



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**



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	i
<b>SAMBUTAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP .....</b>	iii
<b>DAFTAR ISI .....</b>	v
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	vi
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	vii
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	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
<b>II. ESTIMASI EMISI GRK DARI PEMBAKARAN BAHAN BAKAR.....</b>	10
2.1 Pembakaran Bahan Bakar Pada Sumber Stasioner.....	11
2.2 Pembakaran Bahan Bakar Pada Sumber Bergerak.....	21
<b>III. ESTIMASI EMISI GRK DARI FUGITIVE .....</b>	33
3.1 Emisi Fugitive Kegiatan Batubara .....	34
3.2 Emisi Fugitive Kegiatan Migas .....	38
<b>IV. METODA PENDEKATAN REFERENSI (REFERENCE APPROACH).....</b>	46
4.1 Algoritma Metoda Pendekatan Referensi.....	47
4.2 Excluded Carbon.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	52
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	59
1. Deskripsi Kategori Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi.....	53
2. Tabel Pelaporan ( <i>Common Reporting Format</i> ) 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**

		<b>Halaman</b>
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
Tabel 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 CO <sub>2</sub> Default Transportasi Jalan Raya.....	31
Tabel 2.10	Faktor Emisi N <sub>2</sub> O AND CH <sub>4</sub> Default Transportasi Jalan Raya.....	31
Tabel 2.11	Faktor Emisi Default Kereta Api.....	32
Tabel 2.12	Faktor Emisi CO <sub>2</sub> Default Angkutan Air.....	32
Tabel 2.13	Faktor Emisi Default CH <sub>4</sub> dan N <sub>2</sub> O 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

		<b>Halaman</b>
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 Referensi 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.

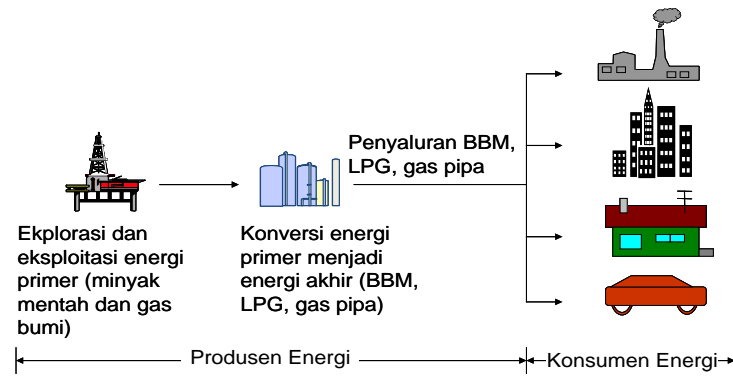
Adapun penggunaan energi meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut:

- (i) Penggunaan bahan bakar di peralatan-peralatan stasioner (di industri, komersial, dan rumah tangga), dan
- (ii) Peralatan-peralatan yang bergerak (transportasi).

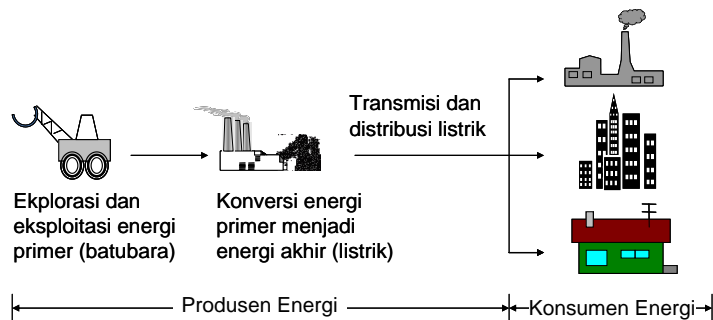
Ilustrasi cakupan inventarisasi GRK dari kegiatan sektor energi diperlihatkan pada Gambar 1.1. Adapun ilustrasi pengelompokan inventarisasi GRK sektor energi sebagaimana disajikan pada Gambar 1.2.

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 Kementerian ESDM masuk dalam kategori emisi sektor energi. Sebagai contoh, sistem transmisi dan distribusi listrik merupakan cakupan binaan Kementerian ESDM namun emisi gas SF<sub>6</sub> (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*).

