REPUBLIK INDONESIA

PEDOMAN PENYELENGGARAAN INVENTARISASI GAS RUMAH KACA NASIONAL

BUKU II

VOLUME 1
METODOLOGI PENGHITUNGAN TINGKAT EMISI GAS RUMAH KACA

PENGADAAN DAN PENGGUNAAN ENERGI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP

2012

REPUBLIK INDONESIA

PEDOMAN
PENYELENGGARAAN INVENTARISASI GAS RUMAH KACA NASIONAL

BUKU II

VOLUME 1
METODOLOGI PENGHITUNGAN TINGKAT EMISI GAS RUMAH KACA

PENGADAAN DAN PENGGUNAAN ENERGI

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP

2012

PEDOMAN PENYELENGGARAAN
INVENTARISASI GAS RUMAH KACA NASIONAL

Pengarah

Arief Yuwono
Deputi Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan dan Perubahan Iklim,
Kementerian Lingkungan Hidup

Koordinator

Sulistyowati
Asisten Deputi Mitigasi dan Pelestarian Fungsi Atmosfer
Kementerian Lingkungan Hidup

Penyusun

Rizaldi Boer, Retno Gumilang Dewi, Ucok WR Siagian, Muhammad Ardiansyah, Elza Surmaini, Dida Migfar Ridha, Mulkan Gani, Wukir Amintari Rukmi, Agus Gunawan, Prasetyadi Utomo, Gatot Setiawan, Sabitah Irwani, Rias Parinderati.

Ucapan Terima Kasih

Kepada Kementerian Kehutanan, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Kementerian Perindustrian, Kementerian Perhubungan, Kementerian Pertanian, Kementerian Pekerjaan Umum, Kementerian Dalam Negeri, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Dewan Nasional Perubahan Iklim, Badan Pusat Statistik, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Provinsi DKI Jakarta, Provinsi Jawa Barat, Provinsi Sumatera Selatan, Provinsi Sumatera Utara, Institut Teknologi Bandung, Institut Pertanian Bogor dan *Japan International Cooperation Agency - Capacity Development for Developing National GHG Inventories* (JICA-SP3), dan berbagai pihak lainnya, dalam proses penyusunan Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.

KATA PENGANTAR

Pertama-tama, marilah kita panjatkan puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, dengan telah tersusunnya "Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional".

Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional disusun dalam kerangka pelaksanaan Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca dan Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.

Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional terdiri dari 2 (dua) Buku, yaitu Buku I Pedoman Umum dan Buku II Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca. Buku I berisikan informasi tentang prinsip-prinsip dasar, proses dan tahapan-tahapan penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca nasional, dimulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, pemantauan dan evaluasi serta pelaporan.

Buku II, berisikan metodologi pelaksanaan inventarisasi emisi dan serapan gas rumah kaca, yang mencakup deskripsi mengenai tipe/jenis dan kategori sumber-sumber emisi gas rumah kaca, data aktivitas dan faktor emisi yang diperlukan dan bagaimana menyediakannya, serta metodologi dan langkah-langkah penghitungan tingkat emisi gas rumah kaca dengan menggunakan format dan template pelaporan.

Buku II terdiri dari 4 (empat) Volume, yaitu sebagai berikut:

1. Volume 1 : Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi;

2. Volume 2 : Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Proses Industri dan Penggunaan Produk;

3. Volume 3 : Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pertanian, Kehutanan, dan Penggunaan Lahan Lainnya;

4. Volume 4 : Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengelolaan Limbah.

Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional diharapkan akan menjadi kekuatan untuk keberhasilan pencapaian penurunan emisi GRK dalam kerangka pelaksanaan Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK dan Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional.

Jakarta, Juli 2012

Deputi Menteri Negara Lingkungan Hidup
Bidang Pengendalian Kerusakan
Lingkungan dan Perubahan Iklim,

Arief Yuwono

SAMBUTAN
MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP

Pemerintah Indonesia telah menyampaikan komitmen terkait perubahan iklim. Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) Tahun 2009-2014 telah menetapkan prioritas pembangunan pengelolaan lingkungan hidup yang diarahkan pada "Konservasi dan pemanfaatan lingkungan hidup mendukung pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan yang berkelanjutan, disertai penguasaan dan pengelolaan resiko bencana untuk mengantisipasi perubahan iklim".

Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup telah memandatkan bahwa dalam melakukan pemeliharaan lingkungan hidup, diperlukan upaya diantaranya dengan cara pelestarian fungsi atmosfer melalui upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

Dalam rangka kebijakan penurunan emisi gas rumah kaca sebesar 26% dari *bussiness as usual* pada tahun 2020, telah diterbitkan Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca dan Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.

Kebijakan penurunan emisi gas rumah kaca tersebut memerlukan percepatan dalam pelaksanaannya. Koordinasi dan sinergi antar pemangku kepentingan di tingkat pusat dan daerah, serta pemantauan dan evaluasi secara berkala diperlukan untuk mengetahui perkembangan pelaksanaan kebijakan penurunan emisi gas rumah kaca.

Penyusunan Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional bertujuan untuk menyediakan informasi secara berkala mengenai tingkat, status dan kecenderungan perubahan emisi dan serapan gas rumah kaca termasuk simpanan karbon di tingkat nasional dan daerah (Provinsi dan Kabupaten/Kota), serta informasi pencapaian penurunan emisi gas rumah kaca dari kegiatan mitigasi perubahan iklim.

Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional ini selanjutnya akan menjadi pedoman di tingkat pusat dan daerah (Provinsi dan Kabupaten/Kota) dalam pelaksanaan dan pengkoordinasian inventarisasi gas rumah kaca, yang melibatkan para pemangku kepentingan dari unsur Pemerintah, Dunia Usaha dan Masyarakat.

Jakarta, Juli 2012

Menteri Negara Lingkungan Hidup,

Prof. Dr. Balthasar Kambuaya, MBA

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR..... i
SAMBUTAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP..... iii
DAFTAR ISI..... v
DAFTAR TABEL..... vi
DAFTAR GAMBAR..... vii
I. PENDAHULUAN..... 1
1.1 Tipe/Jenis dan Kategori Sumber GRK..... 3
1.2 Pendekatan Inventarisasi Emisi GRK..... 5
1.3 Penentuan TIER..... 7
1.4 Model Dasar Penghitungan..... 9
1.5 Sumber Data..... 9
II. ESTIMASI EMISI GRK DARI PEMBAKARAN BAHAN BAKAR..... 10
2.1 Pembakaran Bahan Bakar Pada Sumber Stasioner..... 11
2.2 Pembakaran Bahan Bakar Pada Sumber Bergerak..... 21
III. ESTIMASI EMISI GRK DARI FUGITIVE..... 33
3.1 Emisi Fugitive Kegiatan Batubara..... 34
3.2 Emisi Fugitive Kegiatan Migas..... 38
IV. METODA PENDEKATAN REFERENSI (REFERENCE APPROACH)..... 46
4.1 Algoritma Metoda Pendekatan Referensi..... 47
4.2 Excluded Carbon..... 49
DAFTAR PUSTAKA..... 52
LAMPIRAN-LAMPIRAN 59
1. Deskripsi Kategori Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi..... 53
2. Tabel Pelaporan (*Common Reporting Format*) Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi..... 63
3. Lembar Kerja (Worksheet) Penghitungan Emisi GRK Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi..... 75

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1.1	Kategori Sumber Emisi dari Kegiatan Energi.....	5
Tabel 2.1	Sumber Emisi dari Pembakaran Bahan Bakar.....	10
Tabel 2.2	Faktor Emisi Gas Rumah Kaca Peralatan Tak Bergerak dan Bergerak.....	11
Tabel 2.3	Nilai kalor Bahan Bakar Indonesia……	12
Tabel 2.4	Faktor Emisi Pembakaran Stasioner di Industri Energi (kg Gas Rumah Kaca per TJ Nilai Kalor Netto).....	16
Tabel 2.5	Faktor Emisi Pembakaran Stasioner di Industri Manufaktur (kg GRK per TJ Nilai Kalor Netto).....	17
Tabel 2.6	Faktor Emisi Pembakaran Stasioner di Bangunan Komersial (kg GRK per TJ Nilai Kalor Netto).....	17
Tebel 2.7	Faktor Emisi Pembakaran Stasioner di Rumah Tangga dan Pertanian/Kehutanan/Perikanan.....	18
Tabel 2.8	Contoh perhitungan emisi GRK pendekatan sektoral kasus pembangkit listrik dengan spreadsheet.....	20
Tabel 2.9	Faktor Emisi CO2 Default Transportasi Jalan Raya.....	31
Tabel 2.10	Faktor Emisi N2O AND CH4 Default Transportasi Jalan Raya.....	31
Tabel 2.11	Faktor Emisi Default Kereta Api.....	32
Tabel 2.12	Faktor Emisi CO2 Default Angkutan Air.....	32
Tabel 2.13	Faktor Emisi Default CH4 dan N2O Kapal Samudera.....	32
Tabel 3.1	Sumber Emisi Fugitive Kegiatan Energi.....	33
Tabel 3.2	Sumber Utama Emisi Fugitive Batubara.....	35
Tabel 3.3	Segmen Industri yang terdapat pada Industri Migas.....	40
Tabel 3.4	Faktor Emisi Fugitive Kegiatan Migas.....	41
Tabel 4.1	Bahan Bakar yang Dapat Masuk dalam Kategori Excluded Carbon……..	49

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1.1	Ilustrasi Kegiatan Energi dan Sumber Emisi Gas Rumah Kaca...	2
Gambar 1.2	Contoh Ilustrasi Pengelompokan Sektor Inventarisasi Gas Rumah Kaca……	2
Gambar 1.3	Ilustrasi Kategori Sumber-sumber Emisi GRK Sektor Energi…..	3
Gambar 1.4	Ilustrasi Pendekatan Sektoral dan Pendekatan Referensi……..	6
Gambar 1.5	Ilustrasi Pembandingan Pendekatan Refersensi vs Pendekatan Sektoral……..	7
Gambar 1.6	Prosedur Penentuan Tier yang akan digunakan……..	9

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu sektor penting dalam inventarisasi emisi gas rumah kaca (GRK). Cakupan inventarisasi sektor energi meliputi kegiatan pengadaan/penyediaan energi dan penggunaan energi.

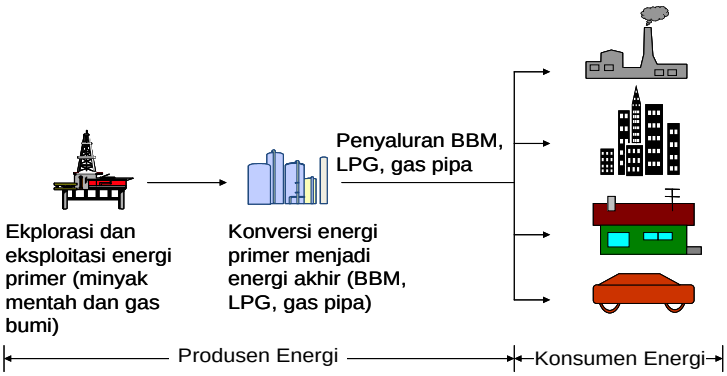
Pengadaan/penyediaan energi meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:
(i) Eksplorasi dan eksploitasi sumber-sumber energi primer (misal minyak mentah, batubara);
(ii) Konversi energi primer menjadi energi sekunder yaitu energi yang siap pakai (konversi minyak mentah menjadi BBM di kilang minyak, konversi batubara menjadi tenaga listrik di pembangkit tenaga listrik), dan
(iii) Kegiatan penyaluran dan distribusi energi.

Adapun penggunaan energi meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:
(i) Penggunaan bahan bakar di peralatan-peralatan stasioner (di industri, komersial, dan rumah tangga), dan
(ii) Peralatan-peralatan yang bergerak (transportasi).

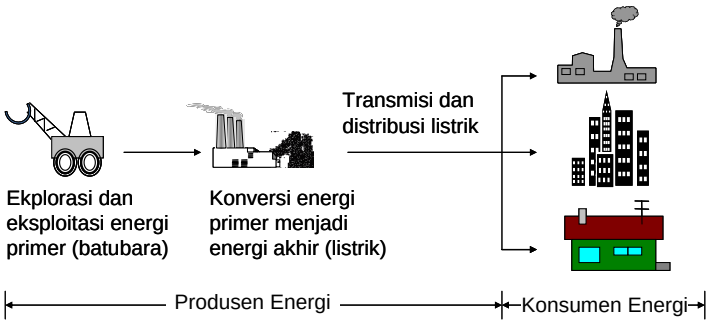
Ilustrasi cakupan inventarisasi GRK dari kegiatan sektor energi diperlihatkan pada Gambar 1.1. Adapun ilustrasi pengelompokan inventarisasi GRK sektor energi sebagaimana disajikan pada Gambar 1.2.

Perlu dicatat bahwa "sektor" dalam konteks inventarisasi GRK menyangkut titik/lokasi dimana emisi GRK terjadi, bukan sektor dalam pengertian administrasi/pemerintah (kementerian atau dinas) yang secara umum membina/mengatur bidang kegiatan dimana emisi tersebut terjadi. Sebagai contoh emisi yang diakibatkan oleh penggunaan energi di industri dikategorikan sebagai emisi dari sektor energi, bukan emisi dari sektor industri; emisi GRK akibat pembakaran limbah untuk pembangkit listrik dikategorikan sebagai emisi sektor energi, bukan emisi sektor lingkungan hidup atau sektor limbah.

Sebaliknya tidak semua emisi yang terjadi pada kegiatan yang merupakan bidang pembinaan Kementrian ESDM masuk dalam kategori emisi sektor energi. Sebagai contoh, sistem transmisi dan distribusi listrik merupakan cakupan binaan Kementerian ESDM namun emisi gas SF6 (termasuk kategori GRK) yang terjadi pada sistem transmisi dan distribusi listrik tidak merupakan cakupan inventarisasi GRK sektor energi melainkan masuk dalam cakupan inventarisasi sektor IPPU (*industrial process and product uses*).

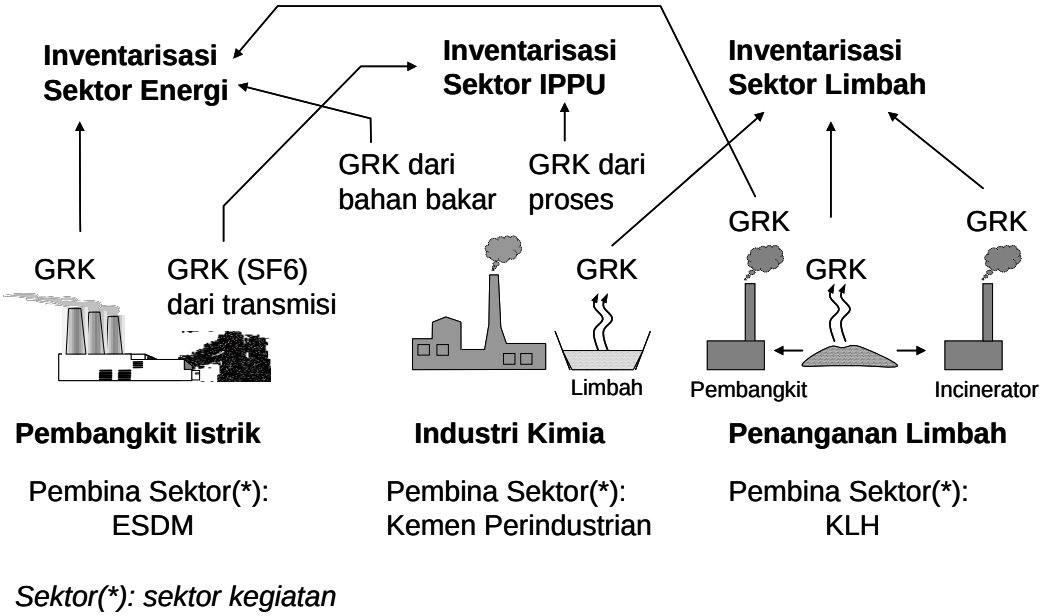


(a) Sistem minyak dan gas bumi



(b) Sistem batubara

Gambar 1.1 Ilustrasi Cakupan Inventarisasi GRK Sektor Energi



Sektor(*): sektor kegiatan

Gambar 1.2. Contoh ilustrasi pengelompokan sektor inventarisasi GRK

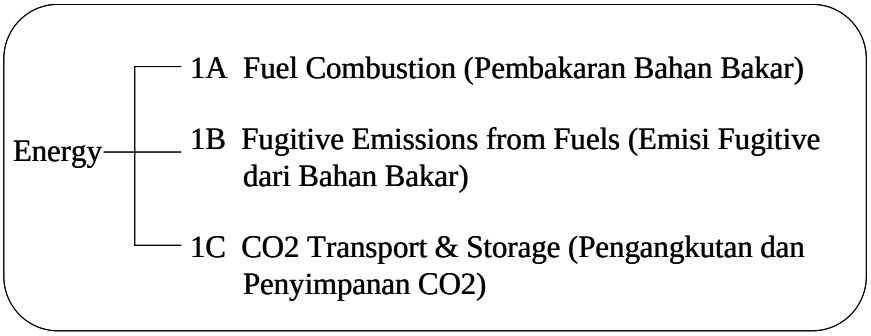
1.1 Tipe/Jenis dan Kategori Sumber GRK

Jenis GRK yang diemisikan oleh sektor energi adalah CO_2, CH_4 dan N_2O. Berdasarkan IPCC Guideline 2006, sumber emisi GRK dari sektor energi diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu:

(i) Emisi hasil pembakaran bahan bakar,
(ii) Emisi fugitive pada kegiatan produksi dan penyediaan bahan bakar, dan
(iii) Emisi dari pengangkutan dan injeksi CO2 pada kegiatan penyimpanan CO2 di formasi geologi.

Dalam konteks inventarisasi GRK yang dimaksud dengan **pembakaran bahan bakar** adalah oksidasi bahan bakar secara sengaja dalam suatu alat dengan tujuan menyediakan panas atau kerja mekanik kepada suatu proses. Penggunaan bahan bakar di industri yang bukan untuk keperluan energi namun sebagai bahan baku proses (misal penggunaan gas bumi pada proses produksi pupuk atau pada proses produksi besi baja) atau sebagai produk (misal penggunaan hidrokarbon sebagai pelarut) tidak termasuk dalam kategori aktivitas energi.

Yang dimaksud **emisi fugitive** adalah emisi GRK yang secara tidak sengaja terlepas pada kegiatan produksi dan penyediaan energi, misalnya operasi flaring dan venting di lapangan migas, kebocoran-kebocoran gas yang terjadi pada sambungan-sambungan atau kerangan-kerangan (*valves*) pada pipa salur gas bumi dan gas CH4 yang terlepas dari lapisan batubara pada kegiatan penambangan batubara. Ilustrasi kategori sumber-sumber utama emisi GRK sektor energi diperlihatkan pada Gambar 1.3.



Catatan: Kode 1A, 1B, 1C mengikuti kode pengelompokan pada IPCC GL 2006

Gambar 1.3 Ilustrasi kategori sumber-sumber emisi GRK sektor energi

Karena kegiatan penyimpanan CO_2 di formasi geologi belum dilakukan di Indonesia dan kemungkinan besar belum akan dilakukan dalam waktu dekat, emisi GRK terkait dengan kegiatan penyimpanan CO_2 tidak akan dibahas lebih lanjut dalam Pedoman ini.

Pembakaran bahan bakar terjadi di berbagai sektor kegiatan, diantaranya industri, transportasi, komersial, dan rumah tangga. Dalam konteks inventarisasi GRK, industri dikelompokkan atas 2 kategori yaitu industri produsen energi (lapangan migas, tambang batubara, kilang minyak, pembangkit listrik) dan industri konsumen energi (industri manufaktur, konstruksi dan sejenisnya).

Pembakaran bahan bakar di industri terjadi di boiler, heater, tungku, kiln, oven, dryer, dan berbagai sistem pembangkit listrik berbahan bakar fosil: diesel genset, gas engine, turbin gas, Pembangkit Listrik Tenaga Uap berbahan bakar batubara (PLTU-batubara), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU).

Emisi fugitive terjadi di kegiatan produksi dan penyaluran migas dan batubara diantaranya di lapangan migas, kilang minyak, tambang batubara, dan lain-lain. Pada sistem migas emisi fugitive terjadi pada operasi flaring dan venting, serta kebocoran-kebocoran pada pipa-pipa dan peralatan-peralatan pengolahan dan penanganan migas. Di sistem batubara emisi fugitive terjadi dari lepasnya seam gas (gas yang semula terperangkap dalam lapisan batubara) pada saat penambangan dan pengangkutan.

Dalam inventarisasi GRK sektor energi di Indonesia, kategori sumber emisi dikelompokkan dalam 2 kategori utama yaitu emisi dari pembakaran bahan bakar dan emisi fugitive. Di masing-masing kategori terdapat beberapa sub-kategori yang dikelompokkan berdasarkan jenis kegiatan. Pada Tabel 1.1 disampaikan pengelompokan sumber-sumber emisi untuk kategori pembakaran bahan bakar dan emisi fugitive.

Sumber emisi GRK paling utama dari sektor energi adalah pembakaran bahan bakar. Emisi fugitive dari kegiatan produksi dan penyaluran bahan bakar secara keseluruhan jauh lebih kecil dibandingkan emisi dari pembakaran bahan bakar. Jenis GRK utama hasil proses pembakaran bahan bakar adalah karbon dioksida (CO_2). Jenis GRK lain yang dilepaskan dari pembakaran bahan bakar adalah karbon monoksida (CO), metana (CH_4), N_2O dan senyawa organik volatil non-metana (NMVOCs). Jenis GRK utama dari emisi fugitive adalah metana.

Tabel 1.1 Kategori Sumber Emisi dari Kegiatan Energi

Kode IPCC GL 2006	Kategori
1 A	**Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar**
1 A 1	Industri Produsen Energi
1 A 2	Industri Manufaktur dan Konstruksi
1 A 3	Transportasi
1 A 4	Konsumen energi lainnya (komersial, rumah tangga dll.)
1 A 5	Lain-lain yang tidak termasuk pada 1A1 s.d. 1A4
1 B	**Emisi Fugitive**
1 B 1	Bahan bakar padat
1 B 2	Minyak bumi dan gas alam
1 B 3	Emisi lainnya dari penyediaan energi

Catatan: Kode kategori mengikuti IPCC Guidelines 2006.

Pembahasan lebih detil emisi GRK dari pembakaran bahan bakar dan emisi fugitive disampaikan masing-masing pada Bab II dan Bab III.

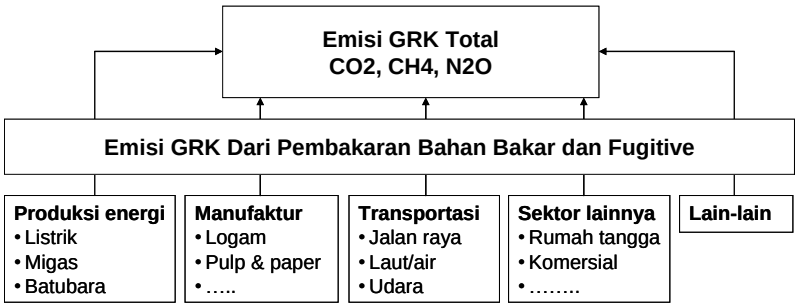
1.2. Pendekatan Inventarisasi Emisi GRK

Terdapat 2 (dua) pendekatan dalam penghitungan emisi GRK pada sektor energi yaitu Pendekatan Sektoral (*Sectoral Approach) dan* Pendekatan Referensi (*Reference Approach*). Pendekatan Sektoral dikenal juga sebagai Pendekatan "Bottom-Up" sedangkan Pendekatan Referensi dikenal juga sebagai Pendekatan "Top-Down".

