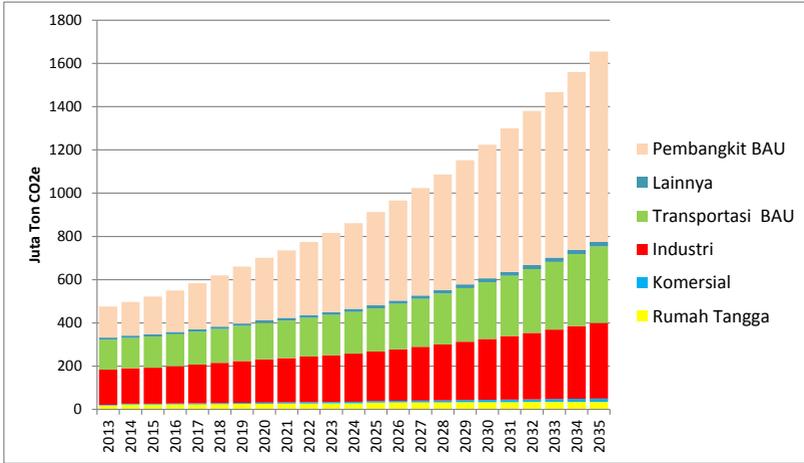
Tabel 4.6. Pengurangan Emisi GRK Sektor Energi

Sektor Energi	Juta ton CO ₂
Mandatori manajemen energi di 400 industri padat energi	10,16
Kemitraan konservasi energi di 1.303 gedung & industri	2,11
Efisiensi peralatan rumah tangga sebesar 21,43 GWh	10,02
PLTMH 130,4 MW	0,61
PLTM 692 MW	3,25
PITS 326,78 MW	0,29
PLTB 59,2 MW	0,06
PLT Biomassa 16.9MW	0,01032
DME 700 desa	0,18
Biogas 31.400 unit	0,13
657,83 MMSCFD gas alam untuk transportasi publik di 9 kota dan 21,16 ton LGV/hari di 2 kota	3,07
Pipanisasi gas bumi ke 94.500 RT di 24 lokasi	0,15
Pembangunan kilang mini LPG 2,2 MMSCFD	0,03
Reklamasi lahan pasca tambang 72.500 ha	2,73

Sebagai tindak lanjut dari kebijakan yang telah diterbitkan pemerintah, maka pemerintah wajib untuk melakukan inventarisasi GRK. Hasil inventarisasi GRK ini selanjutnya harus dilaporkan dalam dokumen Komunikasi Nasional (*National Communication*) bersama dengan informasi lain yaitu deskripsi tentang langkah-langkah yang diambil untuk mencapai tujuan konvensi meliputi upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim, dan informasi lainnya yang relevan dengan pencapaian tujuan konvensi. Saat ini disamping penyusunan Komunikasi Nasional, pemerintah juga perlu penyusunan dokumen Laporan Dua Tahunan (*Biennial Update Report*) yang akan dilaporkan ke UNFCCC secara periodik.

Disamping kebijakan terkait emisi GRK di atas, Pemerintah juga terus aktif dalam mengikuti pertemuan baik nasional maupun internasional yang terkait dengan mitigasi emisi GRK. Pertemuan COP 21 di Paris bulan Desember 2015 akan membahas kontribusi penurunan emisi GRK setiap negara atau sering disebut dengan *Intended Nationally Determined Contribution* (INDC). Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK sebesar 29% dengan kekuatan sendiri (*business as usual*) dan 41% dengan bantuan internasional sampai tahun 2030. Komitmen ini semakin memperkokoh posisi Indonesia dalam upaya penurunan emisi global.

Total emisi GRK untuk Skenario BAU secara keseluruhan berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. Emisi GRK untuk Skenario BAU pada tahun 2013 sebesar 475 juta ton CO₂e dan meningkat menjadi 1.655 juta ton CO₂e pada tahun 2035 (tumbuh rata-rata 5,8% per tahun). Penghasil emisi GRK terbesar adalah pembangkit listrik dari 143 juta ton CO₂e (tahun 2013) menjadi 881 juta ton CO₂e (tahun 2035). Emisi GRK dari sektor pembangkit listrik meningkat rata-rata 8,6% per tahun dalam kurun waktu 2013-2035. Pada tahun 2035 emisi GRK pangsa terbesar berasal dari sektor pembangkit dengan pangsa 5425 disusul sektor industri (21%), transport (21%), rumah tangga (2%), komersial (1%), dan sektor lainnya (1%).



Gambar 4.12. Proyeksi emisi GRK per sektor (Skenario BAU)

Ada tiga sektor yang sangat berperan dalam mitigasi emisi GRK di masa depan, yaitu sektor pembangkit listrik, industri dan transportasi. Sektor pembangkit listrik pangsaanya terus meningkat, sedangkan sektor industri dan transportasi cenderung menurun. Disamping itu, batubara merupakan bahan bakar yang paling dominan untuk pembangkit listrik. Oleh karena itu perlu mulai dilakukan mitigas emisi dengan memanfaatkan teknologi batubara bersih, khususnya untuk pembangkit listrik.

4.4 Proyeksi Emisi GRK Skenario PGB

Emisi GRK dari pemanfaatan energi terjadi akibat pembakaran energi fosil, produksi dan pengangkutan bahan bakar fosil, penggunaan gas bumi sebagai bahan baku, dan perubahan lahan untuk pembangunan infrastruktur energi (tambang, proses, dan konversi energi). Emisi GRK akibat pembakaran serta pengangkutan bahan bakar termasuk dalam kelompok penghasil emisi sektor energi. Emisi GRK akibat penggunaan gas bumi sebagai bahan baku termasuk dalam kelompok penghasil emisi sektor IPPU