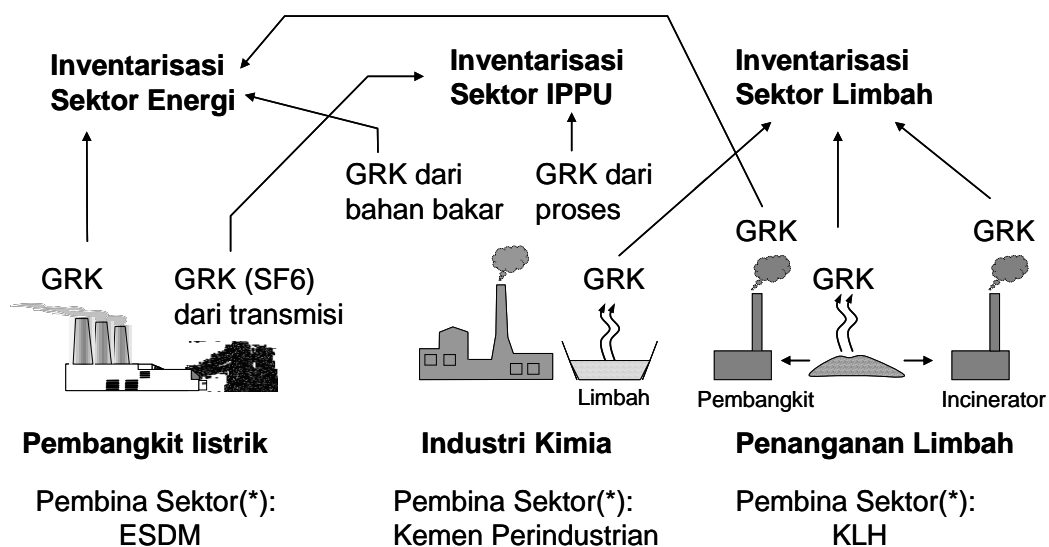


(a) Sistem minyak dan gas bumi



(b) Sistem batubara

Gambar 1.1 Ilustrasi Cakupan Inventarisasi GRK Sektor Energi



Sektor(\*): sektor kegiatan

Gambar 1.2. Contoh ilustrasi pengelompokan sektor inventarisasi GRK



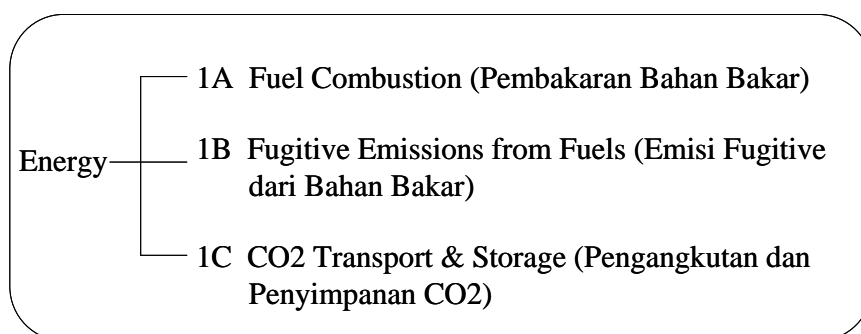
## 1.1 Tipe/Jenis dan Kategori Sumber GRK

Jenis GRK yang diemisikan oleh sektor energi adalah CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O. 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 CO<sub>2</sub> pada kegiatan penyimpanan CO<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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<sub>2</sub> di formasi geologi belum dilakukan di Indonesia dan kemungkinan besar belum akan dilakukan dalam waktu dekat, emisi GRK terkait dengan kegiatan penyimpanan CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>). Jenis GRK lain yang dilepaskan dari pembakaran bahan bakar adalah karbon monoksida (CO), metana (CH<sub>4</sub>), N<sub>2</sub>O 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
<b>1 A</b>	<b>Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar</b>
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
<b>1 B</b>	<b>Emisi Fugitive</b>
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.

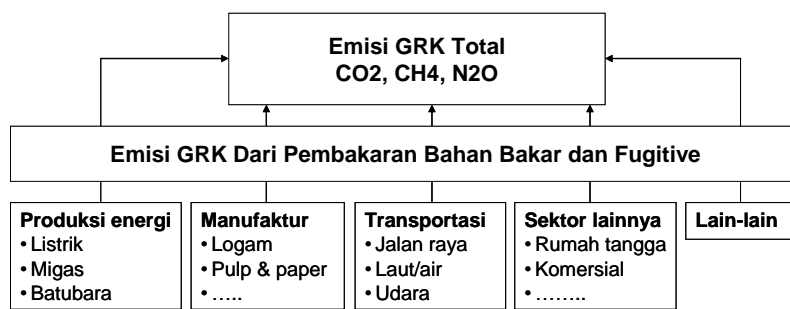
## 1.2. Pendekatan Inventarisasi Emisi GRK

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”.