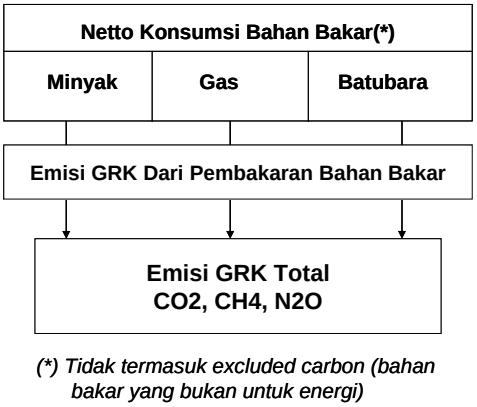
Pada Pendekatan Sektoral penghitungan emisi dikelompokkan menurut sektor kegiatan, seperti: produksi energi (listrik, minyak dan batubara), manufacturing, transportasi, rumah tangga dan lain-lain. Sumber emisi yang diperhitungkan meliputi emisi dari pembakaran bahan bakar di masing-masing sektor dan emisi fugitive. Dari pengelompokan sektoral dapat diketahui sektor-sektor yang menghasilkan banyak emisi GRK sehingga pendekatan secara sektoral ini bermanfaat untuk menyusun kebijakan mitigasi.

Pada Pendekatan Referensi penghitungan emisi dikelompokkan menurut jenis bahan bakar yang digunakan, tanpa memperhitungkan sektor di mana bahan bakar tersebut digunakan. Pendekatan ini hanya memperhitungkan emisi dari pembakaran bahan bakar. Basis perhitungan pada pendekatan ini adalah data pasokan bahan bakar di suatu negara dan data bahan bakar yang tidak digunakan

sebagai bahan bakar namun sebagai bahan baku industri (misalnya gas yang digunakan sebagai bahan baku industri pupuk). Ilustrasi Pendekatan Sektoral dan Pendekatan Refernsi diperlihatkan pada Gambar 1.4.



Pendekatan Sektoral (Bottom Up)

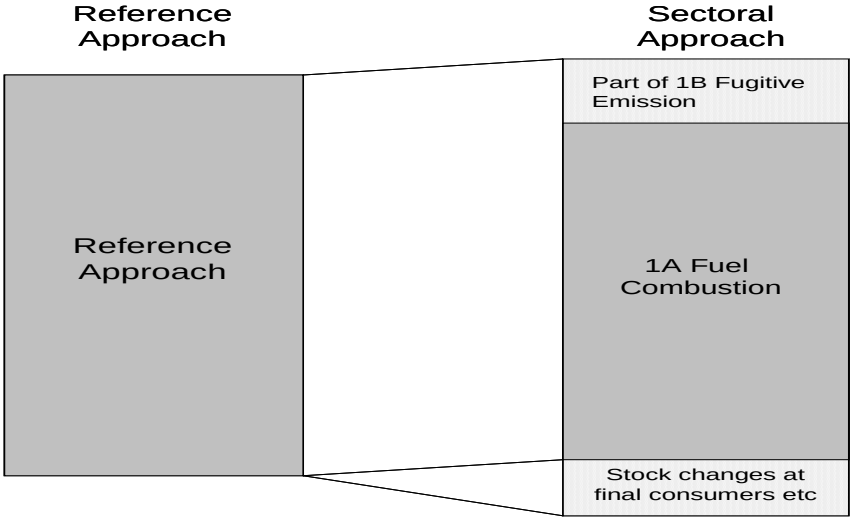


Pendekatan Referensi (Top Down)

Gambar 1.4 Ilustrasi Pendekatan Sektoral dan Pendekatan Referensi

Karena basis data yang digunakan berbeda, hasil estimasi emisi GRK berdasarkan Pendekatan Referensi akan sedikit berbeda dengan hasil estimasi menurut Pendekatan Sektoral sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 1.5. Adalah hal yang wajar bila perbedaan hasil estimasi pada kedua pendekatan kurang dari 5%.

Hasil estimasi emisi dengan Pendekatan Referensi dapat digunakan sebagai batas atas dari perhitungan emisi hasil pembakaran bahan bakar menurut Pendekatan Sektoral. Dengan kata lain, bila inventarisasi dengan Pendekatan Sektoral dilakukan dengan baik maka hasil perhitungan emisi pembakaran bahan bakar menurut Pendekatan Sektoral tidak akan lebih besar dari hasil perhitungan emisi menurut Pendekatan Referensi.



Gambar 1.5. Ilustrasi Pembandingan Pendekatan Referensi vs Sektoral

Data yang dibutuhkan untuk perhitungan emisi dengan pendekatan Reference *Approach* adalah *Energy Balance Table*. Karena energy balance table umumnya tersedia di level nasional (bukan di level kabupaten atau provinsi) maka pendekatan Reference Approach digunakan untuk inventarisasi di level nasional.

Pedoman ini akan lebih banyak membahas metodologi estimasi berdasarkan pendekatan sektoral karena pendekatan ini digunakan di level regional maupun nasional. Metodologi dengan pendekatan Reference Approach disampaikan pada bagian akhir dari Pedoman ini.

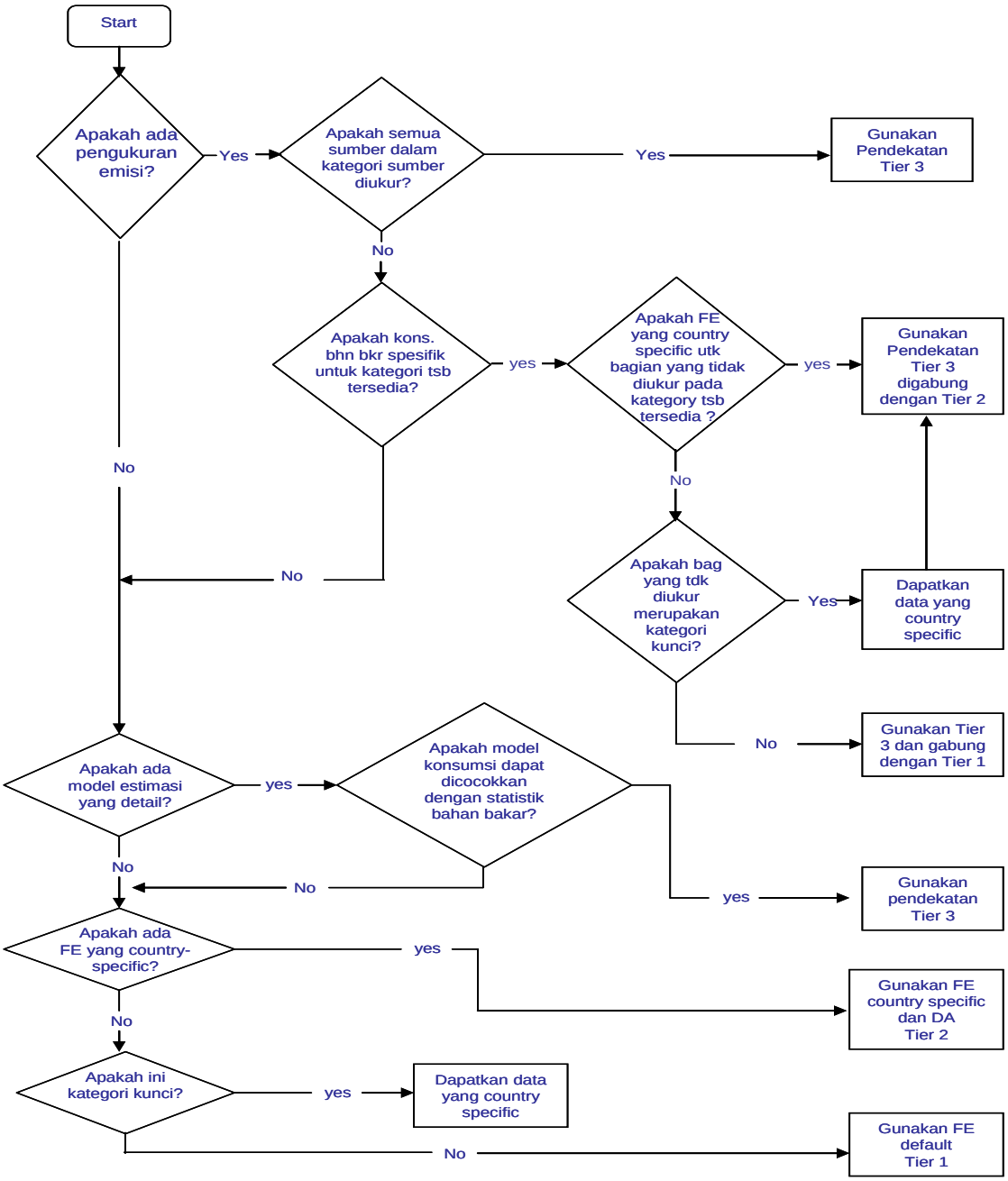
1.3 Penentuan TIER

Berdasarkan IPCC 2006 GL, ketelitian penghitungan emisi GRK dikelompokkan dalam 3 tingkat ketelitian. Dalam kegiatan inventarisasi GRK, tingkat ketelitian perhitungan dikenal dengan istilah "Tier". Tingkat ketelitian perhitungan terkait dengan data dan metoda perhitungan yang digunakan sebagaimana dijelaskan berikut ini:

- Tier 1 : Estimasi berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi *default IPCC*.
- Tier 2 : Estimasi berdasarkan data aktifitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC atau faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific)*.
- Tier 3 : Estimasi berdasarkan 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)*.

Penentuan Tier dalam inventarisasi GRK sangat ditentukan oleh ketersediaan data dan tingkat kemajuan suatu negara atau pabrik dalam hal penelitian untuk menyusun metodologi atau menentukan faktor emisi yang spesifik dan berlaku bagi negara/pabrik tersebut. Di Indonesia dan negara-negara non-Annex 1, sumber emisi sektor/kegiatan kunci pada inventarisasi GRK menggunakan Tier-1, yaitu berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi default IPCC.

Prosedur untuk menetapkan Tier yang akan digunakan dalam inventarisasi diperlihatkan pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6 Prosedur penentuan Tier yang akan digunakan

1.4 Model Dasar Penghitungan

Pendekatan Tier-1 dan Tier-2 merupakan metodologi penghitungan emisi GRK yang paling sederhana, yaitu berdasarkan data aktifitas dan faktor emisi. Estimasi emisi GRK Tier-1 dan Tier-2 menggunakan Persamaan 1 berikut.

Persamaan 1
Persamaan Umum Tier-1 dan 2 Emisi GRK = Data Aktivitas x Faktor Emisi

Data Aktifitas adalah data mengenai banyaknya aktifitas umat manusia yang terkait dengan banyaknya emisi GRK. Contoh data aktivitas sektor energi: volume BBM atau berat batubara yang dikonsumsi, banyaknya minyak yang diproduksi di lapangan migas (terkait dengan fugitive emission). Adapun Faktor Emisi (FE) adalah suatu koefisien yang menunjukkan banyaknya emisi per unit aktivitas. Unit aktivitas dapat berupa volume yang diproduksi atau volume yang dikonsumsi. Untuk Tier-1, digunakan faktor emisi default (IPCC 2006 GL).

Pada metoda Tier-2 data aktivitas yang digunakan dalam perhitungan lebih detil dibanding metoda Tier-1. Sebagai contoh, pada Tier-1 data aktivitas penggunaan solar sektor transportasi merupakan agregat konsumsi solar berdasarkan data penjualan di SPBU, tanpa membedakan jenis kendaraan pengguna. Pada Tier-2 data aktivitas konsumsi solar sektor transportasi dipilah (*break down*) berdasarkan jenis kendaraan pengguna. Faktor emisi yang digunakan pada Tier-2 dapat berupa FE default IPCC atau FE yang spesifik berlaku untuk kasus rata-rata Indonesia atau berlaku pada suatu fasilitas/pabrik tertentu di Indonesia.

1.5 Sumber Data

Dalam penyusunan inventarisasi GRK, IPCC GL mendorong penggunaan data yang bersumber pada publikasi dari lembaga resmi pemerintah atau badan nasional, misalnya *Energy Balance Table* dan *Handbook* Statistik Energi & Ekonomi Indonesia; dan Data dan Pertumbuhan Penduduk dari BPS. Inventarisasi dengan pendekatan sektoral memerlukan data konsumsi energi menurut sektor pengguna (penggunaan BBM di sektor transport, sektor industri dan lain-lain).

Penerapan metoda Tier-2 memerlukan data aktivitas yang lebih detail. Sebagai contoh, perhitungan emisi dari pembakaran bahan bakar memerlukan data penggunaan bahan bakar yang lebih detail, yaitu: penggunaan BBM per jenis menurut jenis kendaraan, penggunaan BBM per jenis menurut jenis pabrik, penggunaan batubara per jenis/kualitas batubara menurut jenis pabrik.

II. ESTIMASI EMISI GAS RUMAH KACA DARI PEMBAKARAN BAHAN BAKAR

Sumber emisi GRK hasil pembakaran bahan bakar dikelompokkan ke dalam 2 (dua) kategori utama, yaitu sumber tidak bergerak (stasioner) dan sumber bergerak, sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sumber Emisi Dari Pembakaran Bahan Bakar

Kode	Kategori	Kegiatan	Keterangan
1 A 1	Industri Produsen Energi	Pembangkit listrik (*)	Tidak Bergerak
		Kilang Minyak	Tidak Bergerak
		Produksi Bahan Bakar Padat dan Industri Energi Lainnya	Tidak Bergerak
1 A 2	Industri Manufaktur dan Konstruksi	Besi dan Baja	Tidak Bergerak
		Logam Bukan Besi	Tidak Bergerak
		Bahan-Bahan Kimia	Tidak Bergerak
		Pulp, Kertas, dan Bahan Barang Cetakan	Tidak Bergerak
		Pengolahan Makanan, Minuman dan Tembakau	Tidak Bergerak
		Mineral Non Logam	Tidak Bergerak
		Peralatan Transportasi	Tidak Bergerak
		Permesinan	Tidak Bergerak
		Pertambangan non-bahan bakar dan Bahan Galian	Tidak Bergerak
		Kayu dan Produk Kayu	Tidak Bergerak
		Konstruksi	Tidak Bergerak
		Industri Tekstil dan Kulit	Tidak Bergerak
		Industri lainnya	Tidak Bergerak
1 A 3	Transportasi	Penerbangan Sipil	Bergerak
		Transportasi Darat	Bergerak
		Kereta api (Railways)	Bergerak
		Angkutan air	Bergerak
		Transportasi lainnya	Bergerak
1 A 4	Sektor lainnya	Komersial dan perkantoran	Tidak Bergerak
		Perumahan	Tidak Bergerak
		Pertanian/ Kehutanan/ Nelayan/ Perikanan	Tidak Bergerak
1 A 5	Lain lain	Emisi dari Peralatan Stasioner, Peralatan Bergerak (*Mobile*)	Bergerak/Tidak Bergerak

Catatan:
*) Kegiatan utamanya adalah pembangkitan listrik (untuk dijual kepada pihak lain), sedangkan kegiatan pembangkitan listrik yang digunakan untuk keperluan sendiri dimasukkan dalam kategori yang sesuai dengan kegiatan pembangkitan listrik tersebut. Misalnya pembangkit tersebut terdapat pada kegiatan manufaktur maka dimasukkan dalam kegiatan energi di sektor manufaktur.

Sumber emisi yang stasioner dibedakan dari sumber emisi bergerak karena faktor emisi GRK, khususnya GRK yang non-CO2, bergantung kepada jenis bahan bakar dan teknologi penggunaan bahan bakar tersebut. Tabel 2.2 memperlihatkan perbedaan faktor emisi beberapa jenis bahan bakar untuk peralatan bergerak dan stasioner.

Tabel 2.2 Faktor Emisi GRK Peralatan Tak Bergerak dan Bergerak

Jenis Bahan bakar	FE Default IPCC 2006 sumber tak Bergerak, Ton/GJ			FE Default IPCC 2006 sumber bergerak, Ton /GJ		
	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O
Gas Bumi /BBG	56 100	1	0.1	56 100	92	3
Premium (tanpa katalis)	-	-	-	69 300	33	3.2
Diesel (IDO/ADO)	74 100	3	0.6	74 100	3.9	3.9
Industrial/Residual Fuel Oil	77 400	3	0.6	-	-	-
Marine Fuel Oil (MFO)	-	-	-	77 400	7 ± 50%	2
Batubara (*sub-bituminous*)*	96 100	10	1.5	-	-	-

2.1 Pembakaran Bahan Bakar Pada Sumber Stasioner

GRK yang diemisikan oleh pembakaran bahan bakar pada sumber stasioner adalah CO_2, CH_4 dan N_2O. Besarnya emisi GRK hasil pembakaran bahan bakar fosil bergantung pada banyak dan jenis bahan bakar yang dibakar. Banyaknya bahan bakar direpresentasikan sebagai data aktivitas sedangkan jenis bahan bakar direpresentasikan oleh faktor emisi. Persamaan umum yang digunakan untuk estimasi emisi GRK dari pembakaran bahan bakar adalah sebagai berikut:

Persamaan 2

Emisi Hasil Pembakaran Bahan Bakar

$$\text{Emisi GRK}\left(\frac{\text{kg}}{\text{thn}}\right) = \text{Konsumsi Energi } (\frac{\text{TJ}}{\text{thn}}) \text{ x Faktor Emisi } (\frac{\text{kg}}{\text{TJ}})$$

Faktor emisi menurut default IPCC dinyatakan dalam satuan emisi per unit energi yang dikonsumsi (kg GRK/TJ). Di sisi lain data konsumsi energi yang tersedia umumnya dalam satuan fisik (ton batubara, kilo liter minyak diesel dll). Oleh karena itu sebelum digunakan pada Persamaan 2, data konsumsi energi harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan energi TJ (Terra Joule) dengan Persamaan 3.

Persamaan 3
Konversi Dari Satuan Fisik ke Terra Joule $\text{Konsumsi Energi (TJ)=Konsumsi Energi } (\text{sat. fisik}) \text{ x Nilai Kalor } \left(\frac{\text{TJ}}{\text{sat.fisik}}\right)$

Contoh:
Konsumsi minyak solar 1000 liter, nilai kalor minyak solar 36x10^{-6} TJ/liter maka konsumsi minyak solar dalam TJ adalah:

$$\text{Konsumsi Solar=1000 liter x } 36\text{x}10^{-6} \left(\frac{\text{TJ}}{\text{liter}}\right) = 36x10^{-3} \text{ TJ}$$

Berbagai jenis bahan bakar yang digunakan di Indonesia berikut nilai kalor dari masing-masing bahan bakar diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 2.3 Nilai Kalor Bahan Bakar Indonesia

Bahan bakar	Nilai Kalor	Penggunanan
Premium*	33x10^{-6}TJ/liter	Kendaraan bermotor
Solar (HSD, ADO)	36x10^{-6}TJ/liter	Kendaraan bermotor, pembangkit listrik
Minyak Diesel (IDO)	38x10^{-6}TJ/liter	Boiler industri, pembangkit listrik
MFO	40x10^{-6}TJ/liter 4.04x10^{-2}TJ/ton	Pembangkit listrik
Gas bumi	1.055x10^{-6}TJ/SCF 38.5x10^{-6}TJ/Nm3	Industri, rumah tangga, restoran
LPG	47.3x10^{-6}TJ/kg	Rumah tangga, restoran
Batubara	18.9x10^{-3}TJ/ton	Pembangkit listrik, Industri
Catatan: *) termasuk Pertamax, Pertamax Plus HSD: High Speed Diesel ADO: Automotive Diesel Oil IDO: Industrial Diesel Oil		

2.1.1 Pilihan Metodologi

Terdapat 3 Tier metodologi penghitungan emisi GRK dari pembakaran stasioner. Tier-1, Tier-2 maupun Tier-3 berdasarkan data penggunaan bahan bakar dan faktor emisi untuk jenis bahan bakar tertentu. Pada Tier-1 faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi default IPCC sedangkan pada Tier-2 faktor emisi yang digunakan adalah yang spesifik berlaku untuk bahan bakar yang digunakan di Indonesia. Pada Tier-3 faktor emisi memperhitungkan jenis teknologi pembakaran yang digunakan.

TIER	Data Aktivitas	Faktor Emisi
TIER 1	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Faktor emisi berdasarkan jenis bahan bakar (2006IPCCGL)
TIER 2	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Faktor emisi Indonesia berdasarkan jenis bahan bakar
TIER 3	Konsumsi bahan bakar berdasarkan teknologi pembakaran	Faktor emisi teknologi tertentu berdasarkan jenis bahan bakar

a. Metoda Tier-1

Penghitungan emisi GRK Tier 1 memerlukan data berikut:

- Data banyaknya bahan bakar yang dibakar, dikelompokkan menurut jenis bahan bakar untuk masing-masing kategori sumber emisi (produsen energi, manufaktur, transportasi dll.)

- Faktor emisi default IPCC untuk masing-masing jenis bahan bakar dan penggunaan (stasioner atau mobile)

Persamaan yang digunakan untuk menentukan emisi GRK dari pembakaran adalah sebagai berikut:

Persamaan 4
$\text{Emisi}_{GRK,BB} = \text{Konsumsi BB}_{BB} * \text{Faktor Emisi}_{GRK,\ BB}$

Persamaan 5
Total emisi menurut jenis GRK: $\text{Emisi}_{GRK} = \sum_{BB} \text{Emisi}_{GRK,BB}$

dimana:

BB	:	Singkatan dari jenis Bahan Bakar (misal premium, batubara)
$\text{Emisi}_{GRK,BB}$	:	EmisiGRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar(kg GRK)
Konsumsi BB_{BB}	:	Banyaknya bahan bakar yangdibakar menurut jenis bahan bakar (dalam TJ)
$\text{Faktor Emisi}_{GRK,\ BB}$	:	Faktor emisiGRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar (kg gas /TJ)

b. Metoda Tier-2

Pada metoda Tier-2 faktor emisi pada Persamaan 4 diganti dengan faktor emisi yang spesifik berlaku untuk Indonesia atau spesifik berlaku untuk suatu pabrik tertentu.

Faktor emisi yang spesifik suatu Negara dapat dikembangkan dengan memperhitungkan data yang spesifik bagi negara tersebut misalnya kandungan karbon dalam bahan bakar, faktor oksidasi karbon, kualitas bahan bakar, dan bagi GRK non-CO2 memperhatikan data tertentu suatu Negara (misalnya, kandungan karbon dalam bahan bakar yang digunakan, faktor oksidasi karbon, kualitas bahan bakar dan teknologi pembakaran yang digunakan (bagi GRK non-CO2).

Karena faktor emisi spesifik suatu negara telah memperhitungkan kondisi negara tersebut maka tingkat ketidakpastian (uncertainty) pada Tier-2 lebih baik dibanding dengan tingkat ketidakpastian pada Tier-1.

c. Metoda Tier-3

Pada Tier-3 persamaan yang digunakan untuk estimasi emisi GRK mirip dengan persamaan pada Tier-1 maupun Tier-2 namun pada Tier-3 konsumsi bahan bakar dan emission faktor yang digunakan dipilah-pilah menurut teknologi pembakaran bahan bakar. Penghitungan emisi GRK Tier-3 berdasarkan teknologi pembakaran menggunakan Persamaan 6.

Persamaan 6.
Emisi GRK Menurut Teknologi $\text{Emisi}_{GRK,BB,teknologi} = \text{Konsumsi BB}_{BB,teknologi} * \text{Faktor Emisi}_{GRK,\ BB,teknologi}$

dimana:

BB	:	Singkatan dari bahan bakar
$\text{Emisi}_{GRK,BB,technology}$	:	EmisiGRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar tertentu dengan teknologi tertentu (kg GRK)
$\text{Konsumsi BB}_{BB,teknologi}$	:	Banyaknya bahan bakar yangdibakar menurut jenis bahan bakar dan menurut teknologi penggunaan (dalam TJ)
$\text{Faktor Emisi}_{GRK,\ BB,teknologi}$	:	Faktor emisiGRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar dan jenis teknologi (kg gas/TJ)

Apabila banyaknya bahan bakar yang dibakar oleh suatu jenis teknologi tertentu tidak diketahui secara langsung maka dapat digunakan model perkiraan berdasarkan penetrasi teknologi sebagai berikut.