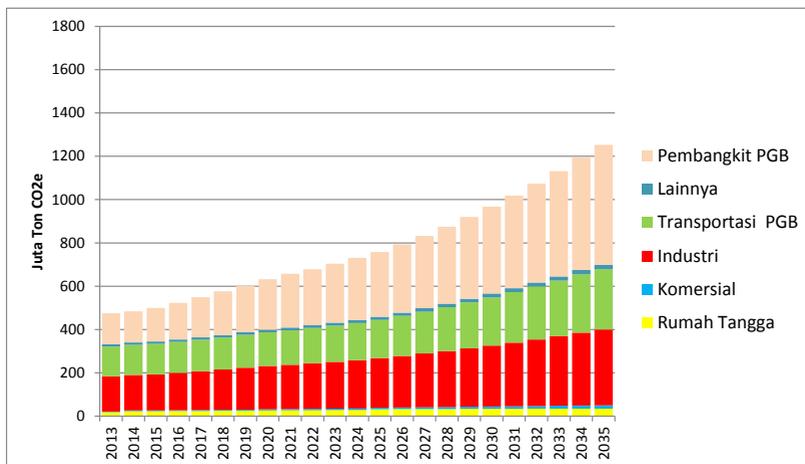
(*Industrial Process and Product Use*). Emisi GRK akibat perubahan lahan untuk pembangunan infrastruktur energi termasuk dalam kelompok penghasil emisi Sektor AFOLU (*Agriculture, Forestry, and Others Land Use*). Emisi GRK sektor energi dan sektor IPPU merupakan topik bahasan karena adanya data aktivitas, sedangkan emisi GRK sub-sektor *land-use* tidak dibahas karena tidak tersedianya data tentang kelompok tutupan lahan sebelum dilakukan pembangunan infrastruktur energi. Adapun jenis emisi GRK yang dijabarkan adalah CO₂ (energi dan IPPU), CH₄ (energi), dan N₂O (energi). *Global warming potential* untuk emisi CH₄ adalah 23 dan untuk N₂O adalah 296. Adapun metodologi yang digunakan adalah IPCC-2006.

Hasil mitigasi GRK ini diharapkan menjadi bahan masukan dalam penyusunan mitigasi GRK pasca 2020 yang akan disusun Indonesia sebagai bahan dalam pertemuan *Conference of Parties* ke 21 di Paris pada 30 November – 11 Desember 2015. Hasil mitigasi dapat dianalisis berdasarkan emisi GRK untuk Skenario BAU dibandingkan dengan emisi untuk Skenario PGB.

Serupa dengan emisi GRK untuk Skenario BAU, selama kurun waktu 2013-2035 emisi GRK untuk Skenario PGB didominasi oleh penggunaan batubara. Emisi GRK pada tahun 2013 sebesar 475 juta ton CO₂e dan meningkat rata-rata sebesar 4,5% per tahun menjadi 1.253 juta ton CO₂e pada tahun 2035. Pembangkit listrik menjadi sumber emisi GRK terbesar yakni sebesar 143 juta ton CO₂e (tahun 2013) dan meningkat menjadi 554 juta ton CO₂e (tahun 2035).

Pada skenario PGB, total emisi GRK pada tahun 2035 menurun sebesar 401,7 juta ton CO₂e atau menurun 24% dari total emisi GRK untuk Skenario BAU. Tiga sektor penghasil emisi terbesar adalah sektor pembangkit, industri, dan transportasi dengan total emisi GRK masing-masing sebesar 554, 350 dan 278 juta ton CO₂e pada tahun 2035. Pangsa emisi pada tahun 2035 mencapai 94% untuk ketiga sektor tersebut, disusul sektor rumah tangga (3%), lainnya (2%), dan

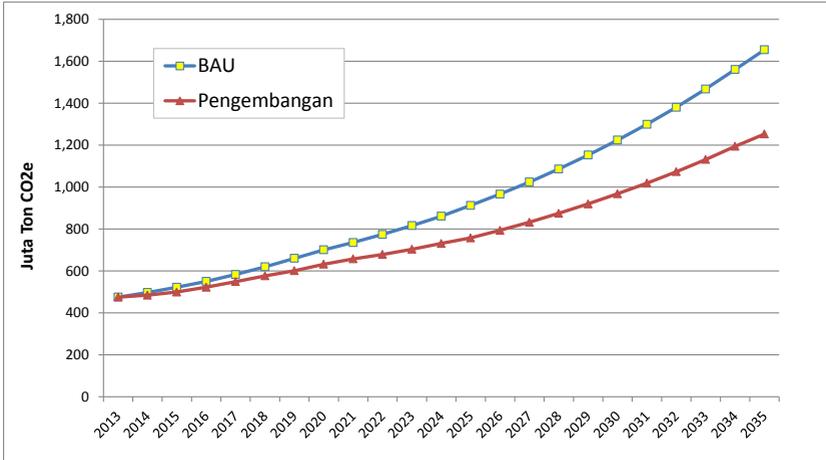
komersial (1%). Emisi GRK di sektor komersial cukup rendah karena jenis energi yang digunakan mayoritas berupa energi listrik, yang emisinya sudah dihitung dalam sektor pembangkit listrik.



Gambar 4.13. Proyeksi Emisi GRK untuk Skenario PGB

Proyeksi emisi GRK dalam kurun waktu 2013-2035 untuk Skenario BAU meningkat rata-rata 5,8% per tahun, sedangkan untuk Skenario PGB meningkat rata-rata 4,5% per tahun. Proyeksi kebutuhan energi (untuk lima sektor penggunaan ditambah sektor pembangkit) pada kurun waktu yang sama, untuk Skenario BAU meningkat rata-rata 5,2% per tahun, sedangkan untuk Skenario PGB meningkat rata-rata 4,8% per tahun. Pada Skenario BAU setiap peningkatan kebutuhan energi 1% akan meningkatkan emisi GRK sebesar 1,1% yang perlu mendapat perhatian karena pertumbuhan emisi GRK melebihi pertumbuhan kebutuhan energi. Sedangkan untuk Skenario PGB setiap peningkatan kebutuhan energi 1% akan meningkatkan emisi GRK sebesar 0,9% yang sudah lebih baik dari pada Skenario BAU karena penggunaan bahan bakar fosil sudah lebih sedikit. Mitigasi yang dilakukan pada sektor transportasi dan pembangkit listrik pada

Skenario PGB dapat menurunkan elastistas emisi terhadap kebutuhan energi.



Gambar 4.14. Perbandingan Proyeksi Emisi GRK untuk Skenario BAU dan Skenario PGB

Penurunan emisi yang dapat dicapai melalui mitigasi emisi dengan Skenario PGB pada tahun 2025 sebesar 155 juta ton CO₂e atau sebesar 17,0% terhadap emisi Skenario BAU. Pada tahun 2035 penurunan emisi yang dapat dicapai meningkat menjadi sebesar 402 juta ton CO₂e atau sebesar 24,3% terhadap emisi Skenario BAU.