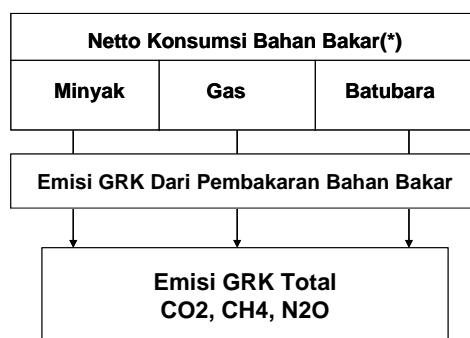
Pada Pendekatan Sektoral penghitungan emisi dikelompokkan menurut sektor kegiatan, seperti: produksi energi (listrik, minyak dan batubara), manufacturing, transportasi, rumah tangga dan lain-lain. Sumber emisi yang diperhitungkan meliputi emisi dari pembakaran bahan bakar di masing-masing sektor dan 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 Sektor dan Pendekatan Referensi diperlihatkan pada Gambar 1.4.



Pendekatan Sektor (Bottom Up)



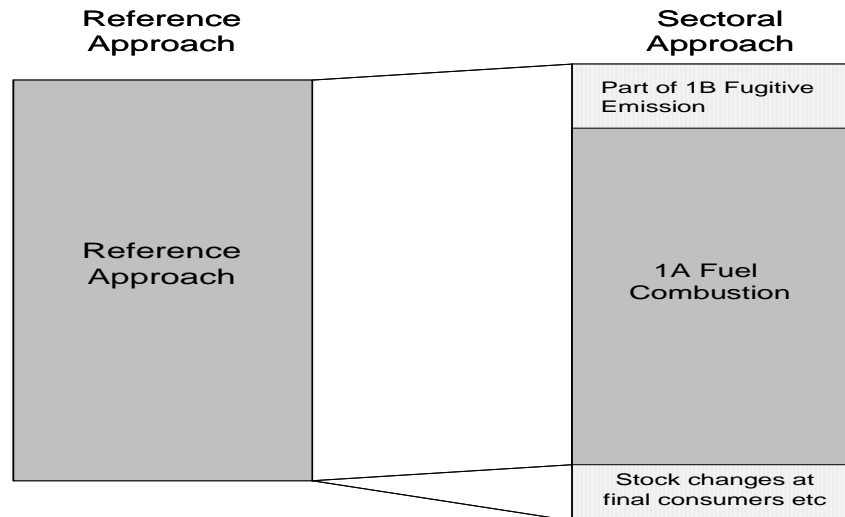
(\*) Tidak termasuk excluded carbon (bahan bakar yang bukan untuk energi)

Pendekatan Referensi (Top Down)

Gambar 1.4 Ilustrasi Pendekatan Sektor dan Pendekatan Referensi

Karena basis data yang digunakan berbeda, hasil estimasi emisi GRK berdasarkan Pendekatan Referensi akan sedikit berbeda dengan hasil estimasi menurut Pendekatan Sektor 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 Sektor. Dengan kata lain, bila inventarisasi dengan Pendekatan Sektor dilakukan dengan baik maka hasil perhitungan emisi pembakaran bahan bakar menurut Pendekatan Sektor 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.