Persamaan 7
Estimasi Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Penetrasi Teknologi
$\text{Konsumsi BB}_{BB,teknologi} = \text{Konsumsi BB}_{BB} * \text{Penetrasi}_{teknologi}$

dimana:

Konsumsi BB_{BB}	:	Banyaknya bahan bakar yangdibakar menurut jenis bahan bakar (dalam TJ)
$\text{Penetrasi}_{teknologi}$	:	Fraksi dari suatu kategori sumber yang menggunakan suatu jenis teknologi tertentu

Estimasi emisi GRK kegiatan energi secara keseluruhan untuk suatu kategori sumber tertentu (misal kategori produsen energi) dihitung dengan persamaan berikut:

Persamaan 8
Estimasi Emisi Berbasis Teknologi
$\text{Emisi}_{GRK,BB} = \sum_{teknologi} \text{Konsumsi BB}_{BB,teknologi} * \text{Faktor Emisi}_{GRK,BB,teknologi}$

dimana:

$\text{Konsumsi BB}_{BB,teknologi}$	:	Banyaknya bahan bakar yangdibakar menurut jenis bahan bakar dan menurut teknologi penggunaan (dalam TJ)
$\text{Faktor Emisi}_{GRK,\ BB,teknologi}$	:	Faktor emisiGRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar dan jenis teknologi (kg gas/TJ)

Perhitungan emisi GRK berbasis teknologi ini dilakukan karena faktor emisi suatu jenis/tipe teknologi berbeda satu sama lain. Sebagai contoh faktor emisi suatu burner gas konvensional berbeda dengan faktor emisi burner gas yang dilengkapi dengan controller.

2.1.2 Faktor Emisi Default IPCC

Faktor emisi default IPCC untuk penghitungan emisi GRK dari pembakaran bahan bakar pada sumber yang stasioner diperlihatkan pada Tabel 2.4 hingga Tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.4 Faktor Emisi Pembakaran Stasioner di Industri Energi
(kg GRK per TJ Nilai Kalor Netto)

Fuel	CO2			CH4			N2O		
	Default F.E	Lower	Upper	Default F.E	Lower	Upper	Default F.E	Lower	Upper
Minyak mentah	73 300	71 100	75500	3	1	10	0.6	0.2	2
NGL	64 200	58 300	70400	3	1	10	0.6	0.2	2
Premium	69 300	67 500	73000	3	1	10	0.6	0.2	2
Avgas	70 000	67 500	73000	3	1	10	0.6	0.2	2
Avtur	71 500	69 700	74400	3	1	10	0.6	0.2	2
Solar/ADO/HSD/IDO	74 100	72 600	74800	3	1	10	0.6	0.2	2
MFO	77 400	75 500	78800	3	1	10	0.6	0.2	2
LPG	63 100	61 600	65600	1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Petroleum Coke	97 500	82 900	115000	3	1	10	0.6	0.2	2
Batubara antrasit	98 300	94 600	101000	1	0.3	3	1.5	0.5	5
Batubara sub-bituminous	96 100	92 800	100000	1	0.3	3	1.5	0.5	5
Lignite	101 000	90 900	115000	1	0.3	3	1.5	0.5	5
Gas bumi	56 100	54 300	58300	1	0.3	3	0.1	0.03	0.

Keterangan:
NGL= Natural Gas Liquids atau Kondensat
ADO= Automotive Diesel Oil (=Solar)
HSD= High Speed Diesel (= Solar)
IDO = Industrial Diesel Oil (=Minyak Diesel)
MFO = Marine Fuel Oil

Tabel 2.5 Faktor Emisi Pembakaran Stasioner di Industri Manufaktur
(kg GRK per TJ Nilai Kalor Netto)

Fuel	CO2			CH4			N2O		
	Default FE	Lower	Upper	Default FE	Lower	Upper	Default FE	Lower	Upper
Crude Oil	73300	71100	75500	3	1	10	0.6	0.2	2
NGL	64200	58300	70400	3	1	10	0.6	0.2	2
Premium	69300	67500	73000	3	1	10	0.6	0.2	2
Avgas	7000	67500	73000	3	1	10	0.6	0.2	2
Avtur	71500	69700	74400	3	1	10	0.6	0.2	2
Solar/ADO/ HSD/IDO	74100	72600	74800	3	1	10	0.6	0.2	2
MFO	77400	75500	78800	3	1	10	0.6	0.2	2
LPG	63100	61600	65600	1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Petroleum Coke	97500	82900	115000	3	1	10	0.6	0.2	2
Refinery Gas	57600	48200	69000	1	0.3	3	0.1	0.03	0.3
Batubara antrasit	98 300	94600	101000	10	3	30	1.5	0.5	5
Batubara sub-bituminous	96 100	92800	100000	10	3	30	1.5	0.5	5
Lignite	101000	90900	115000	10	3	30	1.5	0.5	5
Gas bumi	56 100	54300	58300	1	0.3	3	0.1	0.03	0.3

Keterangan:
NGL= Natural Gas Liquids atau Kondensat
ADO= Automotive Diesel Oil (=Solar)
HSD= High Speed Diesel (= Solar)
IDO = Industrial Diesel Oil (=Minyak Diesel)
MFO = Marine Fuel Oil

Tabel 2.6 Faktor Emisi Pembakaran Stasioner di Bangunan Komersial
(kg GRK per TJ Nilai Kalor Netto)

Fuel	CO2			CH4			N2O		
	Default FE	Lower	Upper	Default FE	Lower	Upper	Default FE	Lower	Upper
NGL	64200	58300	70400	10	3	30	0.6	0.2	2
Solar	74100	72600	74800	10	3	30	0.6	0.2	2
MFO	77400	75500	78800	10	3	30	0.6	0.2	2
LPG	63100	61600	65600	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
Gas Bumi	56100	54300	58300	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3

NGL= Natural Gas Liquids atau Kondensat
MFO = Marine Fuel Oil

Tabel 2.7 Faktor Emisi Pembakaran Stasioner
di Rumah Tangga dan Pertanian/Kehutanan/Perikanan
(kg GRK per TJ Nilai Kalor Netto)

Fuel	CO2			CH4			N2O		
	Default FE	Lower	Upper	Default FE	Lower	Upper	Default FE	Lower	Upper
NGL	64200	58300	70400	10	3	30	0.6	0.2	2
Solar/ADO/HSD	74100	72600	74800	10	3	30	0.6	0.2	2
MFO	77400	75500	78800	10	3	30	0.6	0.2	2
M.Tanah	71900	70800	73700	10	3	30	0.6	0.2	2
LPG	63100	61600	65600	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3
Gas Bumi	56100	54300	58300	5	1.5	15	0.1	0.03	0.3

Keterngan:
NGL= Natural Gas Liquids atau Kondensat
ADO= Automotive Diesel Oil (=Solar)
HSD= High Speed Diesel (= Solar)
MFO = Marine Fuel Oil

2.1.3 Contoh Perhitungan

Contoh perhitungan emisi GRK pendekatan sektoral pada kegiatan pembangkit listrik berbahan bakar diesel oil dan residual oil adalah sebagai berikut:

a. Data konsumsi bahan bakar:
   - Diesel oil = 3.165.840 kL
   - Residual oil = 1.858.568 kL

b. Data nilai kalor:
   - Diesel oil: 37 MJ/liter (0,037 TJ/kL)
   - Residual oil: 38 MJ/liter (0,038 TJ/kL)

c. Data Faktor Emisi:
   - Diesel oil: CO_2 = 73.326 kg/TJ ; CH_4 = 3 kg /TJ ; N_2O= 0,6 kg/TJ
   - Residual oil: CO_2 = 76.593 kg/TJ; CH_4 = 3 kg /TJ ; N_2O= 0,6 kg/TJ

Langkah perhitungan dengan spreadsheet (Contoh spreadsheet Tabel 2.7):

1. Masukkan volume konsumsi bahan bakar pada kolom A (*baris diesel oil: 3.165.840 kL, baris residual oil: 1.858.568 kL)*

2. Masukkan nilai kalor ke kolom B *(baris diesel oil: 0,037 TJ/kL, baris residual oil: 0,038 TJ/kL)*

3. Pada kolom C konversikan volume konsumsi dari kilo liter menjadi TJ dengan cara kalikan volum dengan nilai kalor *(baris diesel oil: 3.165.840 kL x 0,037 TJ/kL = 118 434 061 TJ; baris residual oil: 1.858.568 kL x 0,038 TJ/kL = 71 331 840 TJ)*

4. Masukkan Faktor Emisi CO2 pada kolom D *(baris diesel oil: 73.326 kg/TJ; baris residual oil: 76.593 kg/TJ)*

5. Pada kolom E hitung besarnya emisi CO2 dengan cara kalikan kolom C dengan kolom D dan bagi dengan 10^6 untuk konversi dari kg ke giga gram *(baris disel oil: 118 434 061 TJ x 73.326 kg/TJ /10^6 = 8 684 296 Gg CO2; baris residual oil: 71 331 840 TJ x 76.593 kg/TJ / 10^6 = 5 463 520 Ggram CO2)*

6. Masukkan Faktor Emisi CH4 ke kolom F *(baris diesel oil: 3 kg /TJ; baris residual oil: 3 kg /TJ)*

7. Pada kolom G hitung besarnya emisi CH4 dengan cara kalikan kolom C dengan kolom F dan bagi dengan 10^6 untuk konversi dari kg ke giga gram *(baris disel oil: 118 434 061 TJ x 3 kg/TJ /10^6 = 0,355 Gg CH4; baris residual oil: 71 331 840 TJ x 3 kg/TJ / 10^6 = 0,214 Ggram CH4)*

8. Masukkan Faktor Emisi N2O ke kolom H *(baris diesel oil: 0,6 kg /TJ; baris residual oil: 0,6 kg /TJ)*

9. Pada kolom I hitung besarnya emisi N2O dengan cara kalikan kolom C dengan kolom F dan bagi dengan 10^6 untuk konversi dari kg ke giga gram *(baris disel oil: 118 434 061 TJ x 0,6 kg/TJ /10^6 = 0,071 Gg N2O; baris residual oil: 71 331 840 TJ x 0,6 kg/TJ / 10^6 = 0,043 Ggram N2O)*

Tabel 2.8 Contoh Perhitungan Emisi GRK Pendekatan Sektoral Kasus Pembangkit Listrik dengan Spreadsheet

Sector	Energy								
Category	Fuel combustion activities								
Category Code	1A 1 a Main Activity Electricity and Heat Prodution								
Sheet	1 of 4 (CO_2, CH_4 and N_2O from fuel combustion by source categories – Tier 1)								
	Energy consumption			CO_2		CH_4		N_2O	
	A Consumption (kL)	B Conversion Factor[b] (TJ/KL)	C Consumption (TJ)	D CO_2 Emission Factor (kg CO_2/TJ)	E CO_2 Emissions (Gg CO_2)	F CH_4 Emission Factor (kg CH_4/TJ)	G CH_4 Emissions (Gg CH_4)	H N_2O Emission Factor (kg N_2O /TJ)	I N_2OEmissions (Gg N_2O)
			C=A*B		E=C*D/10^6		G=C*F/10^6		I=C*H/10^6
Liquid fuels									
Crude Oil									
Orimulsion									
Natural Gas Liquids									
Motor Gasoline									
Aviation Gasoline									
Jet Gasoline									
Jet Kerosene									
Other Kerosene									
Shale Oil									
Gas / Diesel Oil	3,165,840	0.037	118,434.061	73,326	8,684.296	3	0.355	0.6	0.071
Residual Fuel Oil	1,858,568	0.038	71,331.840	76,593	5,463.520	3	0.214	0.6	0.043
LPG									
Ethane									
Naphtha									

[a] Fill out a copy of this worksheet for each source category listed in Table 2.16 of the Stationary Combustion Chapter and insert the source category name next to the worksheet number.

[b] When the consumption is expressed in mass or volume units, the conversion factor is the net calorific value of the fuel.

2.2 Pembakaran Bahan Bakar Pada Sumber Bergerak

Emisi GRK dari pembakaran bahan bakar pada sumber bergerak adalah emisi GRK dari kegiatan transportasi, meliputi transportasi darat (jalan raya, off road, kereta api), transportasi melalui air (sungai atau laut) dan transportasi melalui udara (pesawat terbang). GRK yang diemisikan oleh pembakaran bahan bakar di sektor transportasi adalah CO2, CH4 dan N2O.

2.2.1 Transportasi Jalan Raya

Sumber emisi dari transportasi jalan raya meliputi mobil pribadi (sedan, minivan, jeep dll.), kendaraan niaga (bus, minibus, pick-up, truk dll), dan sepeda motor.

2.2.1.1 Estimasi Emisi CO_2

Estimasi emisi CO2 dari transportasi jalan raya dapat dilakukan dengan Tier-1 atau Tier-2.

TIER	Data Aktivitas	Faktor Emisi
TIER 1	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Kandungan karbon berdasarkan jenis bahan bakar
TIER 2	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Kandungan karbon berdasarkan jenis bahan bakar yang digunakan di Indonesia

a. Metoda Tier-1

Berdasarkan Tier-1 emisi CO2 dihitung dengan persamaan:

Persamaan 9
Emisi CO2 dari Transportasi Jalan Raya $\text{Emisi} = \sum_{a} \text{Konsumsi } BB_a * \text{Faktor Emisi}_a$

dimana:

Emisi	:	Emisi CO2
Konsumsi BB_a	:	Bahan bakar dikonsumsi = dijual
Faktor $Emisi_a$	:	Faktor emisiCO2 menurut jenis bahan bakar (kg gas/TJ), default IPCC 2006
a	:	Jenis bahan bakar (premium, solar)

b. Metoda Tier-2

Estimasi emisi CO2 dengan Tier-2 pada dasarnya sama dengan Tier-1 namun dengan faktor emisi masing-masing jenis bahan bakar yang spesifik bagi Indonesia.

2.2.1.2 Emisi CH_4 dan N_2O

Emisi CH4 dan N2O pada pembakaran bahan bakar dipengaruhi oleh teknologi dan sistem pengendalian emisi pada kendaraan. Estimasi emisi CH_4 dan N_2O dapat dilakukan berdasarkan Tier-1, Tier-2 atau Tier-3.

TIER	Data Aktivitas	Faktor Emisi
TIER 1	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Factor emisi berdasarkan jenis bahan bakar
TIER 2	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar, sub-kategori kendaraan	Faktor emisi berdasarkan jenis bahan bakar, sub-kategori kendaraan
TIER 3	Jarak yang ditempuh	faktor emisi berdasarkan sub-kategori kendaraan

a. Metoda Tier-1

Berdasarkan Tier-1, persamaan yang digunakan untuk estimasi CH4 dan N2O untuk kendaraan jalan raya adalah sebagai berikut:

Persamaan 10
Tier-1 Emisi CH4 dan N2O Transportasi Jalan Raya $\text{Emisi} = \sum_{a} \text{Konsumsi } BB_a * \text{Faktor Emisi}_a$

dimana:

Emisi	:	Emisi CH4 atau N2O
Konsumsi BB_a	:	Bahan bakar dikonsumsi = dijual
Faktor Emisi_a	:	Faktor emisiCH4 atau N2O menurut jenis bahan bakar (kg gas/TJ), default IPCC 2006
a	:	Jenis bahan bakar (premium, solar)

b. Metoda Tier-2

Emisi CH4 dan N2O suatu kendaraan bergantung pada jenis bahan bakar dan jenis teknologi pengendalian pembakaran. Oleh karena itu pada Tier-2, estimasi CH4 dan N2O memperhitungkan jenis kendaraan dan teknologi pengendalian. Persamaan yang digunakan untuk estimasi CH4 dan N2O menurut Tier-2 adalah sebagai berikut:

Persamaan 11
Tier-2 Emisi CH4 dan N2O Transportasi Jalan Raya
$\text{Emisi} = \sum_{a,b,c} \text{Konsumsi } BB_{a,b,c} * \text{Faktor Emisi}_{a,b,c}$

dimana:

Emisi	:	Emisi CH4 atau N2O
Konsumsi $BB_{a,b.c}$	:	Bahan bakar dikonsumsi = dijual
Faktor $\text{Emisi}_{a,b,c}$	:	Faktor emisiCH4 atau N2O menurut jenis bahan bakar (kg gas/TJ)
a	:	Jenis bahan bakar (premium, solar)
b	:	tipe kendaraan
c	:	peralatan pengendalian emisi

c. Metoda Tier-3

Pada Tier 3 selain faktor-faktor yang telah disampaikan pada Tier 1 dan 2, faktor jarak tempuh kendaraan dan emisi pada saat start-up juga diperhitungkan. Persamaan Tier 3 estimasi emisi CH4 dan CO2 adalah sebagai berikut

Persamaan 12
Tier-3 Emisi CH4 dan N2O Transportasi Jalan Raya
$\text{Emisi} = \sum_{a,b,c,d} \left[\text{Jarak Tempuh}_{a,b,c,d} * FE_{a,b,c,d} \right] + \sum_{a,b,c,d} C_{a,b,c,d}$

dimana:

Emisi	:	Emisi CH4 atau N2O, kg
Jarak $\text{Tempuh}_{a,b,c,d}$	:	Jarak tempuh kendaraan, km
Faktor $\text{Emisi}_{a,b,c,d}$	:	Faktor emisiCH4 atau N2O (kg gas/km)
C	:	Emisi pada saat pemanasan kendaraan, kg
a	:	Jenis bahan bakar (bensin, solar, batubara dll.)
b	:	Tipe kendaraan
c	:	Teknologi pengendalian pencemaran
d	:	Kondisi operasi (kualitas jalan kota, desa dll.)

2.2.2 Kereta Api

Dari segi sumber energinya, di Indonesia terdapat dua jenis kereta api yaitu berbahan bakar diesel (KRD) atau menggunakan tenaga listrik (KRL). Bagi KRL emisi GRK terjadi pada sisi pembangkit listrik sedangkan pada KRD emisi terjadi pada kereta api dan diperhitungkan sebagai sumber emisi dari pembakaran yang bergerak.

2.2.2.1 Emisi CO_2

Terdapat 2 Tier perhitungan emisi CO2 dari kereta api yaitu Tier-1 dan Tier-2.

TIER	Data Aktivitas	Faktor Emisi
TIER 1	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Kandungan karbon baku berdasarkan jenis bahan bakar, default IPCC 2006
TIER 2	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Kandungan karbon berdasarkan jenis bahan bakar di Indonesia

a. Metoda Tier-1

Estimasi emisi CO2 Tier-1 kereta api berdasarkan pada data aktivitas (konsumsi bahan bakar) dan faktor emisi dengan persamaan berikut:

Persamaan 13
Tier-1 Emisi CO2 Kereta Api
$\text{Emisi} = \sum_j \text{Konsumsi BB}_j * \text{Faktor Emisi}_j$

dimana:

Emisi		Emisi CO2
BB	:	Singkatan dari Bahan Bakar
Faktor Emisi_j	:	Faktor emisiCO2 menurut jenis bahan bakar (kg gas/TJ), default IPCC 2006
J	:	Jenis bahan bakar (premium, solar)

b. Metoda Tier-2

Estimasi emisi CO2 Tier-2 kereta api pada dasarnya sama dengan Tier-1 yaitu berdasarkan pada data aktivitas dan faktor emisi namun pada Tier-2 faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi spesifik Indonesia.

2.2.2.2 Emisi CH_4 dan N_2O

Emisi CH4 dan N2O pada pembakaran bahan bakar dipengaruhi oleh teknologi kereta api. Estimasi emisi CH_4 dan N_2O dapat dilakukan berdasarkan Tier-1, Tier-2 atau Tier-3.

TIER	Data Aktivitas	Faktor Emisi
TIER 1	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Faktor emisi baku berdasarkan jenis bahan bakar, default IPCC 2006
TIER 2	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar, tipe lokomotif	Faktor emisi Indonesia berdasarkan jenis bahan bakar, tipe lokomotif
TIER 3	Data aktivitas lokomotif tertentu	Faktor emisi Indonesia berdasarkan jenis bahan bakar, tipe lokomotif

a. Metoda Tier-1

Estimasi emisi CH4 dan N2O menurut metoda Tier-1 berdasarkan pada data aktivitas dan faktor emisi default IPCC 2006 menurut jenis bahan bakarnya dengan persamaan berikut:

Persamaan 14
Tier-1 Emisi CH4 dan N2O Kereta Api $\text{Emisi} = \sum_{a} \text{Konsumsi } BB_a * \text{Faktor Emisi}_a$

dimana:

Emisi	:	Emisi CH4 atau N2O
Konsumsi BB_a	:	Bahan bakar dikonsumsi kereta api
Faktor Emisi_a	:	Faktor emisiCH4 atau N2O menurut jenis bahan bakar (kg gas/TJ)
a	:	Jenis bahan bakar (solar, IDO dll.)

b. Metoda Tier-2

Pada metodologi Tier-2 estimasi emisi CH4 dan N2O memperhitungkan jenis teknologi lokomotif yang digunakan.

Persamaan 15
Tier-2 Emisi CH4 dan N2O Kereta Api $\text{Emisi} = \sum_i \text{Konsumsi } BB_i * \text{Faktor Emisi}_i$

dimana:

Emisi	:	Emisi CH4 atau N2O
Konsumsi BB_i	:	Bahan bakar dikonsumsi lokomotif tipe i
Faktor Emisi_i	:	Faktor emisiCH4 atau N2O untuk lokomotif tipe i (kg gas/TJ)
I	:	tipe lokomotif

c. Metoda Tier-3

Pada metoda Tier-3 emisi CH4 dan N2O dihitung dengan menggunakan model penggunaan kereta api. Model tersebut memperhitungkan tipe lokomotif dan jam kerja kereta api (Persamaan 2.15).

Persamaan 16
Tier-3 Emisi CH4 dan N2O Kereta Api $\text{Emisi} = \sum_i N_i \bullet H_i \bullet P_i \bullet LF_i \bullet EF_i$

dimana:

Ni	:	Jumlah lokomotif jenis i
H_i	:	Jam kerja tahun lokomotif tipe-i (jam)
Pi	:	Daya rata-rata lokomotif i (kW)
LFi	:	Faktor beban kereta api (antara 0 dan 1)
EFi	:	Faktor emisi lokomotif tipe-i (kg/kWh)
i	:	tipe lokomotif dan jenis perjalanan (angkutan barang, antar kota, regional dll.)

2.2.3 Transportasi Melalui Air

Kategori sumber emisi dari kegiatan transportasi melalui air meliputi semua angkutan yang menggunakan air (sungai atau laut) mulai dari kendaraan rekreasi berukuran kecil di danau-danau hingga kapal barang berukuran besar kelas samudera. Transportasi melalui air yang berbahan bakar energi fosil menghasilkan CO2, CH4 dan N2O, dan juga CO, NMVOCs, SO2, particulate matter (PM) dan NOx.

Emisi GRK angkutan air dapat diperkirakan dengan metodologi Tier-1 atau Tier-2. Pada Tier-1 estimasi berdasarkan konsumsi bahan bakar dan jenis bahan bakar sedangkan pada Tier-2 estimasi berdasarkan konsumsi bahan bakar, jenis bahan bakar dan tipe mesin kapal yang digunakan.