BAB V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Studi ini membuat *baseline* emisi GRK berdasarkan Skenario *Business as Usual* (Skenario BAU) Mitigasi emisi GRK dilakukan dengan menggunakan opsi konservasi dan diversifikasi energi di sektor transportasi dan pembangkit listrik yang dinyatakan dalam bentuk Skenario Pengembangan (Skenario PGB). Skenario-skenario tersebut kemudian diimplementasikan dalam model energi menggunakan Model LEAP (*Long-Range Energy Alternatives Planning System*). Dari data historis terlihat bahwa penggunaan energi final saat ini (2013) masih didominasi oleh penggunaan BBM. Penggunaan energi final sektoral dalam kurun waktu 2000-2013 meningkat dari 764 Juta SBM pada tahun 2000 menjadi 1.151 Juta SBM pada tahun 2013 atau meningkat rata-rata sebesar 3,2% per tahun. Pertumbuhan penggunaan energi terbesar adalah sektor transportasi yaitu 6,7% per tahun, diikuti oleh sektor komersial 4,7% per tahun. Sektor rumah tangga relatif tidak tumbuh namun terjadi pergeseran penggunaan jenis energi dari kayu bakar ke penggunaan energi listrik dan gas yang lebih efisien. Sedangkan untuk sektor pembangkit listrik, kebutuhan bahan bakarnya meningkat dari 131 juta SBM (2000) menjadi 292 juta SBM (2013) atau meningkat rata-rata 6,4% per tahun.

Dalam model, biomassa yang diperhitungkan adalah biomassa komersial di luar kayu bakar. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa proyeksi kebutuhan energi final untuk Skenario BAU tumbuh dari 918 juta SBM pada tahun 2013 menjadi 2.941 juta SBM pada tahun 2035 atau meningkat rata-rata 5,4% per tahun. Pada kurun waktu

2013-2035 terjadi kenaikan sebesar 3,2 kali dalam kurun waktu 22 tahun. Penggunaan energi final untuk Skenario PGB lebih rendah dari pada untuk skenario BAU karena sudah mempertimbangkan program konservasi energi untuk sektor transportasi. Pada tahun 2025 terjadi penurunan penggunaan energi sebesar 3,9% dan program konservasi terus ditingkatkan sehingga pada tahun 2035 terjadi penurunan penggunaan energi sebesar 8,7%. Program konservasi di sektor transportasi dengan perbaikan manajemen serta sistem transportasi dengan menggunakan angkutan massal seperti *Bus Rapid Transportation* (BRT).

Total emisi GRK untuk Skenario BAU secara keseluruhan berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. Emisi GRK untuk Skenario BAU pada tahun 2013 sebesar 475 juta ton CO₂e dan meningkat menjadi 1.655 juta ton CO₂e pada tahun 2035 (tumbuh rata-rata 5,8% per tahun). Penghasil emisi GRK terbesar adalah pembangkit listrik dari 143 juta ton CO₂e (tahun 2013) menjadi 881 juta ton CO₂e (tahun 2035). Serupa dengan Skenario BAU, emisi GRK untuk Skenario PGB meningkat rata-rata sebesar 4,5% per tahun pada tahun 2013 sebesar 475 juta ton CO₂e dan menjadi 1.253 juta ton CO₂e pada tahun 2035. Pada Skenario BAU setiap peningkatan kebutuhan energi 1% akan meningkatkan emisi GRK sebesar 1,1% yang perlu mendapat perhatian karena pertumbuhan emisi GRK melebihi pertumbuhan kebutuhan energi. Sedangkan untuk Skenario PGB setiap peningkatan kebutuhan energi 1% akan meningkatkan emisi GRK sebesar 0,9% yang sudah lebih baik dari pada Skenario BAU karena penggunaan bahan bakar fosil sudah lebih sedikit. Penurunan emisi yang dapat dicapai melalui mitigasi emisi dengan Skenario PGB pada tahun 2025 sebesar 155 juta ton CO₂e atau sebesar 17,0% terhadap emisi Skenario BAU. Pada tahun 2035 penurunan emisi yang dapat dicapai meningkat menjadi sebesar 402 juta ton CO₂e atau sebesar 24,3% terhadap emisi Skenario BAU.

5.2 Rekomendasi

Sebelum membuat rekomendasi harus dilakukan perhitungan emisi GRK berdasarkan data, studi literatur dan FGD yang telah dilakukan. Dengan menggunakan Model LEAP maka hasil-hasil perhitungan tersebut dapat dianalisis dan dievaluasi berdasarkan beberapa skenario yang ditetapkan. Dari hasil analisis ini maka dapat dibuat rekomendasi yang tajam serta dapat diimplementasikan.

Berdasarkan pembahasan tersebut dapat disampaikan beberapa rekomendasi sebagai berikut.

1. Dengan menggunakan faktor emisi lokal/nasional maka akan ada perubahan dalam hasil inventarisasi emisi GRK terutama sektor energi menuju ke arah yang lebih akurat (*uncertainty data*).
2. Penggunaan emisi faktor nasional akan mencerminkan kondisi lapangan yang sebenarnya terutama untuk wilayah Indonesia yang sangat luas dalam hal keberagaman. Oleh karena itu, perlu segera adanya kebijakan resmi dari pemerintah untuk menetapkan hasil-hasil faktor emisi tersebut untuk dapat digunakan dalam inventarisasi GRK.
3. Hasil dari inventarisasi ini sangat diperlukan keakuratan dan perlu dilaporkan secara periodik ke UNFCCC melalui penyusunan dokumen Komunikasi Nasional (*National Communication*) dan dokumen Laporan Dua Tahunan (*Biennial Update Report*).
4. Sektor transportasi mengkonsumsi BBM yang paling besar dan sulit untuk disubstitusi dengan bahan bakar lain. Mitigasi yang sudah dilakukan untuk Skenario PGB perlu dielaborasi lebih lanjut melalui strategi ASI (*Avoid, Shift, and Improve*) yang penerapannya harus dilakukan lintas sektoral (Kementerian ESDM, Kementerian Perhubungan, Kementerian Perindustrian,

Bappenas, Pemerintah Daerah, dll.). Strategi ini sangat erat kaitannya dengan perencanaan tata ruang kota. Pembangunan perkotaan perlu menerapkan konsep *compact city* dengan fasilitas-fasilitas publik, seperti perkantoran, sentra bisnis dan sekolahan harusnya dekat dengan permukiman.