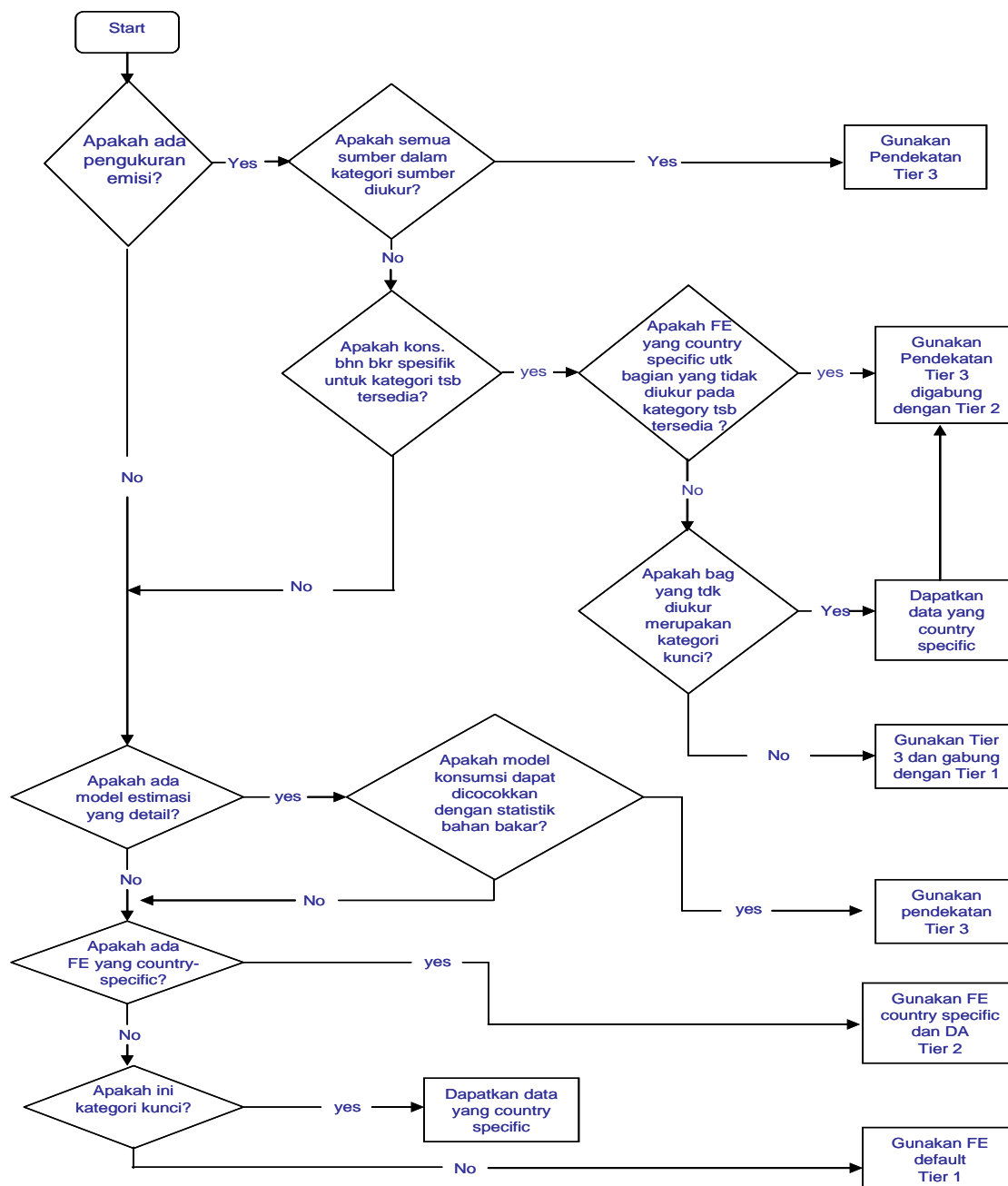
### 1.3 Penentuan TIER

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
<p>Persamaan Umum Tier-1 dan 2</p> $\text{Emisi GRK} = \text{Data Aktivitas} \times \text{Faktor Emisi}$

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 detail 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 Cetak	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 ( <i>Mobile</i> )	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-CO<sub>2</sub>, 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 <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
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 ( <i>sub-bituminous</i> )*	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<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O. 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	
$\text{Emisi GRK} \left( \frac{\text{kg}}{\text{thn}} \right) = \text{Konsumsi Energi} \left( \frac{\text{TJ}}{\text{thn}} \right) \times \text{Faktor Emisi} \left( \frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right)$	

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
Konsumsi Energi (TJ)=Konsumsi Energi (sat. fisik) x Nilai Kalor $\left( \frac{\text{TJ}}{\text{sat.fisik}} \right)$

Contoh:

Konsumsi minyak solar 1000 liter, nilai kalor minyak solar  $36 \times 10^{-6}$  TJ/liter maka konsumsi minyak solar dalam TJ adalah:

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

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	Penggunaan
Premium*	$33 \times 10^{-6}$ TJ/liter	Kendaraan bermotor
Solar (HSD, ADO)	$36 \times 10^{-6}$ TJ/liter	Kendaraan bermotor, pembangkit listrik
Minyak Diesel (IDO)	$38 \times 10^{-6}$ TJ/liter	Boiler industri, pembangkit listrik
MFO	$40 \times 10^{-6}$ TJ/liter $4.04 \times 10^{-2}$ TJ/ton	Pembangkit listrik
Gas bumi	$1.055 \times 10^{-6}$ TJ/SCF $38.5 \times 10^{-6}$ TJ/Nm <sup>3</sup>	Industri, rumah tangga, restoran
LPG	$47.3 \times 10^{-6}$ TJ/kg	Rumah tangga, restoran
Batubara	$18.9 \times 10^{-3}$ TJ/ton	Pembangkit listrik, Industri
Catatan: *) termasuk Pertamina, Pertamina 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
$\text{Emisi}_{\text{GRK, BB}} = \text{Konsumsi BB}_{\text{BB}} * \text{Faktor Emisi}_{\text{GRK, BB}}$