TIER	Data Aktivitas	Faktor Emisi
TIER 1	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Faktor emisi baku berdasarkan jenis bahan bakar
TIER 2	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar, tipe mesin	Faktor emisi tertentu suatu negara berdasarkan jenis bahan bakar, factor emisi mesin tertentu berdasarkan jenis bahan bakar

a. Metoda Tier-1

Estimasi emisi CO2, CH4 dan N2O menurut metoda Tier-1 berdasarkan pada data aktivitas dan faktor emisi default menurut jenis bahan bakarnya dengan persamaan berikut:

Persamaan 17
Tier-1 Emisi CO2, CH4 dan N2O Angkutan Air $\text{Emisi} = \sum_{a} \text{Konsumsi } BB_a * \text{Faktor Emisi}_a$

dimana:

Emisi	:	Emisi CO2, CH4 atau N2O
Konsumsi BB_a	:	Bahan bakar dikonsumsi
Faktor $Emisi_a$	:	Faktor emisi CO2,CH4 atau N2O menurut jenis bahan bakar (kg gas/TJ)
a	:	Jenis bahan bakar (solar, IDO dll.)

b. Metoda Tier-2

Pada metodologi Tier-2 estimasi emisi memperhitungkan jenis kapal dan mesin yang digunakan.

Persamaan 18
Tier-2 Emisi CO2, CH4 dan N2O Angkutan Air $\text{Emisi} = \sum_{ab} \text{Konsumsi } BB_{ab} * \text{Faktor Emisi}_{ab}$

dimana:

Emisi	:	Emisi CO2, CH4 atau N2O
Konsumsi BB_{ab}	:	Bahan bakar dikonsumsi
Faktor Emisi_{ab}	:	Faktor emisi CO2, CH4 atau N2O (kg gas/TJ)
a	:	Jenis bahan bakar
b	:	Jenis kapal atau mesin

2.2.4 Penerbangan Sipil

Emisi dari penerbangan berasal dari pembakaran bahan bakar avtur atau avgas. Emisi pesawat terbang rata-rata terdiri atas sekitar 70% CO2 dan setidaknya 30% air serta gas NOx, CO, SO*x*, NMVOC, particulates (masing-masing kurang dari 1%). Mesin-mesin pesawat modern sangat sedikit bahkan tidak menghasilkan N2O dan CH4.

Dalam konteks estimasi GRK, operasi pesawat terbang terdiri atas (1) *Landing/Take-Off (LTO) cycle dan* (2) *Cruise*. Pada umumnya sekitar 10% emisi penerbangan kecuali hidrokarbon dan CO terjadi di operasi darat dan saat LTO. Sekitar 90% emisi terjadi saat penerbangan. Emisi hidrokarbon dan CO 30% terjadi pada saat di darat dan 70% terjadi saat penerbangan.

Terdapat 3 Tier metodologi estimasi GRK penerbangan. Metoda Tier-1 dan Tier-2 menggunakan data konsumsi bahan bakar. Tier-1 murni berdasarkan konsumsi bahan bakar sedangkan pada Tier-2 berdasarkan konsumsi bahan bakar dan frekuensi LTO. Pada metodologi Tier-3 estimasi emisi memperhitungkan data pergerakan dari masing-masing pesawat terbang.

TIER	Data Aktivitas	Faktor Emisi
TIER 1	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Faktor emisi baku berdasarkan jenis bahan bakar
TIER 2	Konsumsi bahan bakar dan jumlah operasi LTO (*Landing and Take off*) berdasarkan operasi(LTO dan perjalanan)	Faktor emisi berdasarkan operasi
TIER 3A	Data penerbangan aktual, rata-rata konsumsi bahan bakar	data emisi untuk tahap LTO dan berbagai panjang fase penerbangan
TIER 3B	Penerbangan lintasan penuh setiap segmen penerbangan menggunakan pesawat	informasi kinerja aerodinamis mesin khusus

a. Metoda Tier-1

Metodologi Tier-1 menggunakan data agregat konsumsi bahan bakar (gabungan konsumsi saat di darat dan saat terbang) dan faktor emisi per jenis bahan bakar yang digunakan.

Persamaan 19
Tier-1 Emisi CO2, CH4 dan N2O Penerbangan Emisi= Konsumsi BB* Faktor Emisi

dimana:

Emisi	:	Emisi CO2, CH4 atau N2O
Konsumsi BB	:	Konsumsi avgas
Faktor Emisi	:	Faktor emisi CO2,CH4 atau N2O (kg gas/TJ)

Tier-1 sebaiknya hanya digunakan untuk estimasi emisi dari pesawat berbahan bakar avgas. Tier-1 dapat digunakan untuk estimasi emisi pesawat berbahan bakar avtur bila data operasional pesawat terbang tidak ada.

b. Metoda Tier-2

Metodologi Tier-2 digunakan untuk estimasi GRK dari pesawat berbahan bakar avtur. Dalam metodologi ini operasi pesawat terbagi atas LTO dan terbang (cruise). Untuk dapat menggunakan Tier-2 data LTO dan cruise harus diketahui. Langkah-langkah perhitungan emisi GRK dengan metoda Tier-2 adalah sebagai berikut:

- Perkirakan konsumsi bahan bakar pesawat untuk domestic dan internasional
- Perkirakan konsumsi bahan bakar LTO untuk domestic dan internasional
- Perkirakan konsumsi bahan bakar saat cruise untuk domestic dan internasional
- Hitung emisi saat LTO dan saat cruise untuk domestic dan internasional

Persamaan-persamaan untuk estimasi emisi GRK dengan metoda Tier-2 adalah sebagai berikut:

Persamaan 20
Tier-2 Persamaan Penerbangan (1) Emisi= Emisi LTO + Emisi Cruise

Persamaan 21
Tier-2 Persamaan Penerbangan (2) Emisi LTO = Konsumsi LTO • Faktor Emisi LTO

Persamaan 22
Tier-2 Persamaan Penerbangan (3) Konsumsi LTO = Jumlah LTO • Konsumsi per LTO

Persamaan 23
Tier-2 Persamaan Penerbangan (4) $\text{Emisi Cruise} = (\text{Konsumsi total} - \text{Konsumsi LTO}) \bullet \text{Faktor Emisi Cruise}$

c. Metoda Tier-3

Metodologi Tier-3 berdasarkan data pergerakan pesawat terbang. Metodologi ini terbagi atas Tier-3A dan Tier-3B. Metoda Tier-3A berdasarkan data “asal dan tujuan” (origin and destination) pesawat sedangkan metoda Tier-3B berdasarkan data lengkap trajektori/lintasan pesawat terbang. Contoh estimasi Tier-3 pesawat terbang dapat dilihat di EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook (EEA 2002).

d. Faktor Emisi

Faktor emisi default IPCC untuk pembakaran bahan bakar pada sumber bergerak diperlihatkan pada Tabel 2.9 hingga Tabel 2.13.

Tabel 2.9 Faktor Emisi CO2 Default Transportasi Jalan Raya

Fuel Type	Default (kg/TJ)	Lower	Upper
Motor Gasoline	69 300	67 500	73 000
Gas/ Diesel Oil	74 100	72 600	74 800
Liquefied Petroleum Gases	63 100	61 600	65 600
Kerosene	71 900	70 800	73 700
Compressed Natural Gas	56 100	54 300	58 300
Liquefied Natural Gas	56 100	54 300	58 300

Tabel 2.10 Faktor Emisi N2O AND CH4 Default Transportasi Jalan Raya

Fuel Type/Representative Vehicle Category	CH4 (kg /TJ)			N2O (kg /TJ)		
	Default	Lower	Upper	Default	Lower	Upper
Premium-Uncontrolled (b)	33	9.6	110	3.2	0.96	11
Premium–dgn Catalyst	25	7.5	86	8.0	2.6	24
Solar /ADO	3.9	1.6	9.5	3.9	1.3	12
Gas Bumi (CNG)	92	50	1540	3	1	77
LPG	62	Na	Na	0.2	na	Na
Ethanol, truk, USA	260	77	880	41	13	123
Ethanol, sedan, Brazil	18	13	84	na	na	Na

Tabel 2.11 Faktor Emisi Default Kereta Api

Gas	**Diesel (kg/TJ)**		
	Default	Lower	Upper
CO2	74 100	72 600	74 800
CH4	4.15	1.67	10.4
N2O	28.6	14.3	85.8

Tabel 2.12 Faktor Emisi CO2 Default Angkutan Air

kg/TJ			
Fuel	**Default**	**Lower**	**Upper**
Premium	69 300	67 500	73 000
M. Tanah	71 900	70 800	73 600
Solar	74 100	72 600	74 800
MFO	77 400	75 500	78 800
LPG	63 100	61 600	65 600
Natural Gas	56 100	54 300	58 300

Tabel 2.13 Faktor Emisi Default CH4 dan N2O Kapal Samudera

	CH4 (kg/TJ)	**N2O (kg/TJ)**
Kapal Samudera	7 ± 50%	2 +140% -40%

III. ESTIMASI EMISI GAS RUMAH KACA DARI FUGITIVE

Emisi Fugitive (*Fugitive Emissions*) mencakup semua emisi GRK yang sengaja maupun tidak disengaja terlepaskan pada kegiatan produksi bahan bakar primer (minyak mentah, batubara, gas bumi), pengolahan, penyimpanan, dan penyaluran bahan bakar ke titik penggunaan akhir.

Emisi fugitive terjadi pada sistem bahan bakar padat (batubara) dan sistem bahan bakar minyak dan gas bumi. Dalam jumlah yang relatif tidak signifikan emisi fugitive juga terjadi sistem energi panas bumi. Pengelompokan emisi fugitive menurut kegiatan energi diperlihatkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Sumber Emisi Fugitive Kegiatan Energi

Kode	Kategori	Sumber Emisi dan Kegiatan
1 B 1	Bahan bakar padat	a. Penambangan dan penanganan batubara • Penambangan bawah tanah • Tambang terbuka
		b. Pembakaran yang tak terkendali, dan timbunan batubara yang terbakar
		c. Transformasi (konversi) bahan bakar padat
1 B 2	Minyak bumi dan gas alam	a. Minyak bumi • Pelepasan (*Venting*) • Suar bakar (*Flaring*) • Lainnya
		b. Gas bumi • Pelepasan (*Venting*) • Suar bakar (*Flaring*) • Lainnya

3.1 Emisi Fugitive Kegiatan Batubara

3.1.1 Sumber Emisi Fugitive Penambangan Batubara

Di dalam formasi batubara terdapat gas metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) yang terperangkap di dalam lapisan batubara (*seam gas*). Pada saat batubara ditambang, gas-gas tersebut terlepas dan keluar dari lapisan batubara menuju atmosfir. Gas-gas yang terlepas pada kegiatan pada penambangan batubara dikategorikan sebagai emisi fugitive.

Selain emisi fugitive dari terlepasnya *seam gas*, penambangan batubara juga melepaskan gas rumah kaca fugitive dari lepasnya gas-gas dari bongkahan batubara pada kegiatan pengangkutan dan oksidasi batubara pada saat penanganan batubara yang telah ditambang.

Kategori emisi fugitive dari kegiatan penambangan batubara adalah sebagai berikut:

- Emisi gas rumah kaca saat penambangan (*mining emissions*) yaitu emisi gas rumah kaca yang berasal dari stored gas yang terbebas saat proses penambangan batubara.

- Emisi gas rumaah kaca setelah penambangan (*post-mining emissions*) yaitu emisi gas rumah kaca yang berasal pada saat penanganan, pemrosesan, dan transportasi batubara.

- Emisi oksidasi temperatur rendah (*low temperature oxidation*) yaitu emisi yang timbul akibat teroksidasinya batubara dengan oksigen dalam udara, membentuk CO_2. Namun laju pembentukan CO_2 pada proses ini relatif sangat kecil.

- Emisi gas rumah kaca dari kebakaran tak terkendali (*Uncontrolled combustion*) terjadi akibat proses low temperature oxidation yang terjebak, sehingga menghasilkan panas dan meningkatkan temperatur sehingga terjadi kebakaran batubara.

Rangkuman sumber utama emisi fugitive pada penambangan batubara diperlihatkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Sumber Utama Emisi Fugitive Batubara

No.	Kegiatan	Sumber Utama Emisi Fugitive
1.	*Underground mines*	
a.	*Mining*	Emisi *seam gas* yang terlepas ke atmosfer dari sistem degasifikasi dan ventilasi udara lapangan batubara
b.	*Post-mining seam gas emissions*	Emisi CH_4 dan CO_2 setelah batubara ditambang, dibawa ke permukaan, dan kemudian diproses, disimpan dan ditransportasi.
c.	*Abandoned underground mines*	Emisi CH_4 dari *abandoned underground mines*
d.	*Flaring of drained methane or conversion of methane to CO_2*	CH_4 yang di *flare* atau dikonversi menjadi CO_2 melalui proses oksidasi
2.	*Surface mines*	
a.	*Mining*	Emisi CH_4 dan CO_2 pada saat penambangan batubara
b.	*Post-mining seam gas emissions*	Emisi CH_4 dan CO_2 setelah batubara ditambang, dibawa ke permukaan, dan kemudian diproses, disimpan dan ditransportasi.
c.	*Uncontrolled combustion and burning coal dumps*	Emisi CO_2 dari pembakaran tak terkendali akibat aktivitas ledakan batubara

3.1.2 Pilihan Metodologi Perhitungan

Terdapat 3 pilihan Tier metodologi estimasi fugitive dari kegiatan batubara. Tier-1 berdasarkan data produksi batubara dan faktor emisi default IPCC. Tier-2 berdasarkan data produksi batubara dan faktor emisi yang berlaku bagi tambang-tambang di Indonesia. Tier-3 berdasarkan pengukuran emisi secara langsung.

3.1.2.1 Tambang Bawah Tanah

Emisi fugitive dari proses penambangan bawah tanah (underground mining) timbul dari sistem ventilasi dan degasifikasi dimana emisi CH4 dari seam gas yang terlepas saat penambangan dikumpulkan dan dialirkan ke suatu titik tertentu. Emisi ini umumnya keluar dari sejumlah kecil lokasi yang terpusat dan dapat dianggap sebagai titik sumber. Untuk Tier-1 maupun Tier-2 estimasi emisi fugitive menggunakan persamaan berikut:

Persamaan 24
Estimasi emisi fugitive tambang bawah tanah (Tier-1 dan Tier-2) Emisi GRK_{um} = produksi batubara x faktor emisi x faktor konversi satuan

dimana:

Emisi GRK_{um}	: emisi CH_4 penambangan bawah tanah (Gg/tahun)
Faktor emisi	: faktor emisi CH_4 (m^3/ton)
Produksi batubara	: ton/tahun
Faktor emisi (FE):	
FE CH_4 rendah	: 10 m^3/ton (kedalaman tambang <200 m)
FE CH_4 rata-rata	: 18 m^3/ton
FE CH_4 tinggi	: 25 m^3/ton (kedalaman tambang >400 m)
Faktor konversi satuan	= densitas CH_4 =0.67 x 10^{-6} Gg/m^3 (pada 20°C, 1 atm). Faktor ini mengkonversi volume CH_4 ke massa CH_4.

Emisi fugitive kategori post mining diperkirakan berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi dengan persamaan berikut:

Persamaan 25
Estimasi emisi fugitive post mining, Tier-1 dan Tier-2 Emisi GRK_{pm} = produksi batubara x faktor emisi x faktor konversi satuan

dimana:

Emisi GRK_{pm}	: emisi CH4 post mining (Gg/tahun)
Faktor emisi	: faktor emisi CH_4 (m^3/ton)
Produksi batubara	: ton/tahun
Faktor emisi:	
FE CH_4 rendah	: 0.9 m^3/ton
FE CH_4 rata-rata	: 2.5 m^3/ton
FE CH_4 tinggi	: 4.0 m^3/ton
Faktor konversi satuan	= densitas CH_4 =0.67 x 10^{-6} Gg/m^3 (pada 20°C, 1 atm). Faktor ini mengkonversi volume CH_4 ke massa CH_4.

Apabila penambangan dilengkapi dengan sistem flaring bagi gas metana yang lepas pada proses penambangan, maka emisi fugitive dari penambangan bawah tanah dikoreksi menjadi persamaan berikut:

Persamaan 26
Estimasi emisi fugitive dengan koreksi terhadap recovery metana, Tier-1 dan Tier-2 Emisi CH_4 = emisi $CH_{4,um}$ + emisi $CH_{4,pm}$ – CH_4 recovery

Recovery metana melalui pembakaran menghasilkan CO2. Besarnya CO2 hasil flare dihitung dengan persamaan berikut:

Persamaan 27
Estimasi emisi CO2 dari flare recovery metana, Tier-1 dan Tier-2 Emisi CO_2 dari flare = 0.98 x vol. CH4 flare x faktor konversi x faktor stoikiometri

Emisi CH4 pada flare yang tidak terbakar dihitung dengan persamaan berikut:

Persamaan 28
Estimasi emisi CH4 tak terbakar, Tier-1 dan Tier-2 Emisi CH_4 tak terbakar = 0.02 x volume CH_4 flare x faktor konversi satuan

dimana:

Emisi CO_2 dari flare	: Gg/tahun
Volume CH_4 flare	: m^3/tahun
Faktor stoikiometri	: rasio massa CO_2 terproduksi dari pembakaran sempurna unit massa CH_4 dan nilainya= 2.75
Faktor konversi satuan	= densitas CH_4 =0.67 x 10^{-6} Gg/m^3 (pada 20°C, 1 atm). Faktor ini mengkonversi volume CH_4 ke massa CH_4.

3.1.2.2 Tambang Terbuka

Potensi emisi *fugitive* dari penambangan jenis terbuka (*open mining*) pada umumnya relatif kecil. Emisi CH4 surface mining terdiri atas 2 komponen yaitu emisi saat penambangan dan emisi setelah penambangan atau post mining (Persamaan 29).

Persamaan 29
Estimasi emisi fugitive tambang terbuka, Tier-1 dan Tier-2 Emisi CH_4 = Emisi $CH_{4,mining}$ + Emisi $CH_{4,post\text{-}mining}$

Emisi GRK saat penambangan maupun post mining diperkirakan berdasarkan data produksi batubara dan faktor emisi (Persamaan 30 dan 31). Faktor emisi yang digunakan berdasarkan rata-rata global.

Persamaan 30
Estimasi emisi fugitive operasi penambangan terbuka, Tier-1 dan Tier-2 Emisi $CH_{4,mining}$ = Produksi batubara x Faktor emisi CH4 x faktor konversi satuan

dimana:

Emisi CH_4 dalam Gg/tahun
Faktor Emisi CH_4 rendah = 0.3 m^3/ton (*overburden depths*<25 m)
Faktor Emisi CH_4 rata-rata = 1.2 m^3/ton
Faktor Emisi CH_4 tinggi = 2.0 m^3/ton (*overburden depths*>50 m)
Faktor konversi satuan = densitas CH_4
= 0.67 x 10^{-6} Gg/m^3 (pada 20°C, 1 atm)
Faktor ini mengkonversi volume CH_4 ke massa CH_4

Persamaan 31
Estimasi emisi fugitive post mining tambang terbuka, Tier-1 dan Tier-2 Emisi $CH_{4,post\text{-}mining}$ = Produksi batubara x Faktor emisi CH_4 x faktor konversi satuan

dimana:

Emisi CH_4 dalam Gg/tahun
Faktor Emisi CH_4 rendah = 0 m^3/ton
Faktor Emisi CH_4 rata-rata = 0.1 m^3/ton
Faktor Emisi CH_4 tinggi = 0.2 m^3/ton
Faktor konversi satuan = densitas CH_4
= 0.67 x 10^{-6} Gg/m^3 (pada 20°C, 1 atm)
Faktor ini mengkonversi volume CH_4 ke massa CH_4.

3.2 Emisi Fugitive Kegiatan Migas

Pada sistem produksi migas, emisi GRK yang dikategorikan sebagai *fugitive* adalah semua emisi GRK yang terlepas pada sistem produksi migas, di luar emisi yang berasal dari pembakaran bahan bakar pada kegiatan tersebut. Rangkaian kegiatan penyediaan migas mulai titik produksi (sumur di lapangan migas), pengolahan (kilang) hingga dan pengangkutan migas ke konsumen akhir.

Sumber-sumber utama emisi fugitive dari kegiatan migas adalah venting, suar bakar (flaring), kebocoran peralatan, dan penguapan yang terjadi pada tangki penyimpanan.

3.2.1 Pilihan Metodologi

Terdapat 3 tier metodologi estimasi emisi fugitive kegiatan migas yaitu Tier-1, Tier-2 dan Tier-3. Tier-1 dan Tier-2 berdasarkan data aktivitas (throughput dari produksi migas) dan faktor emisi. Pada Tier-1 faktor emisi yang digunakan adalah default IPCC sedangkan pada Tier-2 faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi spesifik untuk Indonesia. Pada Tier-3, estimasi emisi berdasarkan perhitungan detil pada masing-masing fasilitas utama yang menyebabkan terjadinya emisi fugitive.

a. Metoda Tier-1 dan Tier 2

Persamaan umum yang digunakan untuk estimasi emisi fugitive kegiatan migas adalah sebagai berikut:

Persamaan 32
Estimasi Emisi Fugitive Segmen Industri Migas $E_{gas,\ segmen\ industri} = A_{segmen\ industri} \times FE_{gas,\ segemen\ industri}$

Persamaan 33
Estimasi Total Emisi Fugitive Industri Migas $E_{gas} = \sum_{\substack{segmen \\ industri}} E_{gas,\ segmen\ industri}$

dimana:

$E_{gas,\ segmen\ industry}$	: emisi suatu segmen industri misal migas hulu (Gg/thn)
$A_{segmenindustri}$	: data aktivitas segmen industri (unit aktivitas)
$FE_{gas,\ segmen\ industri}$	: faktor emisi (Gg/unit aktivitas)

Segmen industri yang terdapat pada industri migas diperlihatkan pada Tabel 3.3. Data aktivitas segmen industri pada persamaan (notasi $A_{segmen\ industri}$) di atas dinyatakan dalam *throughput* produksi, misalnya dalam barel minyak mentah per tahun atau kaki kubik gas per tahun. Faktor emisi pada persamaan di atas bergantung pada jenis hidrokarbon yang diproduksi (minyak atau gas).