DAFTAR PUSTAKA

- Bappenas (2013a) *Pedoman Umum Pemantauan, Evaluasi dan Pelaporan Pelaksanaan RAN-GRK dan RAD-GRK*, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Jakarta.
- Bappenas (2013b) *Petunjuk Teknis Pemantauan, Evaluasi dan Pelaporan Pelaksanaan RAD-GRK*, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Jakarta.
- Bappenas (2014a) *Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Berbasis Energi*, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Jakarta.
- Bappenas (2014b) *Perkembangan Penanganan Perubahan Iklim di Indonesia*, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Jakarta.
- CDIEMR (2014) *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2014*, Center for Data and Information on Energy and Mineral Resources, Ministry of Energy and Mineral Resources, Jakarta.
- DEN (2014) *Outlook Energi Indonesia*, Dewan Energi Nasional, Jakarta.
- Ditjen Ketenagalistrikan (2013) *Statistik Ketenagalistrikan 2013*, Dirjen Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen Ketenagalistrikan (2014) *Statistik Ketenagalistrikan 2014*, Dirjen Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM, Jakarta.
- DJK (2015) *Perhitungan Faktor Emisi Gas Rumah Kaca Sistem Interkoneksi Tenaga Listrik*, Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Jakarta.
- DNPI (2012) *Kajian Awal Penyusunan Kelembagaan MRV: Pilihan-Pilihan yang Memungkinkan Untuk Indonesia Berdasarkan Pengalaman Internasional*, Dewan Nasional Perubahan Iklim Indonesia (DNPI) bekerja samadengan Japan International Cooperation Agency (JICA), Jakarta.

- IPCC (2006) *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Kanagawa.
- IPCC (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, Intergovernmental Panel on Climate Change, www.ipcc.ch.
- KESDM (2015) *Renstra KESDM 2015-2019*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- KLH (2012a) *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional*, Buku I: Pedoman Umum, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- KLH (2012b) *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional Volume 1: Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi*, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Lemigas (2012) *Emisi CO₂ di Sektor Energi*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi, KESDM, Jakarta.
- Lemigas (2014) *Kajian Perhitungan Faktor Emisi Lokal pada Jenis Bahan Bakar Minyak*, Dipresentasikan pada Seminar Nasional Faktor Emisi CO₂, Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM, Bandung, 30 Oktober 2014.
- P3TKEBTKE (2014) *Perhitungan Faktor Emisi CO₂ PLTM/PLTMH*, Dipresentasikan pada Seminar Nasional Faktor Emisi CO₂, Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM, Bandung, 30 Oktober 2014.
- PLN (2015a) *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2015-2024*, PT PLN (Persero), Jakarta.
- PLN (2015b) *Statistik PLN 2014*, PT PLN (Persero), Jakarta.
- Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara (2014) *Perhitungan Faktor Emisi CO₂ Nasional (Specific Country Tier 2) dari Batubara*, Dipresentasikan pada Seminar Nasional Faktor Emisi CO₂, Badan Penelitian dan Pengembangan ESDM, Bandung, 30 Oktober 2014.

LAMPIRAN

1. Konsumsi Bahan Bakar untuk Pembangkit Listrik (Juta SBM)

Tahun	Batubara	M. Solar	M. Diesel	M. Bakar	Gas	Total
2000	56.2	20.4	0.2	12.9	41.1	130.7
2001	60.0	23.2	0.2	12.5	39.9	135.8
2002	60.1	30.0	0.3	16.0	34.6	141.0
2003	65.3	32.6	0.2	17.8	33.1	149.0
2004	65.9	40.9	0.2	17.4	31.7	156.1
2005	72.3	49.5	0.2	15.7	25.7	163.3
2006	81.6	49.2	0.2	16.6	28.4	176.0
2007	91.8	51.1	0.1	19.5	30.7	193.2
2008	89.8	52.7	0.2	22.0	32.6	197.4
2009	92.4	41.3	0.1	21.1	47.9	202.7
2010	102.5	44.7	0.0	16.9	50.9	215.0
2011	117.3	58.0	0.1	17.5	51.3	244.2
2012	151.9	43.0	0.0	11.0	65.7	271.6
2013	169.4	40.8	0.0	8.2	73.6	292.0

2. Konsumsi Energi per Jenis (Juta SBM)

Tahun	Biomassa	Batubara	Gas & LPG	BBM	Listrik	Total
2000	269.0	36.1	95.5	315.3	48.6	764.5
2001	269.0	37.1	90.5	328.2	51.8	776.6
2002	270.2	38.8	89.6	325.2	53.4	777.2
2003	272.0	68.3	99.0	321.4	55.5	816.2
2004	271.8	55.4	94.6	354.3	61.4	837.5
2005	270.0	65.8	95.1	338.4	65.6	835.0
2006	276.3	89.1	92.6	311.9	69.1	839.0
2007	275.1	122.0	91.1	314.3	74.4	876.9
2008	277.9	94.2	118.0	321.0	79.1	890.2
2009	279.2	82.8	143.0	335.3	82.5	922.7
2010	273.6	136.9	147.5	363.1	90.7	1,011.8
2011	283.0	144.6	158.3	363.8	99.1	1,048.9
2012	280.6	156.0	168.0	398.4	106.7	1,109.7
2013	285.0	178.9	173.3	399.3	115.0	1,151.5

Catatan: - tidak termasuk *other petroleum product* dan *feedstock*
 - BBM sudah termasuk BBN

3. Konsumsi Energi Per Sektor (Juta SBM)

Tahun	RT	Industri	Transportasi	Komersial	Lainnya	Total
2000	88.0	278.9	139.2	20.7	29.2	555.9
2001	89.0	275.0	148.3	21.5	30.6	564.3
2002	86.6	271.0	151.5	21.8	30.0	560.8
2003	88.7	300.1	156.2	22.4	28.4	595.8
2004	90.7	288.0	178.4	25.4	31.7	614.1
2005	89.1	287.4	178.5	26.2	29.1	610.3
2006	84.5	304.0	170.1	26.2	25.9	610.8
2007	87.7	325.6	179.2	27.9	24.9	645.2
2008	84.6	321.3	197.0	29.3	25.9	658.0
2009	80.8	325.7	224.9	30.8	27.2	689.5
2010	81.6	383.8	255.6	33.1	28.7	782.9
2011	85.4	388.1	277.4	35.2	24.8	811.0
2012	92.5	406.7	310.4	35.4	26.1	871.1
2013	99.7	428.1	323.6	37.3	23.5	912.2