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

**dimana:**

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

dimana:

BB	: Singkatan dari bahan bakar
$\text{Emisi}_{\text{GRK, BB, technology}}$	: EmisiGRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar tertentu dengan teknologi tertentu (kg GRK)
$\text{Konsumsi } \text{BB}_{\text{BB, teknologi}}$	: Banyaknya bahan bakar yang dibakar menurut jenis bahan bakar dan menurut teknologi penggunaan (dalam TJ)
$\text{Faktor Emisi}_{\text{GRK, BB, teknologi}}$	: 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
$\text{Konsumsi } BB_{BB, \text{teknologi}} = \text{Konsumsi } BB_{BB} * \text{Penetrasi}_{\text{teknologi}}$

dimana:

- Konsumsi  $BB_{BB}$  : Banyaknya bahan bakar yang dibakar menurut jenis bahan bakar (dalam TJ)
- Penetrasi<sub>teknologi</sub> : 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
$\text{Emisi}_{GRK, BB} = \sum_{\text{teknologi}} \text{Konsumsi } BB_{BB, \text{teknologi}} * \text{Faktor Emisi}_{GRK, BB, \text{teknologi}}$

dimana:

- Konsumsi  $BB_{BB, \text{teknologi}}$  : Banyaknya bahan bakar yang dibakar menurut jenis bahan bakar dan menurut teknologi penggunaan (dalam TJ)
- Faktor Emisi<sub>GRK, BB, teknologi</sub> : Faktor emisi GRK 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	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O		
	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/HS D/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	CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O		
	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
Keterangan: 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:

- Data konsumsi bahan bakar:
  - Diesel oil = 3.165.840 kL
  - Residual oil = 1.858.568 kL
- Data nilai kalor:
  - Diesel oil: 37 MJ/liter (0,037 TJ/kL)
  - Residual oil: 38 MJ/liter (0,038 TJ/kL)
- Data Faktor Emisi:
  - Diesel oil: CO<sub>2</sub> = 73.326 kg/TJ ; CH<sub>4</sub> = 3 kg /TJ ; N<sub>2</sub>O= 0,6 kg/TJ
  - Residual oil: CO<sub>2</sub> = 76.593 kg/TJ; CH<sub>4</sub> = 3 kg /TJ ; N<sub>2</sub>O= 0,6 kg/TJ

Langkah perhitungan dengan spreadsheet (Contoh spreadsheet Tabel 2.7):

- Masukkan volume konsumsi bahan bakar pada kolom A (*baris diesel oil: 3.165.840 kL, baris residual oil: 1.858.568 kL*)
- 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:  $3.165.840 \text{ kL} \times 0,037 \text{ TJ/kL} = 118\,434\,061 \text{ TJ}$ ; baris residual oil:  $1.858.568 \text{ kL} \times 0,038 \text{ TJ/kL} = 71\,331\,840 \text{ TJ}$* )
4. Masukkan Faktor Emisi CO<sub>2</sub> pada kolom D (*baris diesel oil:  $73.326 \text{ kg/TJ}$ ; baris residual oil:  $76.593 \text{ kg/TJ}$* )
5. Pada kolom E hitung besarnya emisi CO<sub>2</sub> dengan cara kalikan kolom C dengan kolom D dan bagi dengan 10<sup>6</sup> untuk konversi dari kg ke giga gram (*baris disel oil:  $118\,434\,061 \text{ TJ} \times 73.326 \text{ kg/TJ} / 10^6 = 8\,684\,296 \text{ Gg CO}_2$ ; baris residual oil:  $71\,331\,840 \text{ TJ} \times 76.593 \text{ kg/TJ} / 10^6 = 5\,463\,520 \text{ Ggram CO}_2$* )
6. Masukkan Faktor Emisi CH<sub>4</sub> ke kolom F (*baris diesel oil:  $3 \text{ kg /TJ}$ ; baris residual oil:  $3 \text{ kg /TJ}$* )
7. Pada kolom G hitung besarnya emisi CH<sub>4</sub> dengan cara kalikan kolom C dengan kolom F dan bagi dengan 10<sup>6</sup> untuk konversi dari kg ke giga gram (*baris disel oil:  $118\,434\,061 \text{ TJ} \times 3 \text{ kg/TJ} / 10^6 = 0,355 \text{ Gg CH}_4$ ; baris residual oil:  $71\,331\,840 \text{ TJ} \times 3 \text{ kg/TJ} / 10^6 = 0,214 \text{ Ggram CH}_4$* )
8. Masukkan Faktor Emisi N<sub>2</sub>O ke kolom H (*baris diesel oil:  $0,6 \text{ kg /TJ}$ ; baris residual oil:  $0,6 \text{ kg /TJ}$* )
9. Pada kolom I hitung besarnya emisi N<sub>2</sub>O dengan cara kalikan kolom C dengan kolom F dan bagi dengan 10<sup>6</sup> untuk konversi dari kg ke giga gram (*baris disel oil:  $118\,434\,061 \text{ TJ} \times 0,6 \text{ kg/TJ} / 10^6 = 0,071 \text{ Gg N}_2\text{O}$ ; baris residual oil:  $71\,331\,840 \text{ TJ} \times 0,6 \text{ kg/TJ} / 10^6 = 0,043 \text{ Ggram N}_2\text{O}$* )