Tabel 3.3 Segmen Industri Migas

Industry Segment	Sub-Categories
Well Drilling	All
Well Testing	All
Well Servicing	All
Gas Production	Dry Gas
	Coal Bed Methane (Primary and Enhanced Production)
	Other enhanced gas recovery
	Sweet Gas
	Sour Gas
Gas Processing	Sweet Gas Plants
	Sour Gas Plants
	Deep-cut Extraction Plant
Gas Transmission & Storage	Pipeline Systems
	Storage Facilities
Gas Distribution	Rural Distribution
	Urban Distribution
Liquefied Gases Transport	Condensate
	Liquefied Petroleum Gas (LPG)
	Liquefied Natural Gas (LNG) (including associated
	liquefaction and gasification facilities)
Oil Production	Light and Medium Density Crude Oil (Primary, Secondary and Tertiary Production)
	Heavy Oil (Primary and Enhanced Production)
	Crude Bitumen (Primary and Enhanced Production)
	Synthetic Crude Oil (From Oil Sands)
	Synthetic Crude Oil (From Oil Shale)
Oil Upgrading	Crude Bitumen
	Heavy Oil
Waste Oil Reclaiming	All
Oil Transport	Marine
	Pipelines
	Tanker Trucks and Rail Cars
Oil Refining	Heavy Oil
	Conventional and Synthetic Crude Oil
Refined Product Distribution	Gasoline
	Diesel
	Aviation Fuel
	Jet Kerosene
	Gas Oil (Intermediate Refined Products)

3.2.2 Faktor Emisi

Faktor Emisi default IPCC untuk emisi fugitive sektor migas diperlihatkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Faktor Emisi Fugitive Kegiatan Migas

Category	Sub-category[c]	Emission source	IPCC Code	CH_4		CO_2 [i]		NMVOC		N_2O		Units of measure
				Value	Uncer-tainty (% of Value)	Value	Uncer tainty (% of Value)	Value	Uncer tainty (% of Value)	Value	Uncer tainty (% of Value)	
Well Drilling	All	Flaring and Venting	1.B.2.a.iii or 1.B.2.b.iii	3.3E-05 to 5.6E-04	-12.5 to +800%	1.0E-04 to 1.7E-03	-12.5 to +800%	8.7E-07 to 1.5E-05	-12.5 to +800%	ND	ND	Gg per 10^3 m^3 total oil production
Well Testing	All	Flaring and Venting	1.B.2.a.iii or 1.B.2.b.iii	5.1E-05 8.5E-04	-12.5 to +800%	9.0E-03 to 1.5E-01	-12.5 to +800%	1.2E-05 to 2.0E-04	-12.5 to +800%	6.8E-08 to 1.1E-06	-10 to +1000 %	Gg per 10^3 m^3 total oil production
Well Servicing	All	Flaring and Venting	1.B.2.a.iii or 1.B.2.b.iii	1.1E-04 to 1.8E-03	-12.5 to + 800%	1.9E-06 to 3.2E-05	-12.5 to +800%	1.7E-05 to 2.8E-04	-12.5 to +800%	ND	ND	Gg per 10^3 m^3 total oil production
Gas Production	All	Fugitives[d]	1.B.2.b.iii.2	3.8E-04 to 2.4E-02	-40 to +250%	1.4E-05 to 1.8E-04	-40 to +250%	9.1E-05 to 1.2E-03	-40 to +250%	NA	NA	Gg per 10^6 m^3 gas production
		Flaring[e]	1.B.2.b.iii	7.6E-07 to 1.0E-06	±75%	1.2E-03 to 1.6E-03	±75%	6.2E-07 to 8.5E-07	±75%	2.1E-08 to 2.9E-08	-10 to +1000 %	Gg per 10^6 m^3 gas production
Gas Processing	Sweet Gas Plants	Fugitives	1.B.2.b.iii.3	4.8E-04 to 1.1E-03	-40 to +250%	1.5E-04 to 3.5E-04	-40 to +250%	2.2E-04 to 5.1E-04	-40 to +250%	NA	NA	Gg per 10^6 m^3 gas production
		Flaring	1.B.2.b.iii	1.2E-06 to 1.6E-06	±75%	1.8E-03 to 2.5E-03	±75%	9.6E-07 to 1.3E-06	±75%	2.5E-08 to 3.4E-08	-10 to +1000 %	Gg per 10^6 m^3 gas production
	Sour Gas Plants	Fugitives	1.B.2.b.iii.3	9.7E-05 to 2.2E-04	-40 to +250%	7.9E-06 to 1.8E-05	-40 to +250%	6.8E-05 to 1.6E-04	-40 to +250%	NA	NA	Gg per 10^6 m^3 gas production
		Flaring	1.B.2.b.iii	2.4E-06 to 3.3E-06	±75%	3.6E-03 to 4.9E-03	±75%	1.9E-06 to 2.6E-06	±75%	5.4E-08 to 7.4E-08	-10 to +1000 %	Gg per 10^6 m^3 gas production
		Raw CO2 Venting	1.B.2.b.i	NA	NA	6.3E-02 to 1.5E-01	-10 to +1000%	NA	NA	NA	NA	Gg per 10^6 m^3 gas production
	Deep-cut Extraction Plants (Straddle Plants)	Fugitives	1.B.2.b.iii.3	1.1E-05 to 2.5E-05	-40 to +250%	1.6E-06 to 3.7E-06	-40 to +250%	2.7E-05 to 6.2E-05	-40 to +250%	NA	NA	Gg per 10^6 m^3 raw gas feed
		Flaring	1.B.2.b.iii	7.2E-08 to 9.9E-08	±75%	1.1E-04 to 1.5E-04	±75%	5.9E-08 to 8.1E-08	±75%	1.2E-08 to 8.1E-08	-10 to +1000 %	Gg per 10^6 m^3 raw gas feed
	Default Weighted Total	Fugitives	1.B.2.b.iii.3	1.5E-04 to 3.5E-04	-40 to +250%	1.2E-05 to 2.8E-05	-40 to +250%	1.4E-04 to 3.2E-04	-40 to +250%	NA	NA	Gg per 10^6 m^3 gas production
		Flaring	1.B.2.b.iii	2.0E-06 to 2.8E-06	±75%	3.0E-03 to 4.1E-03	±75%	1.6E-06 to 2.2E-06	±75%	3.3E-08 to 4.5E-08	-10 to +1000 %	Gg per 10^6 m^3 gas production
		Raw CO2 Venting	1.B.2.b.i	NA	N/A	4.0E-02 to 9.5E-02	-10 to +1000%	NA	N/A	NA	N/A	Gg per 10^6 m^3 gas production
Gas Transmission & Storage	Trans-mission	Fugitivesf	1.B.2.b.iii.4	16.6E-05 to 1.1E-03	-40 to +250%	8.8E-07 to 2.0E-06	-40 to +250%	7.0E-06 to 1.6E-05	-40 to +250%	NA	NA	Gg per 10^6 m^3 of marketable gas
		Ventingg	1.B.2.b.i	4.4E-05 to 7.4E-04	-40 to +250%	3.1E-06 to 7.3E-06	-40 to +250%	4.6E-06 to 1.1E-05	-40 to +250%	NA	NA	Gg per 10^6 m^3 of marketable gas
	Storage	All	1.B.2.b.iii.4	2.5E-05 to 5.8E-05	-20 to +500%	1.1E-07 to 2.6E-07	-20 to +500%	3.6E-07 to 8.3E-07	-20 to +500%	ND	ND	Gg per 10^6 m^3 of marketable gas

Tabel 3.4 Faktor Emisi Fugitive Kegiatan Migas

Category	Sub-category[c]	Emission source	IPCC Code	CH_4		CO_2[i]		NMVOC		N_2O		Units of measure
				Value	Uncer-tainty (% of Value)	Value	Uncer tainty (% of Value)	Value	Uncer tainty (% of Value)	Value	Uncer tainty (% of Value)	
Gas Distributio n	All	All	1.B.2.b.i iii.5	1.1E-03 to 2.5E-03	-20 to +500%	5.1E-05 to 1.4E-04	-20 to +500%	1.6E-05 to 3.6E-5	-20 to +500%	ND	ND	Gg per 10^6 m^3 of utility sales
Natural Gas Liquids Transport	Condensat e	All	1.B.2.a.i iii.3	1.1E-04	-50 to +200%	7.2E-06	-50 to +200%	1.1E-03	-50 to +200%	ND	ND	Gg per 10^3 m^3 Condensat e and Pentanes Plus
	Liquefied Petroleum Gas	All	1.B.2.a.i iii.3	NA	NA	4.3E-04	±100%	ND	ND	2.2E-09	-10 to +1000 %	Gg per 10^3 m^3 LPG
	Liquefied Natural Gas	All	1.B.2.a.i iii.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Gg per 10^6 m^3 of marketable gas
Oil Production	Convention al Oil	Fugitives (Onshore)	1.B.2.a.i iii.2	1.5E-06 to 6.0E-02	-12.5 to +800%	1.1E-07 to 4.3E-03	-12.5 to +800%	1.8E-06 to 7.5E-02	-12.5 to +800%	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 convention al oil production
		Fugitives (Offshore)	1.B.2.a.i iii.2	5.9E-07	-12.5 to +800%	4.3E-08	-12.5 to +800%	7.4E-07	-12.5 to +800%	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 convention al oil production
		Venting	1.B.2.a.i	7.2E-04 to 9.9E-04	±75%	9.5E-05 to 1.3E-04	±75%	4.3E-04 to 5.9E-04	±75%	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 convention al oil production
		Flaring	1.B.2.a.i i	2.5E-05 to 3.4E-05	±75%	4.1E-02 to 5.6E-02	±75%	2.1E-05 to 2.9E-05	±75%	6.4E-07 to 8.8E-07	-10 to +1000 %	Gg per 10^3 m^3 convention al oil production
	Heavy Oil/Cold Bitumen	Fugitives	1.B.2.a.i iii.2	7.9E-03 to 1.3E-01	-12.5 to +800%	5.4E-04 to 9.0E-03	-12.5 to +800%	2.9E-03 to 4.8E-02	-12.5 to +800%	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 heavy oil production
		Venting	1.B.2.a.i	1.7E-02 to 2.3E-02	-67 to +150%	5.3E-03 to 7.3E-03	-67 to +150%	2.7E-03 to 3.7E-03	-67 to +150%	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 heavy oil production
		Flaring	1.B.2.a.i i	1.4E-04 to 1.9E-04	-67 to +150%	2.2E-02 to 3.0E-02	-67 to +150%	1.1E-05 to 1.5E-05	-67 to +150%	4.6E-07 to 6.3E-07	-10 to +1000 %	Gg per 10^3 m^3 heavy oil production
	Thermal Oil Production	Fugitives	1.B.2.a.i iii.2	1.8E-04 to 3.0E-03	-12.5 to +800%	2.9E-05 to 4.8E-04	-12.5 to +800%	2.3E-04 to 3.8E-03	-12.5 to +800%	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 thermal bitumen production
		Venting	1.B.2.a.i	3.5E-03 to 4.8E-03	-67 to +150%	2.2E-04 to 3.0E-04	-67 to +150%	8.7E-04 to 1.2E-03	-67 to +150%	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 thermal bitumen production
		Flaring	1.B.2.a.i i	1.6E-05 to 2.2E-05	-67 to +150%	2.7E-02 to 3.7E-02	-67 to +150%	1.3E-05 to 1.8E-05	-67 to +150%	2.4E-07 to 3.3E-07	-10 to +1000 %	Gg per 10^3 m^3 thermal bitumen production

Tabel 3.4 Faktor Emisi Fugitive Kegiatan Migas

Category	Sub-category [c]	Emission source	IPCC Code	CH_4		CO_2 [i]		NMVOC		N_2O		Units of measure
				Value	Uncer-tainty (% of Value)	Value	Uncer tainty (% of Value)	Value	Uncer tainty (% of Value)	Value	Uncer tainty (% of Value)	
	Synthetic Crude (from Oilsands)	All	1.B.2.a.iii.2	2.3E-03 to 3.8E-02	-67 to +150%	ND	ND	9.0E-04 to 1.5E-02	-67 to +150%	ND	ND	Gg per 10^3 m^3 synthetic crude production from oilsands
	Synthetic Crude (from Oil Shale)	All	1.B.2.a.iii.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Gg per 10^3 m^3 synthetic crude production from oil shale
	Default Weighted Total	Fugitives	1.B.2.a.iii.2	2.2E-03 to 3.7E-02	-12.5 to +800%	2.8E-04 to 4.7E-03	-12.5 to +800%	3.1E-03 to 5.2E-02	-12.5 to +800%	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 total oil production
		Venting	1.B.2.a.i	8.7E-03 to 1.2E-02	±75%	1.8E-03 to 2.5E-03	±75%	1.6E-03 to 2.2E-03	±75%	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 total oil production
		Flaring	1.B.2.a.i	2.1E-05 to 2.9E-05	±75%	3.4E-02 to 4.7E-02	±75%	1.7E-05 to 2.3	±75	5.4E-07 to 7.4E-07	-10 to +1000 %	Gg per 10^3 m^3 total oil production
Oil Upgrading	All	All	1.B.2.a.iii.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Gg per 10^3 m^3 oil upgraded
Oil Transport	Pipelines	All	1.B.2.a.iii.3	5.4E-06	-50 to +200%	4.9E-07	-50 to +200%	5.4E-05	-50 to +200%	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 oil transported by pipeline
	Tanker Trucks and Rail Cars	Venting	1.B.2.a.i	2.5E-05	-50 to +200%	2.3E-06	-50 to +200%	2.5E-04	-50 to +200%	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 oil transported by Tanker Truck
	Loading of Off-shore Production on Tanker Ships	Venting	1.B.2.a.i	NDh	ND	NDh	ND	ND	ND	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 oil transported by Tanker Truck
Oil Refining	All	All	1.B.2.a.iii.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Gg per 10^3 m^3 oil refined.
Refined Product Distribution	Gasoline	All	1.B.2.a.iii.5	NA	NA	NA	NA	ND	ND	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 product transported.
	Diesel	All	1.B.2.a.iii.5	NA	NA	NA	NA	ND	ND	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 product transported.
	Aviation Fuel	All	1.B.2.a.iii.5	NA	NA	NA	NA	ND	ND	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 product transported.
	Jet Kerosene	All	1.B.2.a.iii.5	NA	NA	NA	NA	ND	ND	NA	NA	Gg per 10^3 m^3 product transported.

3.2.3 Alternative Perhitungan Emisi Tier 2

Alternative perhitungan emisi Tier 2 pada lapangan migas adalah berdasarkan data Gas to Oil Ratio (GOR) yaitu parameter yang menunjukkan banyaknya gas yang ikut terproduksi saat minyak diproduksi. Perlu dicatat bahwa produksi minyak selalu juga menghasilkan gas ikutan atau "associated gas" (gas yang semula terlarut dalam minyak akan keluar dari minyak saat minyak sampai di permukaan).

Metoda alternative Tier 2 berdasarkan GOR dilakukan bila diyakini bahwa sebagian besar fugitive adalah dari venting dan flaring. Persamaan alternative Tier-2 adalah sebagai berikut:

Persamaan 34
Estimasi Emisi Fugitive Karena Venting
$E_{gas,oil\ prod\ ,\ venting} = GOR \bullet Q_{OIL} \bullet (1-CE) \bullet (1\text{-}\ X_{Flared}) \bullet M_{gas} \bullet y_{gas} \bullet 42.3\times10^{-6}$

Persamaan 35
Estimasi Emisi Fugitive CH4 Karena Flaring
$E_{CH4,oil\ prod\ ,\ venting} = GOR \bullet Q_{OIL} \bullet (1-CE) \bullet X_{Flared} \bullet (1-FE) \bullet M_{CH4} \bullet y_{CH4} \bullet 42.3\times10^{-6}$

Persamaan 36
Estimasi Emisi Fugitive CH4 Karena Flaring
$E_{CO2,oil\ prod,flaring} = GOR \bullet Q_{OIL} \bullet (1-CE) \bullet X_{Flared} \bullet M_{CO2} \bullet \left[y_{CO2} + \left(Nc_{CH4} \bullet y_{CH4} + Nc_{NMVOC} \bullet y_{NMVOC}\right)\left(1-X_{soot}\right)\right] \bullet 42.3\times10^{-6}$

Persamaan 37
Estimasi Emisi Fugitive CH4 Karena Venting dan Flaring
$E_{CH4,oil\ prod} = E_{CH4,oil\ prod,venting} + E_{CH4,oil\ prod,flaring}$

Persamaan 38
Estimasi Emisi Fugitive CO2 Karena Venting dan Flaring
$E_{CO2,oil\ prod} = E_{CO2,oil\ prod,venting} + E_{CO2,oil\ prod,flaring}$

Persamaan 39
Estimasi Emisi Fugitive N2O Dari Flaring
$E_{N2O,oil\ prod,flaring} = GOR \bullet Q_{OIL} \bullet (1-CE) \bullet X_{flared} \bullet EF_{N2O}$

dimana:

$E_{i,\ oil\ prod,\ venting}$	=	Direct amount (Gg/y) of GHG gas i emitted due to venting at oil production facilities.
$E_{i,\ oil\ prod,\ flaring}$	=	Direct amount (Gg/y) of GHG gas i emitted due to flaring at oil production facilities.
GOR	=	Average gas-to-oil ratio (m^3/m^3) referenced at 15ºC and 101.325 kPa.
QOIL	=	Total annual oil production (10^3 m3/y).
M_{gas}	=	Molecular weight of the gas of interest (e.g., 16.043 for CH4 and 44.011 for CO2).
$N_{C,i}$	=	Number of moles of carbon per mole of compound i (i.e., 1 for CH4, 2 for C2H6, 3 for C3H8, 1 for CO2, 2.1 to 2.7 for the NMVOC fraction in natural gas and 4.6 for the NMVOC fraction of crude oil vapours)
y_i	=	Mol or volume fraction of the associated gas that is composed of substance i (i.e., CH4, CO2 or NMVOC).
CE	=	Gas conservation efficiency factor.
X_{Flared}	=	Fraction of the waste gas that is flared rather than vented. With the exception of primary heavy oil wells, usually most of the waste gas is flared.
FE	=	flaring destruction efficiency (i.e., fraction of the gas that leaves the flare partially or fully burned). Typically, a value of 0.995 is assumed for flares at refineries and a value 0.98 is assumed for those used at production and processing facilities.
X_{soot}	=	fraction of the non-CO2 carbon in the input waste gas stream that is converted to soot or particulate matter during flaring. In the absence of any applicable data this value may be assumed to be 0 as a conservative approximation.
EF_{N2O}	=	emission factor for N2O from flaring (Gg/10^3 m^3 of associated gas flared). Refer to the IPCC emission factor database (EFDB), manufacturer's data or other appropriate sources for the value of this factor.
$42.3x10^{-6}$	=	is the number of kmol per m^3 of gas referenced at 101.325 kPa and 15ºC (i.e. $42.3x10^{-3}$ kmol/m^3) times a unit conversion factor of 10^{-3} Gg/Mg which brings the results of each applicable equation to units of Gg/y.

IV. METODA PENDEKATAN REFERENSI (*REFERENCE APPROACH*)

Reference approach adalah suatu pendekatan perhitungan emisi yang bersifat pendekatan top down menggunakan data pasokan energy nasional untuk memperkirakan emisi CO2 dari pembakaran bahan bakar fosil. Metoda ini relative mudah untuk diaplikasikan karena hanya berbasis pada statistik nasional pasokan energi fosil. Perlunya memperhitungkan excluded carbon (pasokan energi yang tidak digunakan sebagai bahan bakar) hanya sedikit menambah kerumitan perhitungan.

Asumsi yang digunakan dalam pendekatan ini adalah bahwa karbon bersifat kekal (conserved) sehingga misalnya karbon di minyak mentah akan sama dengan total kandungan karbon yang ada pada produk-produk turunan minyak mentah tersebut (BBM).

Pendekatan ini tidak membedakan di sektor mana bahan bakar tersebut digunakan dan hanya memperkirakan emisi total CO2 yang berasal dari satu kategori sumber yaitu pembakaran bahan bakar. Dalam pendekatan ini emisi berasal dari penggunaan bahan bakar di sisi produsen energi (kilang ataupun pembangkit listrik) dan dari pembakaran bahan bakar BBM di sisi konsumen.

Reference Approach merupakan pendekatan top-down dimana emisi CO2 dari pembakaran energi fosil dihitung berdasarkan data pasokan energi nasional, tidak mempertimbangkan di kegiatan mana energi tersebut digunakan. Pendekatan ini relatif mudah dilakukan karena didasarkan pada data statistik energi yang relatif mudah diperoleh. Perlunya memperhitungkan excluded carbon (karbon yang harus dikeluarkan dari data penggunaan energi karena tidak digunakan sebagai bahan bakar) hanya sedikit menambah kerumitan perhitungan.

Cakupan reference approach adalah seluruh pembakaran karbon yang terkandung dalam bahan bakar fosil. Asumsi yang digunakan dalam pendekatan ini adalah bahwa karbon bersifat kekal (conserved) sehingga misalnya karbon di minyak mentah akan sama dengan total kandungan karbon yang ada pada produk-produk turunan minyak mentah tersebut (BBM).

Hasil perhitungan reference approach dapat digunakan sebagai pembanding terhadap hasil perhitungan sectoral approach. Jika perbedaan hasil hitungan cukup signifikan kemungkinan terdapat persoalan dengan data aktifitas, nilai kalor, kandungan karbon, perhitungan koreksi excluded carbon, dan lain-lain.

4.1 Algoritma Metoda Pendekatan Referensi

Metoda reference approach membagi perhitungan emisi CO2 dari pembakaran dalam 5 tahapan. Algoritma perhitungan emisi CO2 dari pembakaran menurut metodologi Reference Approach adalah sebagai berikut:

- Langkah 1 : Perkirakan konsumsi bahan bakar nyata (apparent) dalam sutuan aslinya
- Langkah 2 : Konversikan data konsumsi energi ke satuan energi
- Langkah 3 : Hitung karbon total dengan cara mengalikan konsumsi energi dengan kandungan karbon dalam bahan bakar
- Langkah 4 : Hitung Excluded Carbon
- Langkah 5 : Lakukan koreksi untuk karbon yang tidak teroksidasi dan kemudian konversikan ke CO2

Kelima langkah tersebut dinyatakan dalam persamaan berikut:

Persamaan 40
Emisi CO2 Pembakaran Bahan Bakar, Apparent Approach
$Em.CO2 = \sum_{semua\ BB} \left(\left(Konsumsi_{BB} \bullet FK_{BB} \bullet CC_{BB} \right) \bullet 10^{-3} - ExclCarb_{BB} \right) \bullet COF_{BB} \bullet \frac{44}{12}$

BB	:	Bahan Bakar
Konsumsi	:	Produksi + impor – ekspor – international bunker perubahan stok
FK(*)	:	Faktor Konversi dari satuan fisik ke satuan energi (TJ)
CC	:	Kandungan karbon dalam bahan bakar (ton C/TJ) = kg C/GJ
ExclCarb	:	Excluded Carbon (Gg C)
COF	:	Faktor oksidasi karbon (pembakaran sempurna COF= 1). COF kurang dari 1 jika ada karbon tidak terbakar dan tersimpan dalam abu atau jelaga

Catatan:

*) BBM umumnya dalam TJ/liter; batubara dalam TJ/ton, gas bumi dalam TJ/Nm3, LPG dalam TJ/kg.

Untuk menghitung pasokan bahan bakar nasional pada suatu tahun inventory, dibutuhkan data berikut:

- Volume/banyaknya bahan bakar primer yang diproduksi (tidak termasuk produksi bahan bakar sekunder misalnya BBM dan produk turunan bahan bakar misalnya pelumas);
- Volume/banyaknya bahan bakar primer dan sekunder yang diimpor;
- Volume/banyaknya bahan bakar primer dan sekunder yang diekspor;
- Volume/banyaknya bahan bakar primer dan sekunder yang digunakan dalam bunker internasional;
- Perubahan (kenaikan atau penurunan) stok bahan bakar primer dan sekunder

Konsumsi Apparent bahan bakar primer dihitung dengan persamaan berikut:

Persamaan 41
Perhitungan Konsumsi Apparent Energi Primer
$\text{Konsumsi Apparent}_{BB} = \text{Produksi}_{BB} + \text{Impor}_{BB} - \text{Ekspor}_{BB} - \text{International Bunker}_{BB} - \text{Perubahan Stok}_{BB}$

dimana BB = energi primer (minyak mentah, batubara, gas bumi)

Jika stok bahan bakar pada suatu tahun inventori bertambah, harga perubahan stok bernilai positif. Sebaliknya jika stok bahan bakar pada suatu tahun inventori berkurang, harga perubahan stok bernilai negatif.

Konsumsi bahan bakar primer total merupakan jumlah dari konsumsi apparent dari masing-masing jenis bahan bakar primer. Konsumsi apparent bahan bakar sekunder harus ditambahkan ke dalam konsumsi apparent bahan bakar primer. Produksi atau manufaktur bahan bakar sekunder harus diabaikan dalam perhitungan karena karbon dalam bahan bakar sekunder ini telah termasuk/terhitung dalam pasokan bahan bakar primer; sebagai contoh perkiraan konsumsi apparent minyak mentah (crude oil) telah termasuk karbon yang ada pada premium yang dihasilkan dari minyak mentah tersebut.

Konsumsi apparent bahan bakar sekunder dihitung dengan persamaan berikut:

Persamaan 42
Perhitungan Konsumsi Apparent Energi Sekunder
$\text{Konsumsi Apparent}_{BB} = \text{Impor}_{BB} - \text{Ekspor}_{BB} - \text{International Bunker}_{BB} - \text{Perubahan Stok}_{BB}$

Perlu dicatat bahwa perhitungan konsumsi apparent tersebut di atas dapat menghasilkan harga negatif untuk suatu jenis bahan bakar tertentu yang mengindikasikan bahwa terjadi ekspor neto atau peningkatan stok bahan bakar tersebut. Konsumsi apparent total dari bahan bakar sekunder adalah jumlah konsumsi apparent masing-masing bahan bakar.