Catatan: Tidak termasuk biomassa non-komersial

4. Konsumsi Energi di Sektor Rumah Tangga (Juta SBM)

Tahun	Biomassa	Gas & LPG	M. Tanah	Listrik
2000	208.6	6.0	63.2	18.7
2001	212.3	6.3	62.3	20.4
2002	216.5	6.5	59.3	20.8
2003	220.4	7.1	59.6	21.9
2004	223.4	6.9	60.1	23.7
2005	224.7	6.1	57.7	25.2
2006	228.2	6.8	50.9	26.8
2007	231.6	8.5	50.2	29.0
2008	232.2	13.7	40.1	30.8
2009	233.3	22.9	24.3	33.7
2010	228.9	30.5	14.4	36.7
2011	237.9	35.4	10.1	39.9
2012	238.6	41.3	7.0	44.2
2013	239.2	46.0	6.4	47.3

Catatan: Biomassa non-komersial

5. Konsumsi Energi di Sektor Transportasi (Juta SBM)

Tahun	Gas	Avgas & Avtur	Bensin	M. Tanah	M. Solar	M. Diesel	M. Bakar	Biofuel	Listrik
2000	0.2	7.1	70.3	0.0	60.8	0.3	0.5	0.0	0.0
2001	0.1	8.7	74.0	0.0	64.5	0.3	0.5	0.0	0.0
2002	0.1	9.4	77.6	0.0	63.5	0.3	0.5	0.0	0.0
2003	0.1	11.4	82.9	0.0	61.1	0.3	0.4	0.0	0.0
2004	0.1	14.4	92.9	0.0	70.3	0.2	0.4	0.0	0.0
2005	0.0	13.7	98.9	0.0	65.3	0.2	0.3	0.0	0.0
2006	0.0	14.3	96.6	0.0	57.3	0.1	0.3	1.4	0.0
2007	0.0	14.9	102.5	0.0	55.2	0.1	0.3	6.1	0.1
2008	0.1	15.5	113.8	0.0	60.8	0.0	0.2	6.4	0.1
2009	0.2	16.3	124.5	0.0	67.3	0.0	0.2	16.3	0.1
2010	0.2	20.8	135.1	0.0	70.7	0.0	0.2	28.5	0.1
2011	0.2	21.0	149.7	0.0	59.7	0.0	0.2	46.6	0.1
2012	0.2	23.0	165.7	0.0	61.2	0.0	0.2	60.1	0.1
2013	0.2	24.5	172.7	0.0	55.1	0.0	0.1	70.9	0.1

6. Konsumsi Energi di Sektor Industri (Juta SBM)

Tahun	Biomassa	Batubara	Gas & LPG	M. Tanah	M. Solar	M. Diesel	M. Bakar	Listrik
2000	59.0	36.1	87.9	4.2	37.2	8.0	25.6	20.9
2001	55.2	37.1	82.8	4.2	39.5	7.7	26.7	21.8
2002	52.3	38.8	81.6	4.0	38.8	7.3	25.6	22.6
2003	50.2	68.3	90.7	4.0	37.4	6.4	20.8	22.4
2004	46.9	55.4	86.2	4.0	43.0	5.9	21.9	24.7
2005	43.9	65.8	87.4	3.9	39.9	4.8	15.6	26.0
2006	46.7	89.1	84.3	3.4	35.0	2.6	16.2	26.7
2007	42.1	122.0	81.0	3.4	33.8	1.4	13.9	28.1
2008	44.2	94.2	102.8	2.7	37.2	0.8	10.0	29.4
2009	44.5	82.8	118.1	1.6	41.2	0.7	8.4	28.3
2010	43.3	136.9	114.8	1.0	43.2	0.9	12.5	31.3
2011	43.7	144.6	120.3	0.7	36.5	0.7	8.1	33.5
2012	40.6	156.0	123.8	0.5	37.4	0.5	11.0	36.9
2013	44.4	178.9	124.5	0.4	33.6	0.4	6.4	39.5

Catatan: Biomassa komersial

7. Konsumsi Energi di Sektor Komersial (Juta SBM)

Tahun	Biomassa	Gas & LPG	M. Tanah	M. Solar	M. Diesel	Listrik
2000	1.5	1.39	3.5	5.4	0.0	8.9
2001	1.4	1.29	3.4	5.7	0.0	9.6
2002	1.4	1.44	3.3	5.6	0.0	10.0
2003	1.4	1.10	3.3	5.4	0.0	11.2
2004	1.4	1.46	3.3	6.2	0.0	13.0
2005	1.4	1.51	3.2	5.7	0.0	14.3
2006	1.4	1.45	2.8	5.0	0.0	15.5
2007	1.4	1.61	2.8	4.9	0.0	17.2
2008	1.4	1.38	2.2	5.4	0.0	18.9
2009	1.4	1.76	1.3	5.9	0.0	20.4
2010	1.4	1.99	0.8	6.2	0.0	22.7
2011	1.4	2.40	0.6	5.3	0.0	25.6
2012	1.4	2.76	0.4	5.4	0.0	25.5
2013	1.4	2.69	0.4	4.8	0.0	28.1

Catatan: Biomassa komersial

8. Konsumsi Energi di Sektor Lainnya (Juta SBM)

Tahun	Bensin	M. Tanah	M. Solar	M. Diesel	M. Bakar
2000	2.2	2.9	18.9	1.2	4.1
2001	2.3	2.8	20.0	1.2	4.3
2002	2.4	2.7	19.7	1.1	4.1
2003	2.5	2.7	19.0	1.0	3.3
2004	2.7	2.7	21.8	0.9	3.5
2005	3.0	2.6	20.3	0.7	2.5
2006	2.9	2.3	17.8	0.4	2.6
2007	3.0	2.3	17.1	0.2	2.2
2008	3.4	1.8	18.9	0.1	1.6
2009	3.7	1.1	20.9	0.1	1.3
2010	4.0	0.7	21.9	0.1	2.0
2011	4.4	0.5	18.5	0.1	1.3
2012	4.9	0.3	19.0	0.1	1.8
2013	5.1	0.3	17.1	0.1	1.0