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 Production								
Sheet	1 of 4 (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> and N <sub>2</sub> O from fuel combustion by source categories – Tier 1)								
	Energy consumption			CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Consumption	Conversion Factor <sup>(b)</sup>	Consumption	CO <sub>2</sub> Emission Factor	CO <sub>2</sub> Emissions	CH <sub>4</sub> Emission Factor	CH <sub>4</sub> Emissions	N <sub>2</sub> O Emission Factor	N <sub>2</sub> O Emissions
	(kL)	(TJ/kL)	(TJ)	(kg CO <sub>2</sub> /TJ)	(Gg CO <sub>2</sub> )	(kg CH <sub>4</sub> /TJ)	(Gg CH <sub>4</sub> )	(kg N <sub>2</sub> O/TJ)	(Gg N <sub>2</sub> O)
			C=A*B		E=C*D/10 <sup>6</sup>		G=C*F/10 <sup>6</sup>		I=C*H/10 <sup>6</sup>
<b>Liquid fuels</b>									
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									
<sup>a</sup> 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. <sup>b</sup> 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 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O.

### 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<sub>2</sub>

Estimasi emisi CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> dihitung dengan persamaan:

Persamaan 9
Emisi CO <sub>2</sub> dari Transportasi Jalan Raya
$\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi BB}_a * \text{Faktor Emisi}_a$

dimana:

- Emisi : Emisi CO<sub>2</sub>  
 Konsumsi BB<sub>a</sub> : Bahan bakar dikonsumsi = dijual  
 Faktor Emisi<sub>a</sub> : Faktor emisi CO<sub>2</sub> menurut jenis bahan bakar (kg gas/TJ), default IPCC 2006  
 a : Jenis bahan bakar (premium, solar)

## b. Metoda Tier-2

Estimasi emisi CO<sub>2</sub> 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<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O

Emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O pada pembakaran bahan bakar dipengaruhi oleh teknologi dan sistem pengendalian emisi pada kendaraan. Estimasi emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O 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 CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O untuk kendaraan jalan raya adalah sebagai berikut:

Persamaan 10
Tier-1 Emisi CH <sub>4</sub> dan N <sub>2</sub> O Transportasi Jalan Raya $\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi BB}_a * \text{Faktor Emisi}_a$

dimana:

- Emisi : Emisi CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O  
 Konsumsi BB<sub>a</sub> : Bahan bakar dikonsumsi = dijual  
 Faktor Emisi<sub>a</sub> : Faktor emisi CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O menurut jenis bahan bakar (kg gas/TJ), default IPCC 2006  
 a : Jenis bahan bakar (premium, solar)

## b. Metoda Tier-2

Emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O suatu kendaraan bergantung pada jenis bahan bakar dan jenis teknologi pengendalian pembakaran. Oleh karena itu pada Tier-2, estimasi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O memperhitungkan jenis kendaraan dan teknologi pengendalian. Persamaan yang digunakan untuk estimasi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O menurut Tier-2 adalah sebagai berikut:

<b>Persamaan 11</b> <b>Tier-2 Emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O Transportasi Jalan Raya</b> $\text{Emisi} = \sum_{a,b,c} \text{Konsumsi BB}_{a,b,c} * \text{Faktor Emisi}_{a,b,c}$
--

dimana:

- Emisi : Emisi CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O  
 Konsumsi BB<sub>a,b,c</sub> : Bahan bakar dikonsumsi = dijual  
 Faktor Emisi<sub>a,b,c</sub> : Faktor emisi CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O 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 CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> adalah sebagai berikut

<b>Persamaan 12</b> <b>Tier-3 Emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O Transportasi Jalan Raya</b> $\text{Emisi} = \sum_{a,b,c,d} [\text{Jarak Tempuh}_{a,b,c,d} * \text{FE}_{a,b,c,d}] + \sum_{a,b,c,d} C_{a,b,c,d}$
--

dimana:

- Emisi : Emisi CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O, kg  
 Jarak Tempuh<sub>a,b,c,d</sub> : Jarak tempuh kendaraan, km  
 Faktor Emisi<sub>a,b,c,d</sub> : Faktor emisi CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O (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<sub>2</sub>

Terdapat 2 Tier perhitungan emisi CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> Tier-1 kereta api berdasarkan pada data aktivitas (konsumsi bahan bakar) dan faktor emisi dengan persamaan berikut:

Persamaan 13
<p style="text-align: center;">Tier-1 Emisi CO<sub>2</sub> Kereta Api</p> $\text{Emisi} = \sum_j \text{Konsumsi BB}_j * \text{Faktor Emisi}_j$

dimana:

Emisi : Emisi CO<sub>2</sub>

BB : Singkatan dari Bahan Bakar

Faktor Emisi<sub>j</sub> : Faktor emisi CO<sub>2</sub> menurut jenis bahan bakar (kg gas/TJ), default IPCC 2006

J : Jenis bahan bakar (premium, solar)

## b. Metoda Tier-2

Estimasi emisi CO<sub>2</sub> 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<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O

Emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O pada pembakaran bahan bakar dipengaruhi oleh teknologi kereta api. Estimasi emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O 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 CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O 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 CH <sub>4</sub> dan N <sub>2</sub> O Kereta Api $\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi BB}_a * \text{Faktor Emisi}_a$

dimana:

Emisi : Emisi CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O

Konsumsi BB<sub>a</sub> : Bahan bakar dikonsumsi kereta api

Faktor Emisi<sub>a</sub> : Faktor emisi CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O menurut jenis bahan bakar (kg gas/TJ)

a : Jenis bahan bakar (solar, IDO dll.)

### b. Metoda Tier-2

Pada metodologi Tier-2 estimasi emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O memperhitungkan jenis teknologi lokomotif yang digunakan.

Persamaan 15
Tier-2 Emisi CH <sub>4</sub> dan N <sub>2</sub> O Kereta Api $\text{Emisi} = \sum_i \text{Konsumsi BB}_i * \text{Faktor Emisi}_i$

dimana:

- Emisi : Emisi CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O  
 Konsumsi BB<sub>i</sub> : Bahan bakar dikonsumsi lokomotif tipe i  
 Faktor Emisi<sub>i</sub> : Faktor emisi CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O untuk lokomotif tipe i (kg gas/TJ)  
 I : tipe lokomotif

### c. Metoda Tier-3

Pada metoda Tier-3 emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O 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 CH <sub>4</sub> dan N <sub>2</sub> O Kereta Api $\text{Emisi} = \sum_i N_i \cdot H_i \cdot P_i \cdot L F_i \cdot E F_i$

dimana:

- N<sub>i</sub> : Jumlah lokomotif jenis i  
 H<sub>i</sub> : Jam kerja tahun lokomotif tipe-i (jam)  
 P<sub>i</sub> : Daya rata-rata lokomotif i (kW)  
 L F<sub>i</sub> : Faktor beban kereta api (antara 0 dan 1)  
 E F<sub>i</sub> : 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 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O, dan juga CO, NMVOCs, SO<sub>2</sub>, particulate matter (PM) dan NO<sub>x</sub>.