4.2 Excluded Carbon

Excluded carbon adalah konsumsi bahan bakar yang harus dikeluarkan dari perhitungan konsumsi apparent karena bahan bakar tersebut tidak digunakan untuk pembangkitan energi. Bahan bakar yang masuk dalam kategori excluded carbon adalah bahan bakar yang digunakan untuk keperluan non energi yaitu: sebagai bahan baku, sebagai zat pereduksi, atau untuk pemakaian non-energi lainnya (pelumas, pelarut dan lain-lain). Tabel 2.17 memperlihatkan baberapa jenis bahan bakar fosil yang dapat masuk dalam kategori excluded carbon.

Tabel 4.1 Bahan bakar yang dapat masuk dalam kategori excluded carbon

Feedstock	Naphtha
	LPG (butane/propane)
	Refinery gas
	Gas/diesel oil and Kerosene
	Natural gas
	Ethane
Reductant	Coke oven coke (metallurgical coke)
	petroleum coke
	Coal and coal tar/pitch
	Natural gas
Non-energy products	Bitumen
	Lubricants
	Paraffin waxes
	White spirit

Besarnya excluded carbon dalam perkiraan emisi dari pembakaran bahan bakar dihitung dengan persamaan berikut:

Persamaan 43
Perhitungan Excluded Carbon $ExcludedCarbon_{BB} = DataAktvitas_{BB}\ xCC_{BB} x10^{-3}$

dimana:

BB	=	singkatan dari Bahan Bakar
Excluded Carbon	=	karbon yang dikeluarkan dari perhitungan emisi dari pembakaran (Gg C)
Data Aktivitas	=	konsumsi energi kategori excluded carbon (TJ)
CC	=	kandungan karbon bahan bakar (ton C/TJ)

Data aktivitas yang dapat dikategorikan sebagai excluded carbon untuk berbagai produk (bahan bakar) diperlihatkan pada Tabel 20.

Tabel 4.2 Data Aktivitas yang dapat Dikategorikan sebagai Excluded Carbon

Bahan bakar	**Data Aktivitas**
LPG, ethane, naphtha, refinery gas, solar, minyak tanah	Deliveries to petrochemical feedstocks
Bitumen (aspal)	Total deliveries
Pelumas	Total deliveries
Paraffin waxes	Total deliveries
White spirit (solven)	Total deliveries
Calcined petroleum coke	Total deliveries
Coke oven coke	Deliveries to the iron and steel and non-ferrous metals industries
Light oils from coal	Deliveries to chemical industry
Coal tar/pitch	Deliveries to chemical industry and construction
Natural gas	Deliveries to petrochemical feedstocks and for the direct reduction of iron ore in the iron and steel industry

Catatan:

- "Total deliveries" berarti keseluruhan data konsumsi dimasukkan sebagai excluded carbon (karena keseluruhan bahan bakar tersebut tidak untuk pembangkitan energi)
- "Deliveries to petrochemical feedstock" berarti data konsumsi yang dimasukkan sebagai excluded carbon adalah yang digunakan sebagai feedstock saja (diperoleh dari catatan masing-masing pabrik).

Apabila perhitungan emisi GRK dilakukan dengan baik berdasarkan data aktivitas dan parameter-parameter yang relevan hasil perhitungan menurut *Apparent Approach* seharusnya tidak akan berbeda jauh dengan hasil perhitungan berdasarkan pendekatan sektoral; perbedaan tidak akan lebih besar dari 5%.

Apabila hasil perhitungan apparent approach dan sectoral approach berbeda cukup signifikan, terdapat beberapa kemungkinan penyebabnya yaitu:

- Perbedaan statistik yang cukup besar antara data supply energi dan data konsumsi energi. Hal ini terjadi dari kegiatan pengumpulan data dari berbagai bagian dari aliran bahan bakar, mulai sumber hingga ke konversi sisi downstream dan pengguna akhir.

- Adanya ketidakseimbangan massa yang signifikan antara minyak mentah dan bahan baku lain yang masuk kilang minyak dan BBM yang dihasilkan.

- Terjadinya mis-alokasi dari kuantitas bahan bakar yang digunakan untuk konversi ke dalam kategori produk turunan atau ke dalam kuantitas bahan yang dibakar di sektor energi.

- Hilangnya informasi mengenai pembakaran bahan bakar yang dihasilkan oleh suatu sistem transformasi (kilang). Bisa saja terjadi emisi dari bahan bakar sekunder pada suatu proses yang terintegrasi (misal coke oven gas) tidak tercatat pada Tier 1 pendekatan sektoral jika pencatatan data kurang baik. Penggunaan bahan sekunder harus dimasukkan ke dalam pendekatan sektoral untuk semua produk-produk sekunder, jika tidak akan terjadi underestimate di hasil perhitungan pendekatan sektoral.

DAFTAR PUSTAKA

IPCC (2006).*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2 - Energy*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

IPCC 2008. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – A primer, Prepared by theNational Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K.(eds). IGES, Japan.

LAMPIRAN 1

Deskripsi Kategori Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca

Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi

Lampiran 1. Deskripsi dan Cakupan Kategori Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi

Kode	Kategori	Cakupan Kategori
(1)	(2)	(3)
1	**PENGADAAN DAN PENGGUNAAN ENERGI (ENERGY)**	
1 A	Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar (*Fuel Combustion Activities*)	Emisi berasal dari oksidasi yang terjadi secara terus menerus dari material yang mana hal tersebut didesain untuk mengatur panas dan menyediakan input panas-panas atau sebagai pekerjaan mekanik.
1 A 1	Industri Penghasil Energi (*Energy Industries*)	Emisi dari bahan bakar yang dibakar oleh ekstraksi bahan bakar atau industri-industri yang menghasilkan energi , misalnya Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG).
1 A 1 a	Aktivitas Utama Menghasilkan Energi Listrik dan Panas (*Main Activity Electricity and Heat Production*)	Gabungan emisi yang dihasilkan dari aktivitas produksi utama pembangkit listrik, yang tergabung tenaga panas dengan tenaga pembangkit, dan pengolah panas (heat plants). Penghasil-penghasil dari aktivitas utama termasuk yang diketahui sebagai fasilitas umum.
1 A 1 a i	Pembangkit Listrik (*Electricity Generation*)	Comprises emissions from all fuel use for electricity generation from main activity producers except those from combined heat and power plants. Meliputi emisi dari seluruh penggunaan bahan bakar untuk pembangkit listrik dari kegiatan utama penghasil kecuali yang berasal dari gabungan tenaga pembangkit dan panas.
1 A 1 a ii	Penggabungan Tenaga Pembangkit dan Panas (*Combined Heat and Power Generation*)	Emisi yang berasal dari aktivitas produksi, baik tenaga pembangikit maupun panas, ataupun keduanya, yang berasal dari penghasil kegiatan utama, untuk dikonsumsi oleh masyarakat, dalam satu fasilitas industri pembangkit (*combined heat and power generation*). Contoh boiler yang menghasilkan panas sekaligus listrik, misalnya pembangkit di industri plywood. Tenaga panas (boiler atau bisa juga panas bumi) digabungkan dengan tenaga pembangkit (generator).
1 A 1 a iii	Panas Industri (*Heat Plants*)	Produksi panas dari kegiatan utama untuk dijual melalui jaringan (*pipe network*), misalnya *steam* dan gas panas dan *boiler*.
1 A 1 b	Kilang Minyak (*Petroleum Refining*)	Emisi dari pembakaran bahan bakar untuk mendukung proses pengolahan minyak, termasuk bahan bakar untuk menghasilkan panas dan pembangkitan listrik yang digunakan di kilang, tidak termasuk emisi akibat penguapan bahan bakar di dalam kilang. Emisi ini dilaporkan dibagian 1 B 2 a.
1 A 1 c	Sistem Produksi dari Industri Bahan Bakar Padat dan Energi Lainnya (*Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries*)	Pembakaran emisi dari penggunaan bahan bakar selama pembuatan produk sekunder dan tersier dari bahan bakar padat, termasuk produksi arang (*charcoal*). Emisi di tempat penggunaan bahan bakar harus dimasukkan, termasuk pembakaran untuk pembangkit listrik dan panas yang digunakan untuk sendiri di industri.
1 A 1 c i	Sistem Produksi Bahan Bakar Padat (*Manufacture of Solid Fuels*)	Emisi dari pembakaran bahan bakar untuk mendukung proses produksi bahan bakar padat misalnya kokas (coke) dan pembuatan briket batubara

Lampiran 1. Lanjutan

Kode	Kategori	Cakupan Kategori
(1)	(2)	(3)
1 A 1 c ii	Industri Energy Lainnya (*Other Energy Industries*)	Emisi dari pembakaran bahan bakar untuk mendukung proses produksi bahan bakar yang tidak masuk dalam kategori yang telah disebutkan di atas antara lain produksi arang kayu, biofuels, penambangan batubara dan migas (hulu) dan pengolahan/upgrade gas bumi misalnya produksi LNG, LPG. Kategori ini juga mencakup emisi dari pra-proses pembakaran untuk menangkap dan penyimpanan CO2. Emisi dari transportasi pipa (*pipeline transport*) harus dilaporkan di bawah 1 A 3 e.]
1 A 2	Industri Manufaktur dan Konstruksi (*Manufacturing Industries and Construction*)	Emisi dari pembakaran bahan bakar di industri. Juga termasuk pembakaran untuk pembangkit listrik dan panas untuk digunakan sendiri di industri. Emisi dari pembakaran bahan bakar dalam oven kokas (coke ovens) dalam industri besi dan baja harus dilaporkan di bawah 1 A 1 c dan tidak dalam industri manufaktur. Emisi dari sektor industri harus ditentukan oleh sub-kategori yang sesuai dengan International Standard Industrial Classification of all Economic Activities (ISIC). Energi digunakan untuk transportasi oleh industri tidak harus dilaporkan dalam kategori ini, tetapi di bawah kategori Transportasi (1 A 3). Emisi yang berasal dari off-road dan mesin bergerak lainnya dalam industri harus, jika mungkin, dipisahkan sebagai subkategori tersendiri.
1 A 2 a	Besi dan Baja (*Iron and Steel*)	ISIC Kelompok 271 and Kelas 2731.
1 A 2 b	Logam Bukan Besi (*Non-Ferrous Metals*)	ISIC Kelompok 272 and Kelas 2732. Contoh: Nikel, emas, industri pengolah copper
1 A 2 c	Bahan-Bahan Kimia (*Chemicals*)	ISIC Bagian (Divisi) 24.
1 A 2 d	Pulp, Kertas, dan Bahan Cetakan (*Pulp, Paper and Print*)	ISIC Bagian (Divisi) 21 dan 22.
1 A 2 e	Pengolahan Makanan, Minuman dan Tembakau (*Food Processing, Beverages and Tobacco*)	ISIC Bagian (Divisi) 15 dan 16.
1 A 2 f	Mineral Non Logam (*Non-Metallic Minerals*)	Termasuk produk-produk seperti kaca keramik, semen, dan lainnya. ISIC Bagian (Divisi) 26.
1 A 2 g	Peralatan Transportasi (*Transport Equipment*)	ISIC Bagian (Divisi) 34 dan 35. Contoh: Peralatan pertambangan dan transportasi produk tambang atau konstruksi, seperti conveyor (energi yang digunakan di PKP/ Pertanian, Konstruksi, dan Pertambangan)
1 A 2 h	Permesinan (*Machinery*)	Termasuk produk logam fabrikasi, mesin dan peralatan lain dari peralatan transportasi. ISIC Bagian (Divisi) 28, 29, 30, 31 and 32.
1 A 2 i	(Pertambangan Non Migas dan Bahan Galian (*Mining excluding fuels and Quarrying*)	ISIC Divisions 13 and 14. Termasuk pasir, batu kapur, clay, dll. Data PKP harus dipisahkan sendiri menjadi tiga kelompok yaitu: (a) Pertanian, (b) Konstruksi; (c) Pertambangan.
1 A 2 j	Kayu dan Produk Kayu (*Wood and Wood Products*)	ISIC Division 20.

Lampiran 1. Lanjutan

Kode	Kategori	Cakupan Kategori
(1)	(2)	(3)
1 A 2 k	Konstruksi (*Construction*)	ISIC Division 45. Data PKP harus dipisahkan sendiri menjadi tiga kelompok yaitu: (a) Pertanian, (b) Konstruksi; (c) Pertambangan
1 A 2 l	Industri Tekstil dan Kulit (*Textile and Leather*)	ISIC Divisions 17, 18 and 19. Data PKP harus dipisahkan sendiri menjadi tiga kelompok yaitu: (a) Pertanian, (b) Konstruksi; (c) Pertambangan
1 A 2 m	Industri yang tidak spesifik (*Non-specified Industry*)	Setiap industri manufaktur / konstruksi diluar yang tertulis di atas, atau data yang tidak tersedia. Termasuk ISIC Bagian (Divisi) 25, 33, 36 and 37.
1 A 3	Transportasi (*Transport*)	Emisi dari pembakaran dan penguapan bahan bakar untuk seluruh kegiatan transportasi (kecuali transportasi militer), tanpa memandang sektornya, dikelompokkan oleh sub kategori di bawah ini. Emisi dari bahan bakar yang dijual kepada setiap penerbangan dan pelayaran internasional (1 A 3 a i dan 1 A 3 d i) sebisa mungkin untuk dikecualikan dari total dan sub total dalam kategori ini dan harus dilaporkan secara terpisah.
1 A 3 a	Penerbangan Sipil (*Civil Aviation*)	Emisi dari penerbangan sipil domestik maupun internasional, termasuk *take-off* dan *landing*. Tidak termasuk penggunaan bahan bakar yang digunakan di darat, dilaporkan dalam 1A3e . Juga tidak termasuk penggunaan bahan bakar untuk pembangkit listrik di airport, dilaporkan dalam kategori penggunaan bahan bakar stasioner.
1 A 3 a i	Penerbangan Internasional (*International Aviation/ International Bunkers*)	Emisi dari penerbangan yang berangkat dari suatu negara dan tiba di negara lain. Termasuk take-offs dan landings. Emisi dari penerbangan militer internasional dapat dimasukkan sebagai sub kategori terpisah, asalkan data yang dibutuhkan tersedia.
1 A 3 a ii	Penerbangan Domestik (*Domestic Aviation*)	Emisi dari penerbangan domestik baik untuk antar penumpang maupun barang yang berangkat dan tiba di negara yang sama, termasuk take-off dan landings. Tidak termasuk penerbangan domestik militer, dilaporkan di 1A5 b.
1 A 3 b	Transportasi Darat (*Road Transportation*)	Emisi dari semua pembakaran dan penguapan pada penggunaan kendaraan di darat, termasuk penggunaan kendaraan pertanian di jalan umum.
1 A 3 b i	Kendaraan Bermotor (*Cars*)	Emisi dari kendaraan bermotor yang dirancang sebagai kendaraan angkut penumpang dengan kapasitas umumnya 12 orang atau kurang.
1 A 3 b i 1	Kendaraan angkutan penumpang dengan katalis (*Passenger Cars With 3-way Catalysts*)	Emisi dari kendaraan angkutan dilengkapi dengan katalis
1 A 3 b i 2	Kendaraan angkutan penumpang tanpa katalis (*Passenger Cars Without 3-way Catalysts*)	Emisi dari kendaraan angkutan tidak dilengkapi katalis
1 A 3 b ii	Truk Ringan (*Light-duty Trucks*)	Emisi dari kendaraan yang dirancang untuk pengangkutan barang kelas ringan.umumnya rentang beratnya kurang dari 3500-3900 kg.

Lampiran 1. Lanjutan

Kode	Kategori	Cakupan Kategori
(1)	(2)	(3)
1 A 3 b ii 1	Truk Ringan dengan Katalis (*Light-duty Trucks With 3-way Catalysts*)	Emisi dari truk ringan yang dilengkapi dengan katalis
1 A 3 b ii 2	Truk Ringan tidak dilengkapi dengan Katalis (*Light-duty Trucks Without 3-way Catalysts*)	Emisi dari truk ringan yang tidak dilengkapi dengan katalis
1 A 3 b iii	Truk Berat dan Bus (*Heavy-duty Trucks and Buses*)	Emisi dari truk berat dan bus sesuai dengan kategori di Indonesia.normalnya berat kotor di atas 4000 kg untuk Bus kapasitas angkutnya lebih dari 12 orang.
1 A 3 b iv	Sepeda motor (*Motorcycles*)	Emisi dari berbagai sepeda motor termasuk roda tiga dengan berat kurang dari 680 kg.
1 A 3 b v	Emisi karena evaporasi dari kendaraan (*Evaporative Emissions from Vehicles*)	Emisi karena evaporasi dari kendaraan (bocoran). Emisi dari pengisian bahan bakar pada kendaraan tidak termasuk.
1 A 3 b vi	Katalis berbasis urea (*Urea-based Catalysts*)	Emisi CO2 dari penggunaan aditif urea pada katalitik converter
1 A 3 c	Kereta api (Railways)	Emisi dari kereta api untuk penumpang maupun angkutan barang.
1 A 3 d	Angkutan air (*Water-borne Navigation*)	Emisi dari penggunaan bahan bakar untuk menggerakkan kapal/perahu, *hovercraft* dan *hydrofoils*, tidak termasuk kapal nelayan. Pembagian antara domestik dan internasional didasarkan pada pelabuhan keberangkatan dan kedatangan, bukan berdasarkan kepemilkan kapal.
1 A 3 d i	Pelayaran internasional (*International Water-borne Navigation/ International Bunkers*)	Emisi dari penggunaan bahan bakar yang digunakan oleh segala jenis kapal dalam pelayaran internasional. Tidak termasuk konsumsi bahan bakar untuk nelayan (termasuk dalam katagori nelayan)
1 A 3 d ii	Pelayaran Domestik (*Domestic Water-borne Navigation*)	Emisi dari penggunaan bahan bakar yang digunakan oleh segala jenis kapal dalam pelayaran domestik (tidak termasuk nelayan, dilaporkan pada 1A4ciii, dan militer dilaporkan pada 1A5b).
1 A 3 e	Transportasi lainnya (*Other Transportation*)	Emisi dari pembakaran pada aktivitas transportasi lainnya, seperti transportasi menggunakan pipa, kegiatan darat di bandara dan pelabuhan, dan kegiatan transportasi yang sudah dilaporkan di sektor lainnya (pertanian, manufaktur, dan konstruksi). Tranportasi untuk kegiatan terkait militer seyogyanya dilaporkan di kategori 1 A 5.
1 A 3 e i	Transportasi menggunakan jalur (*Pipeline Transport*)	Emisi dari pembakaran pada kegiatan stasiun pompa dan kompresor dan perawatan pipa. Transpotasi menggunakan pipa termasuk transportasi gas, cairan, slurry, dan komoditas lainnya. Distribusi gas atau air dari distributor ke pengguna akhir tidak termasuk dalam kategori ini (dilaporkan dalam 1A1Cii atau 1A4 a).
1 A 3 e ii	Off-road	Emisi dari pembakaran dari transportasi lainnya tidak termasuk transportasi menggunakan pipa.
1 A 4	Sektor lainnya (*Other Sectors*)	Emisi dari aktivitas pembakaran bahan bakar berikut ini termasuk pembakaran untuk pembagkitan listrik dan panas untuk penggunaan sendiri.

Lampiran 1. Lanjutan

Kode	Kategori	Cakupan Kategori
(1)	(2)	(3)
1 A 4 a	Komersial dan perkantoran (*Commercial/ Institutional*)	Emisi dari pembakaran bahan bakar pada gedung-gedung komersial dan perkantoran; semua aktivitas yang termasuk dalam kategori ISIC Divisions 41,50, 51, 52, 55, 63-67, 70-75, 80, 85, 90-93 dan 99.
1 A 4 b	Perumahan (*Residential*)	Seluruh emisi berasal dari pembakaran bahan bakar di kegiatan rumah tangga
1 A 4 c	Pertanian/ Kehutanan/ Nelayan/ Perikanan (*Agriculture/ Forestry/ Fishing/ Fish Farms*)	Emisi dari pembakaran di sektor pertanian, kehutanan, nelayan, industri perikanan; semua aktivitas yang termasuk ISIC Divisions 01, 02 dan 05. Tidak termasuk angkutan keperluan pertanian di jalan raya.
1 A 4 c i	Peralatan stasioner (*Stationary*)	Emisi dari pembakaran bahan bakar pada pompa-pompa, pengeringan, rumah kaca, pada sektor pertanian dan kehutanan atau industri perikanan.
1 A 4 c ii	Kendaraan off road dan Permesinan lainnya (*Off-road Vehicles and Other Machinery*)	Emisi dari pembakaran pada kendaraan yang digunakan di sektor pertanian dan kehutanan.
1 A 4 c iii	Nelayan (*Fishing/ mobile combustion*)	Emisi dari pembakaran bahan bakar untuk kegiatan nelayan baik di perairan darat, pantai, maupun tengah laut. Kegiatan nelayan termasuk semua jenis kapal yang mengisi bahan bakar di indonesia, tidak tergantung kepada pemilikan kapal.
1 A 5	Lain lain (*Non-Specified*)	Semua jenis emisi dari pembakaran bahan bakar yang belum tercakup pada sektor di atas.
1 A 5 a	Peralatan stasioner (*Stationary*)	Emisi dari pembakaran bahan bakar di peralatan stasioner pada sektor2 diatas.
1 A 5 b	Peralatan bergerak (*Mobile*)	Emisi dari kendaraan atau mesin mesin lainnya yang tidak tercakup di sektor-sektor diatas.
1 A 5 b i	Penerbangan (*Mobile/ Aviation Component*)	Semua emisi dari kegiatan penerbangan yang belum tercakup dalam kategori diatas.
1 A 5 b ii	Pelayaran (*Mobile/ Water-borne Component*)	Semua emisi dari kegiatan pelayaran yang belum tercakup dalam kategori diatas.
1 A 5 b iii	Peralatan bergerak lainnya (*Mobile/ Other*)	Semua emisi dari peralatan bergerak lainnya yang tidak tercakup dalam kategori diatas.
1 A 5 c	Operasi Multilateral *(Multilateral Operations*)	Emisi dari bahan bakar dijual ke setiap pesawat udara atau kapal laut yang tercakup dalam operasi multilateral sesuai dengan Piagam Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) harus dikecualikan dari total dan subtotal dari transportasi kegiatan terkait militer, dan dilaporkan secara terpisah.
1 B	Emisi Fugitive (*Fugitive Emissions from Fuels*)	Mencakup emisi yang sengaja maupun tidak disengaja dari ekstraksi, pemrosesan, penyimpanan, dan penyaluran bahan bakar ke titik penggunaan akhir (misalnya SPBU).
1 B 1	Bahan bakar padat (*Solid Fuels*)	Mencakup semua emisi yang sengaja maupun tidak disengaja dari ekstraksi, pemrosesan, penyimpanan, dan penyaluran bahan bakar ke titik penggunaan akhir.
1 B 1 a	Penambangan dan penanganan batubara (*Coal Mining and Handling*)	Mencakup semua emisi dari penambangan dan penanganan batubara.
1 B 1 a i	Penambangan bawah tanah (*Underground Mines*)	Semua emisi dari kegiatan penambangan pasca tambang, reklamasi,dan flaring metan.
1 B 1 a i 1	Penambangan (*Mining*)	Mencakup semua gas yang dilepas ke atmosfer dari ventilasi degasifikasi tambang batubara.