9. Proyeksi Kebutuhan Bahan Bakar untuk Pembangkit Listrik (Juta SBM)

- Skenario BAU

Tahun	Gas	M. Bakar	M. Solar	Batubara	Total
2013	83.2	16.7	73.8	118.4	292.0
2014	94.8	19.0	84.0	134.7	332.5
2015	100.9	23.2	90.2	138.5	352.8
2016	106.7	25.6	95.7	144.9	372.9
2017	113.0	27.8	101.5	152.5	394.7
2018	119.5	29.4	107.4	161.2	417.4
2019	126.3	31.1	113.4	170.3	441.1
2020	142.3	27.7	102.8	191.8	464.7
2021	148.0	28.8	106.9	199.5	483.2
2022	153.7	29.9	111.1	207.2	501.9
2023	159.5	31.0	115.3	215.1	520.9
2024	165.4	32.2	119.5	223.0	540.1
2025	171.4	33.4	123.8	231.0	559.5
2026	177.5	34.5	128.2	239.2	579.5
2027	183.7	35.7	132.7	247.6	599.7
2028	189.9	37.0	137.2	256.0	620.2
2029	196.3	38.2	141.8	264.6	640.9
2030	202.7	39.4	146.4	273.2	661.8
2031	209.0	40.7	151.0	281.7	682.4
2032	215.4	41.9	155.6	290.3	703.3
2033	221.9	43.2	160.3	299.1	724.4
2034	228.5	44.5	165.1	308.0	746.0
2035	237.4	46.2	171.5	320.1	775.2

- Skenario PGB

Tahun	Gas	M. Bakar	M. Solar	Batubara	Total
2013	83.2	16.3	73.6	119.0	292.0
2014	91.9	18.0	81.4	131.5	322.8
2015	97.7	22.3	87.3	134.3	341.8
2016	103.3	24.7	92.6	140.4	361.0
2017	108.8	26.6	97.7	146.8	379.9
2018	114.4	28.1	102.7	154.3	399.5
2019	120.7	29.7	108.4	162.8	421.6
2020	135.3	26.3	97.7	182.4	441.7
2021	140.7	27.4	101.7	189.7	459.5
2022	145.6	28.3	105.2	196.3	475.4
2023	150.4	29.3	108.6	202.7	490.9
2024	155.0	30.2	112.0	209.0	506.1
2025	159.7	31.1	115.3	215.2	521.3
2026	163.7	31.9	118.2	220.6	534.4
2027	167.7	32.6	121.1	226.0	547.4
2028	171.6	33.4	124.0	231.3	560.2
2029	175.5	34.2	126.8	236.5	572.9
2030	179.3	34.9	129.6	241.7	585.5
2031	183.0	35.6	132.2	246.6	597.4
2032	186.6	36.3	134.8	251.5	609.2
2033	190.2	37.0	137.4	256.3	620.8
2034	193.7	37.7	139.9	261.1	632.4
2035	199.1	38.8	143.9	268.4	650.2

10. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Rumah Tangga (Juta SBM)

Tahun	Listrik	Gas	M. Tanah	LPG	Biogas	DME	Total
2013	49.2	0.1	6.6	47.2	0.0	0.0	103.1
2014	57.6	0.2	5.6	49.4	0.9	0.0	113.8
2015	66.8	0.5	4.6	51.6	1.9	0.0	125.3
2016	76.5	0.7	3.3	53.8	2.8	0.0	137.1
2017	86.9	0.9	2.0	56.0	3.8	0.0	149.6
2018	98.1	1.2	0.5	58.3	4.8	0.0	162.8
2019	110.0	1.5	0.2	60.7	5.8	0.0	178.1
2020	122.6	1.8	0.0	63.1	6.8	0.0	194.2
2021	133.4	2.1	0.0	64.1	7.7	0.0	207.4
2022	144.8	2.5	0.0	65.1	8.6	0.0	221.0
2023	156.6	2.8	0.0	66.1	9.6	0.0	235.1
2024	169.0	3.2	0.0	67.0	10.5	0.0	249.7
2025	181.8	3.6	0.0	67.9	11.4	7.2	272.0
2026	194.2	4.0	0.0	68.1	11.3	7.5	285.1
2027	207.0	4.4	0.0	68.3	11.3	7.8	298.8
2028	220.3	4.8	0.0	68.4	11.2	8.2	312.9
2029	234.0	5.3	0.0	68.5	11.1	8.5	327.4
2030	248.2	5.7	0.0	68.6	11.0	8.9	342.4
2031	262.2	6.2	0.0	68.6	10.9	9.2	357.1
2032	276.7	6.7	0.0	68.5	10.8	9.6	372.2
2033	291.5	7.2	0.0	68.4	10.7	9.9	387.7
2034	306.8	7.7	0.0	68.2	10.6	10.3	403.5
2035	322.4	8.2	0.0	68.1	10.5	10.7	419.8

11. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Transportasi (Juta SBM)

- Skenario BAU

Tahun	Listrik	Gas	Premium	Avtur	Avgas	Bio Solar	Bio Premium	Bio Avtur	M.Solar	Total
2013	0.1	0.4	182.3	25.2	0.6	0.4	1.8	0.0	112.8	323.6
2014	0.1	0.4	186.7	27.8	0.6	0.5	2.3	0.0	112.4	330.8
2015	0.1	0.4	189.1	29.7	0.6	0.5	3.6	0.1	114.8	339.0
2016	0.1	0.4	192.4	31.8	0.6	0.6	4.9	0.2	117.5	348.4
2017	0.1	0.4	198.9	34.3	0.6	0.6	5.9	0.3	121.3	362.5
2018	0.2	0.4	206.8	37.1	0.6	0.6	7.0	0.5	125.7	379.0
2019	0.2	0.4	216.4	40.1	0.7	0.7	8.2	0.8	130.7	398.2
2020	0.2	0.4	227.7	42.7	0.7	0.7	9.6	1.1	136.4	419.6
2021	0.3	0.4	240.0	45.5	0.7	0.8	10.4	2.3	142.6	443.0
2022	0.3	0.4	254.0	48.5	0.7	0.8	11.3	4.0	149.7	469.6
2023	0.3	0.4	269.6	51.7	0.7	0.9	12.2	6.2	157.4	499.5
2024	0.4	0.4	286.3	55.0	0.7	1.0	13.3	9.0	166.0	532.2
2025	0.4	0.4	299.7	58.7	0.7	1.0	14.5	12.5	175.5	563.5
2026	0.5	0.4	317.2	62.5	0.8	1.1	15.5	13.2	187.3	598.5
2027	0.5	0.4	336.0	66.6	0.8	1.2	16.6	14.0	200.2	636.3
2028	0.5	0.4	356.3	71.0	0.8	1.2	17.9	14.8	214.3	677.2
2029	0.6	0.4	378.1	75.6	0.8	1.3	19.2	15.8	229.6	721.4
2030	0.6	0.4	401.5	80.6	0.8	1.4	20.6	16.7	246.3	769.0
2031	0.7	0.4	426.7	85.9	0.8	1.5	22.2	17.8	264.5	820.5
2032	0.7	0.4	453.9	91.6	0.9	1.6	24.0	18.9	284.3	876.2
2033	0.8	0.4	483.2	97.6	0.9	1.7	25.8	20.1	305.8	936.3
2034	0.8	0.4	514.9	104.0	0.9	1.8	27.9	21.4	329.1	1001.2
2035	0.9	0.4	548.9	110.9	0.9	1.9	30.1	22.9	354.3	1071.2

Catatan: BBN (B-100, E-100)

- Skenario PGB

Tahun	Listrik	Gas	Premium	Avtur	Avgas	Bio Solar	Bio Premium	M.Solar	Bio Avtur	Total
2013	0.1	0.4	182.6	25.3	0.4	1.8	0.0	113.0	0.0	323.6
2014	0.1	0.6	183.6	26.9	0.5	2.3	0.0	112.3	0.0	326.4
2015	0.2	0.7	183.1	28.5	0.5	3.5	0.1	113.7	0.0	330.2
2016	0.7	1.3	183.2	30.2	0.6	4.7	0.2	115.2	0.1	336.2
2017	0.7	2.0	186.4	32.3	0.6	5.6	0.3	117.9	0.1	346.0
2018	0.8	2.8	190.8	34.6	0.6	6.5	0.5	121.0	0.1	357.8
2019	0.9	3.6	196.5	37.1	0.7	7.6	0.7	124.8	0.1	372.0
2020	0.9	4.6	203.5	39.1	0.7	8.8	1.0	129.0	0.1	387.9
2021	1.0	6.4	211.2	41.3	0.8	9.4	2.0	133.7	0.1	406.0
2022	1.1	8.3	220.0	43.7	0.8	10.1	3.4	139.0	0.1	426.6
2023	1.2	10.5	230.1	46.1	0.9	10.8	5.3	144.8	0.2	449.7
2024	1.3	12.7	240.6	48.7	1.0	11.6	7.6	151.2	0.2	474.9
2025	1.4	15.2	248.1	51.3	1.0	12.5	10.3	158.2	0.3	498.4
2026	1.5	18.0	258.5	54.2	1.1	13.2	10.8	167.1	0.3	524.7
2027	1.6	21.1	269.5	57.2	1.2	13.9	11.2	176.8	0.3	552.9
2028	1.7	24.5	281.4	60.4	1.2	14.7	11.7	187.2	0.4	583.3
2029	1.8	28.1	293.9	63.8	1.3	15.6	12.2	198.5	0.4	615.8
2030	2.0	32.1	307.3	67.0	1.4	16.5	12.8	210.6	0.8	650.6
2031	2.1	34.3	321.6	70.7	1.5	17.6	13.4	224.0	0.9	685.9
2032	2.2	36.7	336.8	74.7	1.6	18.7	14.0	238.3	0.9	723.8
2033	2.4	39.3	353.0	78.8	1.7	19.8	14.7	253.6	1.0	764.3
2034	2.6	42.2	370.2	83.2	1.8	21.1	15.4	270.0	1.1	807.5
2035	2.8	45.4	388.4	87.8	1.9	22.4	16.2	287.5	1.1	853.7

Catatan: BBN (B-100, E-100)

12. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Industri (Juta SBM)

Tahun	Listrik	Gas	M. Tanah	M. Solar	M. Bakar	LPG	Batubara	M. Diesel	Biomassa	Total
2013	40.4	109.1	1.2	1.1	7.2	1.4	159.4	54.4	54.0	428.1
2014	80.3	89.0	1.2	1.4	7.1	4.9	172.7	39.9	53.8	450.3
2015	85.3	94.4	1.2	1.9	7.1	5.8	180.8	41.3	55.9	473.7
2016	90.3	99.7	1.3	2.5	7.1	6.8	187.4	42.4	57.6	495.0
2017	95.6	105.4	1.3	3.1	7.0	7.8	194.2	43.6	59.3	517.6
2018	101.4	111.5	1.4	3.9	7.0	8.9	201.3	44.9	61.2	541.4
2019	107.6	118.0	1.4	4.8	6.9	10.0	208.7	46.1	63.0	566.6
2020	113.9	124.7	1.5	5.9	6.9	11.1	214.0	47.3	64.6	589.8
2021	119.6	130.9	1.5	7.0	6.8	12.1	218.2	48.2	65.8	610.1
2022	125.7	137.4	1.6	8.3	6.8	13.1	222.5	49.0	67.0	631.6
2023	132.2	144.4	1.6	9.8	6.8	14.2	226.9	49.9	68.3	654.1
2024	139.2	151.7	1.7	11.5	6.7	15.2	231.5	50.8	69.7	677.9
2025	146.6	159.5	1.7	13.4	6.7	16.3	236.2	51.6	71.0	702.9
2026	155.8	169.4	1.8	15.6	6.6	17.6	244.4	53.0	73.5	737.7
2027	165.7	180.1	1.9	18.0	6.6	18.9	253.1	54.4	76.1	774.8
2028	176.4	191.5	1.9	20.8	6.6	20.4	262.1	55.9	78.9	814.4
2029	187.8	203.7	2.0	23.9	6.5	21.8	271.6	57.3	81.8	856.5
2030	200.1	216.7	2.1	27.4	6.5	23.3	281.5	58.8	85.0	901.4
2031	213.3	230.7	2.2	31.3	6.4	24.9	291.9	60.2	88.3	949.4
2032	227.6	245.7	2.3	35.8	6.4	26.5	302.8	61.7	91.8	1000.5
2033	242.8	261.9	2.3	40.7	6.4	28.2	314.3	63.0	95.5	1055.2
2034	259.3	279.1	2.4	46.3	6.3	29.9	326.3	64.3	99.5	1113.5
2035	277.4	298.1	2.5	52.6	6.3	31.8	339.4	65.7	103.9	1177.6

Catatan: Biomassa komersial

13. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Komersial (Juta SBM)