Lampiran 1. Lanjutan

Kode	Kategori	Cakupan Kategori
(1)	(2)	(3)
1 B 1 a i 2	Emisi dari pasca tambang (*Post-mining Seam Gas Emissions*)	Mecakup emisi metan dan CO2 yang dilepas setelah pbatubara ditambang, diproses, disimpan, dan ditransportasikan.
1 B 1 a i 3	Penutupan tambang bawah tanah (*Abandoned Underground Mines*)	Mencakup emisi metan dari penutupan tambang bawah tanah.
1 B 1 a i 4	Pembakaran gas metan yang dibuang atau konversi metan menjadi CO2 (*Flaring of Drained Methane or Conversion of Methane to CO2*)	Metan yang dibuang dan dibakar, atau gas ventilasi yang dikonversi menjadi CO2 melalui proses oksidasi dimasukkan dalam katagori ini.
1 B 1 a ii	Tambang terbuka (*Surface Mines*)	Meliputi semua emisi gas metan yang ditimbulkan dari penambangan batubara terbuka
1 B 1 a ii 1	Kegiatan Pertambangan (*Mining*)	Termasuk metan dan CO2 yang diemisikan selama kegiatan pengerukan batubara dan lapisan ikutan dan lepasan dari gas ikutan dari dasar tambang dan dinding tambang.
1 B 1 a ii 2	Emisi Gas Lapisan Paska penambangan (*Post-mining Seam Gas Emissions*)	Mencakup metan dan CO2 yang diemisikan setelah batubara ditambang, pengolahan berikutnya, disimpan dan ditrasportasikan
1 B 1 b	Pembakaran yang tidak terkendali, dan timbunan batubara yang terbakar (*Uncontrolled Combustion, and Burning Coal Dumps*)	Termasuk emisi fugitif dari CO2 yang berasal dari pembakaran batubara yang tak terkontrol
1 B 1 c	Transformasi (konversi) bahan bakar padat (*Solid Fuel Transformation*)	Emisi fugitive yang berasal dari proses manufaktur dan produk-produk sekunder dan tersier bahan bakar padat
1 B 2	Minyak bumi dan gas alam (*Oil and Natural Gas*)	Terdiri atas emisi fugitive yang berasal dari semua kegiatan minyak bumi dan gas alam. Sumber utama dari emisi ini mencakup fugitive bocoran peralatan, kehilangan karena penguapan,venting (pelepasan) secara natural, pembakaran, dan pelepasan karena kecelakaan.
1 B 2 a	Minyak bumi (*Oil*)	Terdiri atas emisi dari venting, pembakaran dan sumber fugitve lainnya terkait dengan produksi, transmisi, peningkatan kualitas, pengilangan minyak bumi, dan distribusi produk minyak mentah.
1 B 2 a i	Pelepasan (*Venting*)	Emisi dari pelepasan gas ikutan dan aliran limbah gas/uap pada fasilitas produksi minyak bumi
1 B 2 a ii	Pembakaran (*Flaring*)	Emisi dari pembakaran gas alam dan aliran gas/uap pada fasilitas produksi minyak bumi.
1 B 2 a iii	Lainnya (*All Other*)	Emisi fugitive lainnya pada fasilitas produksi minyak bumi dan gas alam.
1 B 2 a iii I	Eksplorasi (*Exploration*)	Emisi fugitive (diluar venting dan flaring) yang berasal dari pengoboran sumur minyak, pengujian sumur pengeboran, well completion.
1 B 2 a iii 2	Produksi dan peningkatan produksi (*Production and Upgrading*)	Emisi fugitive dari kegiatan produksi (diluar venting dan flaring yang terjadi pada kepala sumur atau pasir, atau serpih tambang minyak (*shale oil*) untuk memulai sistem transmisi minyak bumi.

Lampiran 1. Lanjutan

Kode	Kategori	Cakupan Kategori
(1)	(2)	(3)
1 B 2 a iii 3	Trasnportasi (*Transport*)	Emisi fugitif, kecuali venting dan flaring, terkait dengan transportasi minyak mentah yang dapat dijual (termasuk minyak mentah konvensional, minyak berat dan sintetis, dan bitumen) menuju upgraders dan pengilangan. Sistem transportasi bisa terdiri atas jaringan pipa, kapal tanki, truk tanki, dan kereta api. Pelepasan karena penguapan yang berasal dari kegiatan penyimpanan, pengisian, dan pengeluaran dan bocoran peralatan merupakan sumber utama emisi dari kategori ini.
1 B 2 a iii 4	Pengilangan (*Refining*)	Emisi fugitif (diluar venting dan flaring) pada pengilangan minyak. Kilang mengolah minyak mentah, gas alam cair, dan minyak mentah sintetis untuk menghasilkan produk akhir kilang (misalnya bahan bakar primer, dan pelumas). Jika pengilangan diintegrasikan dengan fasilitas lainnya maka kontribusi emisinya akan sulit ditetapkan.
1 B 2 a iii 5	Distibusi produk-produk minyak bumi (*Distribution of Oil Products*)	Emisi fugitif (diluar venting dan flaring) yang berasal dari transportasi dan distribusi produk kilang termasuk yang ada difasilitas terminal timbun dan pengecer. Pelepasan evaporasi karena penguapan dari kegiatan penyimpanan, pengisisan, dan pembongkaran, dan fugitif dari bocoran peralatan merupakan sumber utama emisi kategori ini.
1 B 2 a iii 6	Lainnya (*Other*)	Emisi fugitif dari sistem minyak bumi (diluar venting dan flaring) yang tidak diperhitungkan pada katagori diatas. Emisi ini mencakup emisi fugitif dari tumpahan atau pelepasan karena kecelakaan lainnya, fasilitas pengolahan limbah minyak dan fasilitas pembuangan limbah dari sumur minyak.
1 B 2 b	Gas alam (*Natural Gas*)	Terdiri atas emisi yang berasal dari venting, flaring, dan semua sumber fugitif lainnya yang terkait dengan eksplorasi, produksi, pengolahan, transmisi, penyimpanan, dan distribusi gas alam (termasuk gas ikutan dan gas bukan ikutan).
1 B 2 b i	Pelepasan (*Venting*)	Emisi dari kegiatan venting aliran gas alam dan limbah gas/uap pada fasilitas gas alam.
1 B 2 b ii	Pembakaran (*Flaring*)	Emisi dari kegiatan flaring aliran gas alam dan limbah gas/uap pada fasilitas gas alam.
1 B 2 b iii	Lainnya (*All Other*)	Emisi fugitif pada fasiltas gas alam yang berasal dari bocoran peralatan, pelepasan pada penyimpanan, pecahnya pipa, ledakan sumur, migrasi gas ke permukaan sekitar bagian luar di permukaan atas sumur (*surface casing vent bows*) dan pelepasan gas atau uap lainnya yang tidak secara spesifik dihitung sebagai *venting* dan *flaring*.
1 B 2 b iii 1	Eksplorasi (*Exploration*)	Emisi fugitif (tidak termasuk *venting* dan *flaring*) dari kegiatan pengeboran sumur gas, ujicoba sumur, dan lain sejenis.
1 B 2 b iii 2	Produksi (*Production*)	Emisi fugitive (termasuk *venting* dan *flaring*) dari sumur gas ke pintu masuk (*inlet*) dari pabrik pengolahan gas, atau dalam kondisi pemrosesan tidak diperlukan menuju titik sistem transmisi gas. Ini termasuk emisi fugitive terkait dengan pengumpulan gas, pengolahan dan terkait air limbah dan kegiatan pembuangan gas asam (*acid gas*).
1 B 2 b iii 3	Pemrosesan/pengolahan (*Processing*)	Emisi Fugitive (diluar *venting* dan *flaring*) dari fasilitas proses gas.

Lampiran 1. Lanjutan

Kode	Kategori	Cakupan Kategori
(1)	(2)	(3)
1 B 2 b iii 4	Transmisi dan Penyimpanan (*Transmission and Storage*)	Emisi fugitive dari sistem yang digunakan untuk transportasi gas alam diproses ke pasar, misalnya untuk konsumen industri dan sistem distribusi gas alam. Emisi fugitive dari sistem penyimpanan gas alam juga harus dimasukkan dalam kategori ini. Emisi dari pabrik yang mengekstraksi gas alam cair pada sistem transmisi gas harus dilaporkan sebagai bagian dari pengolahan gas alam (1.B.2.b.iii.3). Emisi fugitive terkait dengan transmisi gas alam cair dilaporkan di Kategori 1.B.2.a.iii.3.
1 B 2 b iii 5	Distribusi (*Distribution*)	Emisi Fugitive (diluar *venting* dan *flaring*) dari distribusi gas alam ke pengguna akhir.
1 B 2 b iii 6	Lainnya (*Other*)	Emisi fugitive dari sistem gas alam (termasuk *venting* dan *flaring*) yang perhitungannya tidak dinyatakan dalam kategori di atas.
1 B 3	Other Emissions from Energy Production	Emisi fugitive lain, misalnya dari produksi energi geo thermal, *peat* dan produksi energi lain yang tidak termasuk dalam 1.B.2.
1 C	Transportasi dan Penyimpanan Karbondioksida (*Carbon Dioxide Transport and Storage*)	Penangkapan dan penyimpanan karbondioksida (CO2) atau CCS mencakup penangkapan CO2 dari sumber-sumber anthropogenik (aktivitas manusia), transportasiya menuju suatu lokasi penyimpanan dan pengisolasiannya jangka panjang dari atmosfer. Emisi-emisi yang terkait dengan transportasi, injeksi, dan penyimpanan CO2 tercakup ke dalam kategori 1 C. Emisi (dan reduksi) yang terkait dengan penangkapan CO2 harus dilaporkan dalam Sektor IPCC dimana penangkapan tersebut terjadi, misalnya kegiatan pembakaran bahan bakar atau kegiatan industri. Aplikasi carbon capture and storage (CCS) sampai dengan tahun 2012 belum ada di Indonesia.
1 C 1	Tranpsortasi CO2 (*Transport of CO2*)	Terdiri atas emisi fugitif yang berasal dari sistem yang biasanya untuk mentransportasikan CO2 yang ditangkap dari sumbernya ke lokasi injeksi. Emisi ini terdiri atas pelepasan akibat fugitif dari bocoran peralatan, venting, dan pelepasan akibat retakan pipa atau pelepasan akibat kecelakaan lainnya (seperti penyimpanan sementara).
1 C 1 a	Jaringan pipa (*Pipelines*)	Emisi fugitif yang berasal sistem jaringan pipa yang digunakan untuk transportasi CO2 ke lokasi injeksi
1 C 1 b	Kapal (*Ships*)	Emisi fugitif dari kapal yang biasa untuk mentransportasikan CO2 ke lokasi injeksi
1 C 1 c	Lainnya (*Other please specify*)	Emisi fugitif dari sistem alinnya yang biasa untuk mentransportasikan CO2 ke lokasi injeksi dan penyimpanan sementara
1 C 2	Injeksi dan Penyimpanan (*Injection and Storage*)	Emisi fugitif yang berasal dari kegiatan dan peralatan di lokasi injeksi dan emisi yang berasal dari tempat penyimpanan akhir sekali CO2 ditempatkan dalam ruang penyimpanan
1 C 2 a	Injeksi (*Injection*)	Emisi fugitif yang berasal dari kegiatan dan peralatan di lokasi injeksi
1 C 2 b	Penyimpanan (*Storage*)	Emisi fugitif yang berasal dari tempat penyimpanan akhir sekali Co2 ditempatkan dalam ruang penyimpanan
1 C 3	Lainnya (*Other*)	Setiap emisi lainnya yang berasal dari CCS yang tidak dilaporkan di mananpun

LAMPIRAN 2.

Tabel Pelaporan (*Common Reporting Format*)

Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi

Lampiran 2.1 Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi

Categories		CO_2	CH_4	N_2O	NO_x	CO	NMVOCs	SO_2
		(Gg)						
1 ENERGY								
1A	**Fuel Combustion Activities**							
1A1	**Energy Industries**							
1A1a	Main Activity Electricity and Heat Production							
1A1ai	Electricity Generation							
1A1aii	Combined Heat and Power Generation (CHP)							
1A1aiii	Heat Plants							
1A1b	Petroleum Refining							
1A1c	Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries							
1A1ci	Manufacture of Solid Fuels							
1A1cii	Other Energy Industries							
1A2	**Manufacturing Industries and Construction**							
1A2a	Iron and Steel							
1A2b	Non-Ferrous Metals							
1A2c	Chemicals							
1A2d	Pulp, Paper and Print							
1A2e	Food Processing, Beverages and Tobacco							
1A2f	Non-Metallic Minerals							
1A2g	Transport Equipment							
1A2h	Machinery							
1A2i	Mining (excluding fuels) and Quarrying							
1A2j	Wood and Wood Products							
1A2k	Construction							
1A2l	Textile and Leather							
1A2m	Non-specified Industry							
1A3	**Transport**							
1A3a	Civil Aviation							
1A3ai	International Aviation (International Bunkers) [1]							
1A3aii	Domestic Aviation							
1A3b	Road Transportation							
1A3bi	Cars							
1A3bi	Passenger Cars with 3-way Catalysts							
1A3bi2	Passenger Cars without 3-way Catalysts							
1A3bii	Light-duty Trucks							
1A3bii1	Light-duty Trucks with 3-way Catalysts							
1A3bii2	Light-duty Trucks without 3-way Catalysts							
1A3biii	Heavy-duty Trucks and Buses							
1A3biv	Motorcycles							
1A3bv	Evaporative Emissions from Vehicles							
1A3bvi	Urea-based Catalysts							
1A3c	Railways							
1A3d	Water-borne Navigation							
1A3di	International Water-borne Navigation (International Bunkers) [1]							
1A3dii	Domestic Water-borne Navigation							
1A3e	Other Transportation							
1A3ei	Pipeline Transport							
1A3eii	Off-road							
1A4	**Other Sectors**							
1A4a	Commercial/Institutional							
1A4b	Residential							

Lampiran 2.1 Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi

Categories		CO_2	CH_4	N_2O	NO_x	CO	NMVOCs	SO_2
		(Gg)						
1A4 c	Agriculture/Forestry/Fishing/Fish Farms							
1A4 ci	Stationary							
1A4 cii	Off-road Vehicles and Other Machinery							
1A4 ciii	Fishing (mobile combustion)							
1A5	**Non-Specified**							
1A5 a	Stationary							
1A5 b	Mobile							
1A5 bi	Mobile (aviation component)							
1A5 bii	Mobile (water-borne component)							
1A5 biii	Mobile (other)							
1A5 c	Multilateral Operations [1] [2]							
1B	**Fugitive Emissions from Fuels**							
1B1	**Solid Fuel**							
1B1 a	Coal Mining and Handling							
1B1 ai	Underground Mines							
1B1 ai1	Mining							
1B1 ai2	Post-mining Seam Gas Emissions							
1B1 ai3	Abandoned Underground Mines							
1B1 ai4	Flaring of Drained Methane or Conversion of Methane to CO_2							
1B1 aii	Surface Mines							
1B1 aii1	Mining							
1B1 aii2	Post-mining Seam Gas Emissions							
1B1 b	Uncontrolled Combustion, and Burning Coal Dumps							
1B1 c	Solid Fuel Transformation							
1B2	**Oil and Natural Gas**							
1B2 a	Oil							
1B2 ai	Venting							
1B2 aii	Flaring							
1B2 aiii	All Other							
1B2 aiii1	Exploration							
1B2 aiii2	Production and Upgrading							
1B2 aiii3	Transport							
1B2 aiii4	Refining							
1B2 aiii5	Distribution of Oil Products							
1B2 aiii6	Others							
1B2 b	Natural Gas							
1B2 bi	Venting							
1B2 bii	Flaring							
1B2 biii	All Other							
1B2 biii1	Exploration							
1B2 biii2	Production							
1B2 biii3	Processing							
1B2 biii4	Transmission and Storage							
1B2 biii5	Distribution							
1B2 biii6	Others							
1B3	**Other Emissions from Energy Production**							
1C	**Carbon Dioxide Transport and Storage**							
1C1	**Transport of CO_2**							
1C1 a	Pipelines							
1C1 b	Ships							
1C1 c	Other (Please specify)							
1C2	**Injection and Storage**							
1C2 a	Injection							
1C2 b	Storage							

Lampiran 2.1 Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi

Categories	CO_2	CH_4	N_2O	NO_x	CO	NMVOCs	SO_2
	(Gg)						
Memo items [2]							
International Bunkers							
International Aviation (International Bunkers)							
International Water-borne Transport (International Bunkers)							
Multilateral Operations							
Information items							
CO_2 from Biomass Combustion for Energy Production							

Lampiran 2.2 Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi: Kategori 1A1-1A2

Categories	Activity (TJ)						Emissions (Gg)																				Information item[2] (Gg)	
							Solid			Liquid			Gas			Other fossil fuel			Peat[1]			Biomass		Total			CO_2 amount captured[3]	Biomass
	Solid	Liquid	Gas	Other fossil fuel	Peat	Bio-mass	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CO_2 emitted
1A Fuel Combustion Activities																												
1A1 Energy Industries																												
1A1a Main Activity Electricity and Heat Production																												
1A1ai Electricity Generation																												
1A1aii Combined Heat and Power Generation (CHP)																												
1A1aiii Heat Plants																												
1A1b Petroleum Refining																												
1A1c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries																												
1A1ci Manufacture of Solid Fuels																												
1A1cii Other Energy Industries																												
1A2 Manufacturing Industries and Construction																												
1A2a Iron and Steel																												
1A2b Non-Ferrous Metals																												
1A2c Chemicals																												
1A2d Pulp, Paper and Print																												
1A2e Food Processing, Beverages and Tobacco																												
1A2f Non-Metallic Minerals																												
1A2g Transport Equipment																												

Lampiran 2.2 Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi: Kategori 1A1-1A2

Categories	Activity (TJ)						Emissions (Gg)																					Information item[2] (Gg)	
							Solid			Liquid			Gas			Other fossil fuel			Peat[1]			Biomass		Total			CO_2 Amount captured[3]	Biomass
	Solid	Liquid	Gas	Other fossil fuel	Peat	Bio-mass	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CO_2 emitted
1A2h Machinery																													
1A2i Mining and Quarrying																													
1A2j Wood and Wood Products																													
1A2k Construction																													
1A2l Textile and Leather																													
1A2m Non-specified Industry																													

Lampiran 2.2 Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi: Kategori 1A3-1A5

Category		Activity (TJ)						Emissions (Gg)																		Total emissions (Gg)		
								Solid			Liquid			Gas			Other fossil fuel			Peat[1]			Biomass					
		Solid	Liquid	Gas	Other fossil fuel	Peat	Bio-mass	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O
1A3 Transport																												
1A3a	Civil Aviation																											
1A3ai	International Aviation (International Bunkers)[2]																											
1A3aii	Domestic Aviation																											
1A3b	Road Transportation																											
1A3bi	Cars																											
1A3bi1	Passenger Cars with 3-way catalysts																											
1A3bi2	Passenger Cars without 3-way Catalysts																											
1A3bii	Light-duty Trucks																											
1A3bii1	Light-duty Trucks with 3-way Catalysts																											
1A3bii2	Light-duty Trucks without 3-way Catalysts																											
1A3biii	Heavy-duty Trucks and Buses																											
1A3biv	Motorcycles																											
1A3bv	Evaporative Emissions from Vehicles																											
1A3bvi	Urea based Catalyst[3]																											
1A3c	Railways																											
1A3d	Water-borne Navigation																											
1A3di	International Water-borne Navigation (International Bunkers)[2]																											
1A3dii	Domestic Water-borne Transport																											
1A3e	Other Transportation																											
1A3ei	Pipeline Transport																											
1A3eii	Off-road																											
1A4 Other Sectors																												
1A4a	Commercial/Institutional																											
1A4b	Residential																											
14Ac	Agriculture/Forestry/Fishing/Fish Farms																											
1A4ci	Stationary																											
1A4cii	Off-road Vehicles and Other Machinery																											
1A4ciii	Fishing (mobile combustion)																											

Lampiran 2.2 Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi: Kategori 1A3-1A5

Category	Activity (TJ)						Emissions (Gg)																	Total emissions (Gg)		
							Solid			Liquid			Gas			Other fossil fuel			Peat[1]			Biomass				
	Solid	Liquid	Gas	Other fossil fuel	Peat	Bio-mass	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O	CH_4	N_2O	CO_2	CH_4	N_2O
1A5 Non-Specified																										
1A5a Stationary																										
1A5b Mobile																										
1A5bi Mobile (aviation component)																										
1A5bii Mobile (water-borne component)																										
1A5biii Mobile (other)																										
1A5c Multilateral Operation																										
Memo items [4]																										
International Bunkers																										
International Aviation (International Bunkers)																										
International Water-borne Transport (International Bunkers)																										
Multilateral Operations [5]																										

Lampiran 2.2 Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi: Kategori 1B

Category		Activity Data			Emissions (Gg)			Information Item: Amount captured [2] (Gg)
		Description	Unit [1]	Value	CO_2	CH_4	N_2O	CO_2
1B Fugitive Emissions from Fuels								
1B1 Solid Fuel								
1B1a	Coal Mining and Handling							
1B1ai	Underground Mines	coal produced	ktonnes					
1B1ai1	Mining	coal produced	ktonnes					
1B1ai2	Post mining Seam Gas Emissions	coal produced	ktonnes					
1B1ai3	Abandoned Underground Mines	number of mines	number					
1B1ai4	Flaring of Drained Methane or Conversion of CH_4 to CO_2	gas flared	10^6 Sm^3					
1B1aii	Surface Mines							
1B1aii1	Mining	coal produced	ktonnes					
1B1aii2	Post-mining Seam Gas Emissions	coal produced	ktonnes					
1B1b	Uncontrolled Combustion, and Burning Coal Dumps	solid fuel combusted	ktonnes					
1B1c	Solid fuel Transformation	solid fuel transformed	ktonnes					
1B2 Oil and Natural Gas								
1B2a	Oil							
1B2ai	Venting	total gas vented from oil production	10^6 Sm^3					
1B2aii	Flaring	gas flared from oil production	10^6 Sm^3					
1B2aiii	All other							
1B2aiii1	Exploration	wells drilled	number					
1B2aiii2	Production and Upgrading	oil produced	10^3 m^3					
1B2aiii3	Transport	crude oil transported	10^3 m^3					
1B2aiii4	Refining	refinery crude oil throughput	10^3 m^3					
1B2aiii5	Distribution of Oil Products	amount distributed	10^3 m^3					
1B2biii6	Others							
1B2b	Natural Gas							
1B2bi	Venting	Total gas vented from natural gas production	10^6 Sm^3					
1B2bii	Flaring	gas flared from natural gas production	10^6 Sm^3					
1B2biii	All Other							
1B2biii1	Exploration	number wells drilled	number					
1B2biii2	Production	Gas produced	10^6 Sm^3					
1B2biii3	Processing	Amount of gas processed at facilities	10^6 Sm^3					
1B2biii4	Transmission and Storage	Amount transported and stored	10^6 Sm^3					
1B2biii5	Distribution	Amount of gas distributed	10^3 m^3					
1B2biii6	Others							
1B3 Other Emissions from Energy Production								

Lampiran 2.2 Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi: Kategori 1C

Category	Activity (Gg)		Annual mass of fugitive CO_2 emissions to the atmosphere or sea bed (Gg) [2]
	Annual mass of CO_2 transported	Annual mass of CO_2 injected [1]	
1C1 Transport of CO_2			
1C1a Pipelines			
1C1b Ships			
1C1c Other (please specify)			
1C2 Injection and Storage [3]			
1C2a Injection			
1C2b Storage			
1C3 Other			

Lampiran 2.2 Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi: Kategori 1A1-1A2

Category [1]	CO_2 (Gg)
Total amount captured for storage (A)	
Total amount of import for storage (B)	
Total amount of export for storage (C)	
Total amount of CO_2 injected at storage sites (D)	
Total amount of leakage during transport (E1) category 1C1	
Total amount of leakage during injection (E2) category 1C2a	
Total amount of leakage from storage sites (E3) category 1C2b	
Total leakage (E4 = E1 + E2 + E3))	
Capture + imports (F = A + B)	
Injection + leakage + exports (G = D + E4 + C)	
Discrepancy (F – G)	

Lampiran 2.2 Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi: *Reference Approach*

Fuel Types			Production	Import	Export	Inter-national bunkers	Stock change	Apparent consum-ption	Conversion factor	Apparent consum-ption	Carbon emission factor	Carbon content	Carbon content	Excluded carbon	Net carbon emission	Fraction of carbon oxidised	Actual carbon emission	CO_2 emission
			(Unit)	(Unit)	(Unit)	(Unit)	(Unit)	(Unit)	(TJ/Unit)	(TJ)	(tC/TJ)	(t C)	(Gg C)	(Gg C)	(Gg C)		(Gg C)	(Gg CO_2)
Liquid Fossil	Primary Fuels	Crude Oil																
		Orimulsion																
		Natural Gas Liquids																
	Secondary Fuels	Gasoline																
		Jet Kerosene																
		Other Kerosene																
		Shale Oil																
		Gas / Diesel Oil																
		Residual Fuel Oil																
		LPG																
		Ethane																
		Naphtha																
		Bitumen																
		Lubricants																
		Petroleum Coke																
		Refinery Feedstocks																
		Other Oil																
Liquid Fossil Totals																		
Solid Fossil	Primary Fuels	Anthracite[1]																
		Coking Coal																
		Other Bit. Coal																
		Sub-bit. Coal																
		Lignite																
		Oil Shale and Tar Sands																
	Secondary Fuels	BKB & Patent Fuel																
		Coke Oven/Gas Coke																
		Coal Tar																
Solid Fossil Totals																		
Gaseous Fossil	Natural Gas (Dry)																	
Other Fossil Fuels																		
Peat[2]																		
Total																		

LAMPIRAN 3.