Tahun	Listrik	Gas	M. Tanah	M. Solar	LPG	BioSolar	M. Diesel	Biomassa	Total
2013	29.3	1.5	0.4	5.0	1.3	0.0	0.0	1.4	38.8
2014	31.1	1.5	0.4	5.3	1.4	0.1	0.0	1.5	41.3
2015	32.9	1.6	0.4	5.7	1.5	0.2	0.0	1.6	43.8
2016	34.8	1.7	0.4	5.9	1.5	0.4	0.0	1.6	46.4
2017	37.6	1.8	0.5	6.3	1.6	0.6	0.0	1.8	50.2
2018	40.7	2.0	0.5	6.8	1.8	0.9	0.0	1.9	54.6
2019	44.4	2.2	0.5	7.2	1.9	1.3	0.0	2.1	59.6
2020	48.3	2.3	0.6	7.6	2.1	1.9	0.0	2.2	65.0
2021	52.6	2.5	0.6	8.2	2.3	2.3	0.0	2.4	71.0
2022	57.3	2.7	0.7	8.9	2.5	2.8	0.0	2.6	77.5
2023	62.4	3.0	0.7	9.6	2.7	3.4	0.0	2.9	84.6
2024	68.0	3.2	0.8	10.3	2.9	4.0	0.0	3.1	92.3
2025	74.0	3.5	0.9	11.1	3.1	4.8	0.0	3.4	100.7
2026	80.5	3.8	0.9	12.0	3.4	5.1	0.0	3.6	109.4
2027	87.5	4.1	1.0	13.0	3.7	5.6	0.0	3.9	118.7
2028	94.9	4.4	1.1	14.0	4.0	6.0	0.0	4.2	128.7
2029	102.9	4.8	1.2	15.1	4.3	6.5	0.0	4.6	139.3
2030	111.4	5.1	1.3	16.3	4.6	7.0	0.0	4.9	150.6
2031	120.5	5.5	1.4	17.5	4.9	7.5	0.0	5.3	162.8
2032	130.3	6.0	1.5	18.9	5.3	8.1	0.0	5.7	175.8
2033	140.8	6.4	1.6	20.3	5.7	8.7	0.0	6.1	189.7
2034	152.1	6.9	1.7	21.8	6.1	9.3	0.0	6.6	204.5
2035	164.1	7.4	1.8	23.4	6.6	10.0	0.0	7.1	220.4

Catatan: Biomassa komersial

14. Proyeksi Kebutuhan Energi di Sektor Lainnya (Juta SBM)

Tahun	Premium	M. Tanah	M. Solar	M. Bakar	Bio Solar	Bio Premium	M. Diesel	Total
2013	5.3	0.3	17.5	1.1	0.0	0.0	0.1	24.2
2014	5.3	0.3	18.2	1.1	0.1	0.0	0.1	25.0
2015	5.3	0.3	18.8	1.1	0.2	0.0	0.1	25.8
2016	5.5	0.3	19.3	1.1	0.4	0.0	0.1	26.6
2017	5.7	0.3	19.9	1.1	0.6	0.0	0.1	27.7
2018	5.9	0.3	20.7	1.1	0.8	0.0	0.1	29.0
2019	6.2	0.3	21.4	1.2	1.1	0.1	0.1	30.4
2020	6.5	0.3	22.2	1.2	1.5	0.1	0.1	31.8
2021	6.8	0.3	23.1	1.2	1.8	0.1	0.1	33.4
2022	7.1	0.3	24.0	1.2	2.1	0.2	0.1	35.0
2023	7.4	0.3	25.0	1.3	2.4	0.3	0.1	36.7
2024	7.6	0.3	26.0	1.3	2.7	0.4	0.1	38.4
2025	7.9	0.3	27.0	1.3	3.1	0.5	0.1	40.3
2026	8.3	0.3	28.1	1.4	3.5	0.6	0.1	42.2
2027	8.6	0.3	29.1	1.4	4.0	0.7	0.1	44.2
2028	9.0	0.3	30.2	1.4	4.4	0.7	0.1	46.2
2029	9.3	0.3	31.4	1.5	4.9	0.8	0.1	48.3
2030	9.7	0.3	32.5	1.5	5.5	0.9	0.1	50.5
2031	10.1	0.3	33.7	1.6	6.0	1.1	0.1	52.8
2032	10.5	0.3	34.8	1.6	6.6	1.2	0.1	55.1
2033	10.9	0.4	36.0	1.6	7.2	1.3	0.1	57.5
2034	11.3	0.4	37.3	1.7	7.9	1.4	0.1	60.0
2035	11.8	0.4	38.5	1.7	8.6	1.6	0.1	62.6

15. Emisi GRK di Indonesia Saat Ini (Juta ton CO₂e)

Tahun	R. Tangga	Industri	Transportasi	Komersial	Lainnya	Pembangkit
2000	29.7	83.3	61.0	4.4	12.9	60.7
2001	29.4	83.5	65.0	4.5	13.5	63.6
2002	28.2	83.0	66.4	4.4	13.3	66.5
2003	28.5	99.8	68.4	4.2	12.6	70.9
2004	28.7	93.6	78.1	4.7	14.0	74.3
2005	27.4	95.3	78.1	4.5	12.9	79.0
2006	24.6	104.5	74.4	4.0	11.5	85.5
2007	24.9	120.1	78.1	3.9	11.0	94.2
2008	22.2	110.7	85.8	3.8	11.4	95.6
2009	18.3	109.8	97.7	3.8	12.0	96.6
2010	16.5	142.2	110.6	3.8	12.7	103.0
2011	16.3	143.3	119.4	3.4	11.0	117.8
2012	16.9	152.5	133.2	3.5	11.5	132.8
2013	18.2	162.0	138.5	3.2	10.4	143.2

16. Proyeksi Emisi GRK di Indonesia (Juta ton CO₂e)

Tahun	Skenario BAU	Skenario PGB
2013	475.5	475.2
2014	497.1	484.4
2015	522.4	499.5
2016	550.3	522.6
2017	583.1	549.2
2018	619.6	576.4
2019	660.3	601.3
2020	700.6	631.9
2021	735.6	657.4
2022	774.4	678.7
2023	816.2	703.4
2024	860.9	731.0
2025	912.5	757.6
2026	966.4	793.6
2027	1024.2	832.5
2028	1086.1	874.5
2029	1152.5	919.6
2030	1223.7	968.0
2031	1299.3	1018.8
2032	1380.4	1073.2
2033	1467.2	1131.4
2034	1560.2	1193.8
2035	1654.5	1252.8