Lembar Kerja (Worksheet) Penghitungan Emisi GRK Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi

Lampiran 3.1 Lembar Kerja (*worksheet*) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1A – *Fuel combustion activities*

Sector	**Energy**								
Category	**Fuel combustion activities**								
Category Code	**1A** [(a)]								
Sheet	**1 of 4 (CO_2, CH_4 and N_2O from fuel combustion by source categories – Tier 1)**								
	Energy consumption			**CO_2**		**CH_4**		**N_2O**	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Consumption	Conversion Factor[(b)]	Consumption	CO_2 Emission Factor	CO_2 Emissions	CH_4 Emission Factor	CH_4 Emissions	N_2O Emission Factor	N_2OEmissions
	(Mass, Volume or Energy unit)	(TJ/unit)	(TJ)	(kg CO_2/TJ)	(Gg CO_2)	(kg CH_4/TJ)	(Gg CH_4)	(kg N_2O /TJ)	(Gg N_2O)
			C=A*B		**E=C*D/10^6**		**G=C*F/10^6**		**I=C*H/10^6**
Liquid fuels									
Crude Oil									
Orimulsion									
Natural Gas Liquids									
Motor Gasoline									
Aviation Gasoline									
Jet Gasoline									
Jet Kerosene									
Other Kerosene									
Shale Oil									
Gas / Diesel Oil									
Residual Fuel Oil									
LPG									
Ethane									
Naphtha									

[a] Fill out a copy of this worksheet for each source category listed in Table 2.16 of the Stationary Combustion Chapter and insert the source category name next to the worksheet number.

[b] When the consumption is expressed in mass or volume units, the conversion factor is the net calorific value of the fuel.

Lampiran 3.1 Lembar Kerja (*worksheet*) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1A – *Fuel combustion activities*

Sector	**Energy**								
Category	**Fuel Combustion Activities**								
Category Code	**1A [(a)]**								
Sheet	**2 of 4 (CO_2, CH_4 and N_2O from fuel combustion by source categories – Tier 1)**								
	Energy consumption			**CO_2**		**CH_4**		**N_2O**	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Consumption	Conversion Factor	Consumption	CO_2	CO_2	CH_4	CH_4	N_2O Emission Factor	N_2O
	(Mass, Volume or Energy unit)	(TJ/unit)	(TJ)	Emission Factor	Emissions	Emission Factor	Emissions	(kg N_2O /TJ)	Emissions
				(kg CO_2/TJ)	(Gg CO_2)	(kg CH_4/TJ)	(Gg CH_4)		(Gg N_2O)
			C=A*B		**E=C*D/10^6**		**G=C*F/10^6**		**I=C*H/10^6**
Lubricants									
Petroleum Coke									
Refinery Feedstocks									
Refinery Gas									
Paraffin Waxes									
Other Petroleum Products									
Solid fuels									
Anthracite									
Coking Coal									
Other Bituminous Coal									
Sub-bituminous coal									
Lignite									
Oil Shale and Tar Sands									
Brown Coal Briquettes									

[a] Fill out a copy of this worksheet for each source category listed in Table 2.16 of the Stationary Combustion chapter and insert the source category name next to the worksheet number.

Lampiran 3.1 Lembar Kerja (*worksheet*) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1A – *Fuel combustion activities*

Sector	**Energy**								
Category	**combustion**								
Category Code	**1A** [(a)]								
Sheet	**CH_4 and N_2O**								
	consumption			**CO_2**		**CH_4**		**N_2O**	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Consumption	Conversion Factor	Consumption	CO_2 Emission Factor	CO_2 Emissions	CH_4 Emission Factor	CH_4 Emissions	N_2O Emission Factor	N_2O
	(Mass, Volume or Energy unit)	(TJ/unit)	(TJ)	(kg CO_2/TJ)	(Gg CO_2)	(kg CH_4/TJ)	(Gg CH_4)	(kg N_2O /TJ)	Emissions
									(Gg N_2O)
			C=A*B		**E=C*D/10^6**		**G=C*F/10^6**		**I=C*H/10^6**
Patent Fuel									
Coke Oven Coke / Lignite Coke									
Gas Coke									
Coal Tar									
Gas Work Gas									
Coke Oven Gas									
Blast Furnace Gas									
Oxygen Steel Furnace Gas									
Natural gas									
Natural Gas (Dry)									
Other fossil fuels									
Municipal wastes (non-biomass fraction)									
Industrial Wastes									
Waste Oils									
Peat									
Peat									
Total									

[a] Fill out a copy of this worksheet for each source category listed in Table 2.16 of the Stationary combustion chapter and insert the source category name next to the worksheet number.

Lampiran 3.1 Lembar Kerja (*worksheet*) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1A – *Fuel combustion activities*

Sector	**Energy**								
Category	**Fuel combustion activities**								
Category Code	**1A** [(a)]								
Sheet	**4 of 4 (CO_2, CH_4 and N_2O from fuel combustion by source categories – Tier 1)**								
	Energy consumption			**CO_2**		**CH_4**		**N_2O**	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Consumption	Conversion Factor	Consumption	CO_2 Emission Factor	CO_2 Emissions	CH_4 Emission Factor	CH_4 Emissions	N_2O Emission Factor	N_2O Emissions
	(Mass, Volume or Energy unit)	(TJ/unit)	(TJ)	(kg CO_2/TJ)	(Gg CO_2)	(kg CH_4/TJ)	(Gg CH_4)	(kg N_2O /TJ)	(Gg N_2O)
			C=A*B		**E=C*D/10^6**		**G=C*F/10^6**		**I=C*H/10^6**
Biomass				**Information Items**[b]					
Wood / Wood Waste									
Sulphite Lyes									
Other Primary Solid Biomass									
Charcoal									
Biogasoline									
Biodiesels									
Other Liquid Biofuels									
Landfill Gas									
Sludge Gas									
Other Biogas									
Municipal wastes (biomass fraction)									
				Total		**Total**		**Total**	

[a] Fill out a copy of this worksheet for each source category listed in Table 2.16 of the Stationary combustion chapter and insert the source category name next to the worksheet number.

[b] Information item: Emissions from biomass fuels are only reported as an information item because they are not added to the national totals. They are dealt with in the AFOLU sector.

Lampiran 3.2 Lembar Kerja (*worksheet*) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1A1 – 1A2 *Fuel combustion activities*

Sector	Energy																				
Category	Fuel combustion activities																				
Category Code	1A 1 and 1A 2																				
Sheet	1 of 1 (CO_2 emissions from capture for sub-categories 1A 1 and 1A 2 by type of fuel (Gg CO_2))																				
	Liquid fuels			Solid fuels			Natural gas			Other fossil fuels			Peat			Biomass			Total		
	A[1]	B	C	D[2]	E	F	G[2]	H	I	J[2]	K	L	M[2]	N	O	P[2]	Q	R	S[2]	T	U
	CO_2 produced	CO_2 captured	CO_2 emitted	CO_2 produced	CO_2 captured	CO_2 emitted	CO_2 produced	CO_2 captured	CO_2 emitted	CO_2 produced	CO_2 captured	CO_2 emitted	CO_2 produced	CO_2 captured	CO_2 emitted	CO_2 produced	CO_2 captured	CO_2 emitted	CO_2 produced	CO_2 captured	CO_2 emitted
			C=A-B			F=D-E			I=G-H			L=J-K			O=M-N			R=Q	S=A+D+G+J	T=B+E+H+K+N+Q	U=C+F+I+L+O
1A Fuel Combustion Activities																					
1A1 Energy Industries																					
1A1a Main Activity Electricity and Heat Production																					
1A1ai Electricity Generation																					
1A1aii Combined Heat and Power Generation (CHP)																					
1A1aiii Heat Plants																					
1A1b Petroleum Refining																					
1A1c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries																					
1A1ci Manufacture of Solid Fuels																					
1A1cii Other Energy Industries																					
1A2 Manufacturing Industries and Construction																					
1A2a Iron and Steel																					
1A2b Non-Ferrous Metals																					
1A2c Chemicals																					
1A2d Pulp, Paper and Print																					
1A2e Food Processing, Beverages and Tobacco																					
1A2f Non-Metallic Minerals																					
1A2g Transport Equipment																					
1A2h Machinery																					
1A2i Mining and Quarrying																					
1A2j Wood and wood products																					
1A2k Construction																					
1A2l Textile and Leather																					
1A2m Non-specified Industry																					
Note: CO_2 produced is the sum of the amounts of CO_2 captured and emitted.																					

Lampiran 3.3 Lembar Kerja (worksheet) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1B1ai – *Solid Fuels-Coal Mining and Handling- Underground Mines*

Sector	Energy						
Category	Solid Fuels - Coal Mining and Handling - Underground Mines						
Category Code	1B 1 a i						
Sheet	1 of 3 (CH_4 and CO_2 emissions from underground mining activities)						
CH_4 Emissions							
	A	B	C	D	E	F	G
	Amount of Coal Produced	Emission Factor	Methane Emissions	Conversion Factor	Methane Emissions	Methane Recovered	Methane Emissions to be Reported
	(tonne)						
		(m^3 $tonne^{-1}$)	(m^3)	(Gg CH_4 m^{-3})	(Gg CH_4)	(Gg CH_4)	(Gg CH_4)
			C = A*B		E=C*D		G=E-F
Mining (1.B.1.a.i.1)				$0.67x10^{-6}$			
Post-Mining (1.B.1.a.i.2)				$0.67x10^{-6}$			
CO_2 Emissions							
	A	B	C	D	E		
	Amount of Coal Produced	Emission Factor	CO_2 Emissions	Conversion Factor	CO_2 Emissions		
	(tonne)	(m^3 $tonne^{-1}$)	(m^3)	(Gg CO_2 m^{-3})	(Gg CO_2)		
			C=A*B		E=C*D		
Mining (1.B.1.a.i.1)				$1.83x10^{-6}$			
Post-Mining (1.B.1.a.i.2)				$1.83x10^{-6}$			

Lampiran 3.3 Lembar Kerja (worksheet) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1B1ai – *Solid Fuels-Coal Mining and Handling- Underground Mines*

Sector	Energy						
Category	Solid Fuels - Coal Mining and Handling - Underground Mines						
Category Code	1B 1 a i						
Sheet	2 of 3 (Methane emissions from abandoned coal mines)						
	CH_4 Emissions						
Closure Interval	A	B	C	D	E	F	G
	Number of Abandoned Mines	Fraction of Gassy Coal Mines	Emission Factor	Conversion Factor	Methane Emissions	Methane Recovered	Methane Emissions to be Reported
(e.g., 1901-1925)			(m^3 $year^{-1}$)	(Gg CH_4 m^{-3})	(Gg CH_4)	(Gg CH_4)	(Gg CH_4)
					E=A*B*C*D		G=E-F
				$0.67x10^{-6}$			
				$0.67x10^{-6}$			
				$0.67x10^{-6}$			
				$0.67x10^{-6}$			
				$0.67x10^{-6}$			
				Total			

Lampiran 3.3 Lembar Kerja (worksheet) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1B1ai – *Solid Fuels-Coal Mining and Handling- Underground Mines*

Sector	Energy				
Category	Solid Fuels - Coal Mining and Handling - Underground Mines				
Category Code	1B 1 a i				
Sheet	3 of 3 (CO_2 emissions and unburnt CH_4 emissions from drained methane flared or catalytically oxidised)				
	CO_2 emissions from CH_4 flaring				
	A	B	C	D	E
	Volume of Methane Combusted	Conversion Factors	Factor to Take Account of Combustion Efficiency	Stoichio-metric Mass Factor	Emissions
	(m^3)	(Gg CH_4 m^{-3})			(Gg)
					E=A*B*C*D
CO_2		$0.67x10^{-6}$	0,98	2,75	
CH_4			0,02	1	

Lampiran 3.4 Lembar Kerja (worksheet) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1B1aii – Solid Fuels-Coal Mining and Handling-Surface Mines

Sector	Energy				
Category	Solid Fuels - Coal Mining and Handling - Surface Mines				
Category Code	1B 1 a ii				
Sheet	1 of 1 (CH_4 and CO_2 emissions from surface mining activities)				
CH_4 Emissions					
	A	B	C	D	E
	Amount of Coal Produced	Emission Factor	Methane Emissions	Conversion Factor	Methane Emissions
	(tonne)				
		(m^3 $tonne^{-1}$)	(m^3)	(Gg CH_4 m^{-3})	(Gg CH_4)
			C = A*B		E=C*D
Mining (1.B.1.a.ii.1)				$0.67x10^{-6}$	
Post-Mining (1.B.1.a.ii.2)				$0.67x10^{-6}$	
	CO_2 Emissions				
	A	B	C	D	E
	Amount of Coal Produced	Emission Factor	CO_2 Emissions	Conversion Factor	CO_2 Emissions
	(tonne)	(m^3 $tonne^{-1}$)	(m^3)	(Gg CO_2 m^{-3})	(Gg CO_2)
			C=A*B		E=C*D
Mining (1.B.1.a.ii.1)				$1.83x10^{-6}$	
Post-Mining (1.B.1.a.ii.2)				$1.83x10^{-6}$	

Lampiran 3.5 Lembar Kerja (worksheet) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1B2-Oil and Natural Gas

Sector	Energy								
Category	Oil and natural gas								
Category Code	1B 2								
Sheet	1 of 2								
				CO_2		CH_4		N_2O	
IPCC	Sector	Subcategory	A	B	C	D	E	F	G
Code	Name		Activity	Emission Factor	Emissions	Emission	Emissions	Emission	Emissions
					(Gg)	Factor	(Gg)	Factor	(Gg)
					C=A*B		E=A*D		G=A*F
1.B.2	Oil and Natural Gas								
1.B.2.a	Oil								
1.B.2.a.i	Venting								
1.B.2.a.ii	Flaring								
1.B.2.a.iii	All Other								
1.B.2.a.iii.1	Exploration								
1.B.2.a.iii.2	Production and Upgrading								
1.B.2.a.iii.3	Transport								
1.B.2.a.iii.4	Refining								
1.B.2.a.iii.5	Distribution of oil products								
1.B.2.a.iii.6	Other								
				TOTAL		TOTAL		TOTAL	
1.B.2.b	Natural Gas								
1.B.2.b.i	Venting								
1.B.2.b.ii	Flaring								

Lampiran 3.5 Lembar Kerja (worksheet) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1B2-*Oil and Natural Gas*

	Sector	Energy							
	Category	Oil and natural gas							
	Category Code	1B 2							
	Sheet	2 of 2							
				CO_2		CH_4		N_2O	
IPCC	Sector	Subcategory	A	B	C	D	E	F	G
Code	Name		Activity	Emission Factor	Emissions	Emission	Emissions	Emission	Emissions
					(Gg)	Factor	(Gg)	Factor	(Gg)
					C=A*B		E=A*D		G=A*F
1.B.2.b.iii	All Other								
1.B.2.b.iii.1	Exploration								
1.B.2.b.iii.2	Production								
1.B.2.b.iii.3	Processing								
1.B.2.b.iii.4	Transmission and Storage								
1.B.2.b.iii.5	Distribution								
1.B.2.b.iii.6	Other								
				TOTAL		TOTAL		TOTAL	
1.B.3	Other emissions from Energy Production								

Lampiran 3.6 Lembar Kerja (worksheet) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1A- *Fuel Combution Activities - Reference Approach*

			Sector	Energy				
			Category	Fuel combustion activities				
			Category Code	1A				
			Sheet	1 of 3 (CO_2 from energy sources - Reference Approach)				
				step 1				
				A	B	C	D	E	F
				Production	Imports	Exports	International Bunkers	Stock Change	Apparent Consumption
Fuel Types									F=A+B-C-D-E
Liquid Fossil	Primary Fuels	Crude Oil							
		Orimulsion							
		Natural Gas Liquids							
	Secondary Fuels	Gasoline							
		Jet Kerosene							
		Other Kerosene							
		Shale Oil							
		Gas / Diesel Oil							
		Residual Fuel Oil							
		LPG							
		Ethane							
		Naphtha							
		Bitumen							
		Lubricants							
		Petroleum Coke							
		Refinery Feedstocks							
		Other Oil							
Liquid Fossil Total									
Solid Fossil	Primary Fuels	Anthracite(a)							
		Coking Coal							
		Other Bit. Coal							
		Sub-bit. Coal							
		Lignite							
		Oil Shale							
	Secondary Fuels	BKB & Patent Fuel							
		Coke Oven/Gas Coke							
		Coal Tar							
Solid Fossil Total									
Gaseous Fossil			Natural Gas (Dry)						
Other	Municipal Wastes (non-bio. fraction)								
	Industrial Wastes								
	Waste Oils								
Other Fossil Fuels Total									
Peat									
Total									

[a] If anthracite is not separately available, include with Other Bituminous Coal.

Lampiran 3.6 Lembar Kerja (worksheet) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1A- *Fuel Combution Activities - Reference Approach*

			Sector	**Energy**		
			Category	**Fuel combustion activities**		
			Category Code	**1A**		
			Sheet	**2 of 3 (CO_2 from energy sources - Reference Approach)**		
				STEP 2		**step 3**
				G(a)	**H**	**I**	**J**
				Conversion Factor	Apparent Consumption	Carbon Content	Total Carbon
				(TJ/Unit)	(TJ)	(t C/TJ)	
							(Gg C)
Fuel Types					**H=F*G**		**J=H*I/1000**
Liquid Fossil	Primary Fuels	Crude Oil					
		Orimulsion					
		Natural Gas Liquids					
	Secondary Fuels	Gasoline					
		Jet Kerosene					
		Other Kerosene					
		Shale Oil					
		Gas / Diesel Oil					
		Residual Fuel Oil					
		LPG					
		Ethane					
		Naphtha					
		Bitumen					
		Lubricants					
		Petroleum Coke					
		Refinery Feedstocks					
		Other Oil					
Liquid Fossil Total							
Solid Fossil	Primary Fuels	Anthracite					
		Coking Coal					
		Other Bit. Coal(b)					
		Sub-bit. Coal					
		Lignite					
		Oil Shale					
	Secondary Fuels	BKB & Patent Fuel					
		Coke Oven/Gas Coke					
		Coal Tar					
Solid Fossil Total							
Gaseous Fossil			Natural Gas (Dry)				
Other	Municipal Wastes (non-bio. fraction)						
	Industrial Wastes						
	Waste Oils						
Other Fossil Fuels Total							
Peat							
Total							
[a] Please specify units.							
[b] If anthracite is not separately available, include with Other Bituminous Coal.							

Lampiran 3.6 Lembar Kerja (worksheet) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1A- *Fuel Combution Activities - Reference Approach*

			Sector	**Energy**			
			Category	**Fuel combustion activities**			
			Category Code	**1A**			
			Sheet	**3 of 3 (CO_2 from energy sources - Reference Approach)**			
				step 4		**step 5**	
				K	L	M	N
				Excluded Carbon	Net Carbon Emissions	Fraction of Carbon Oxidised	Actual CO_2 Emissions
				(Gg C)	(Gg C)		(Gg CO_2)
Fuel Types					**L=J-K**		**N=L*M*44/12**
Liquid Fossil	Primary Fuels	Crude Oil					
		Orimulsion					
		Natural Gas Liquids					
	Secondary Fuels	Gasoline					
		Jet Kerosene					
		Other Kerosene					
		Shale Oil					
		Gas / Diesel Oil					
		Residual Fuel Oil					
		LPG					
		Ethane					
		Naphtha					
		Bitumen					
		Lubricants					
		Petroleum Coke					
		Refinery Feedstocks					
		Other Oil					
Liquid Fossil Total							
Solid Fossil	Primary Fuels	Anthracite					
		Coking Coal					
		Other Bit. Coal(a)					
		Sub-bit. Coal					
		Lignite					
		Oil Shale					
	Secondary Fuels	BKB & Patent Fuel					
		Coke Oven/Gas Coke					
		Coal Tar					
Solid Fossil Total							
Gaseous Fossil			Natural Gas (Dry)				
Other	Municipal Wastes (non-bio- fraction)						
	Industrial Wastes						
	Waste Oils						
Other Fossil Fuels Total							
Peat							
Total							

[a]If anthracite is not separately available, include with Other Bituminous Coal.

Lampiran 3.7 Lembar Kerja (worksheet) Perhitungan Emisi GRK Kategori 1A- *Estimating Excluded Carbon*

Sector	**Energy**				
Category	**Reference Approach (Auxiliary Worksheet 1-1: Estimating Excluded Carbon)**				
Category Code	**1A**				
Sheet	**1 of 1 Auxiliary Worksheet 1-1: Estimating Excluded Carbon**				
	A	B	C	D	E
	Estimated Fuel Quantities	Conversion Factor	Estimated Fuel Quantities	Carbon Content	Excluded Carbon
		(TJ/Unit)	(TJ)	(t C/TJ)	(Gg C)
Fuel Types			**C=A*B**		**E=C*D/1000**
LPG(a)					
Ethane(a)					
Naphtha(a)					
Refinery Gas(a) (b)					
Gas/Diesel Oil(a)					
Other Kerosene(a)					
Bitumen(c)					
Lubricants(c)					
Paraffin Waxes(b) (c)					
White Spirit(b) (c)					
Petroleum Coke(c)					
Coke Oven Coke(d)					
Coal Tar (light oils					
Coal Tar (coal					
Natural Gas(g)					
Other fuels(h)					
Other fuels(h)					
Other fuels(h)					

Note: Deliveries refers to the total amount of fuel delivered and is not the same thing as apparent consumption (where the production of secondary fuels is excluded).

[a] Enter the amount of fuel delivered to petrochemical feedstocks.

[b] Refinery gas, paraffin waxes and white spirit are included in "other oil".

[c] Total deliveries.

[d] Deliveries to the iron and steel and non-ferrous metals industries.

[e] Deliveries to chemical industry.

[f] Deliveries to chemical industry and construction.

[g] Deliveries to petrochemical feedstocks and blast furnaces.

[h] Use the Other fuels rows to enter any other products in which carbon may be stored. These should correspond to the products shown in Table 1-1.