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 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O menurut metoda Tier-1 berdasarkan pada data aktivitas dan faktor emisi default menurut jenis bahan bakarnya dengan persamaan berikut:

Persamaan 17
<p>Tier-1 Emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O Angkutan Air</p> $\text{Emisi} = \sum_a \text{Konsumsi BB}_a * \text{Faktor Emisi}_a$

dimana:

- Emisi : Emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O  
 Konsumsi BB<sub>a</sub> : Bahan bakar dikonsumsi  
 Faktor Emisi<sub>a</sub> : Faktor emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O 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
<p>Tier-2 Emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O Angkutan Air</p> $\text{Emisi} = \sum_{ab} \text{Konsumsi BB}_{ab} * \text{Faktor Emisi}_{ab}$

dimana:

- Emisi : Emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O  
 Konsumsi BB<sub>ab</sub> : Bahan bakar dikonsumsi  
 Faktor Emisi<sub>ab</sub> : Faktor emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O (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% CO<sub>2</sub> dan setidaknya 30% air serta gas NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>x</sub>, NMVOC, particulates (masing-masing kurang dari 1%). Mesin-mesin pesawat modern sangat sedikit bahkan tidak menghasilkan N<sub>2</sub>O dan CH<sub>4</sub>.

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 ( <i>Landing and Take off</i> ) 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
<p>Tier-1 Emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O Penerbangan</p> $\text{Emisi} = \text{Konsumsi BB} * \text{Faktor Emisi}$

dimana:

Emisi : Emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O  
 Konsumsi BB : Konsumsi avgas  
 Faktor Emisi : Faktor emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> atau N<sub>2</sub>O (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) $\text{Emisi} = \text{Emisi LTO} + \text{Emisi Cruise}$

Persamaan 21
Tier-2 Persamaan Penerbangan (2) $\text{Emisi LTO} = \text{Konsumsi LTO} \bullet \text{Faktor Emisi LTO}$

Persamaan 22
Tier-2 Persamaan Penerbangan (3) $\text{Konsumsi LTO} = \text{Jumlah LTO} \bullet \text{Konsumsi per LTO}$

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 CO<sub>2</sub> Default Transportasi Jalan Raya

<b>Fuel Type</b>	<b>Default (kg/TJ)</b>	<b>Lower</b>	<b>Upper</b>
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 N<sub>2</sub>O AND CH<sub>4</sub> Default Transportasi Jalan Raya

<b>Fuel Type/Representative Vehicle Category</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>			<b>N<sub>2</sub>O</b>		
	<b>( kg /TJ)</b>			<b>(kg /TJ)</b>		
	<b>Default</b>	<b>Lower</b>	<b>Upper</b>	<b>Default</b>	<b>Lower</b>	<b>Upper</b>
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
CO <sub>2</sub>	74 100	72 600	74 800
CH <sub>4</sub>	4.15	1.67	10.4
N <sub>2</sub> O	28.6	14.3	85.8

Tabel 2.12 Faktor Emisi CO<sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O Kapal Samudera

	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (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 terlepas 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 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Penambangan bawah tanah</li> <li>• Tambang terbuka</li> </ul>
		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 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelepasan (<i>Venting</i>)</li> <li>• Suar bakar (<i>Flaring</i>)</li> <li>• Lainnya</li> </ul>
		b. Gas bumi <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelepasan (<i>Venting</i>)</li> <li>• Suar bakar (<i>Flaring</i>)</li> <li>• Lainnya</li> </ul>

### 3.1 Emisi Fugitive Kegiatan Batubara

#### 3.1.1 Sumber Emisi Fugitive Penambangan Batubara

Di dalam formasi batubara terdapat gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang terperangkap di dalam lapisan batubara (*seam gas*). Pada saat batubara ditambang, gas-gas tersebut terlepas dan keluar dari lapisan batubara menuju atmosfer. 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 rumah 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  $\text{CO}_2$ . Namun laju pembentukan  $\text{CO}_2$  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.	<i>Underground mines</i>	
a.	<i>Mining</i>	Emisi <i>seam gas</i> yang terlepas ke atmosfer dari sistem degasifikasi dan ventilasi udara lapangan batubara
b.	<i>Post-mining seam gas emissions</i>	Emisi CH <sub>4</sub> dan CO <sub>2</sub> setelah batubara ditambang, dibawa ke permukaan, dan kemudian diproses, disimpan dan ditransportasi.
c.	<i>Abandoned underground mines</i>	Emisi CH <sub>4</sub> dari <i>abandoned underground mines</i>
d.	<i>Flaring of drained methane or conversion of methane to CO<sub>2</sub></i>	CH <sub>4</sub> yang di <i>flare</i> atau dikonversi menjadi CO <sub>2</sub> melalui proses oksidasi
2.	<i>Surface mines</i>	
a.	<i>Mining</i>	Emisi CH <sub>4</sub> dan CO <sub>2</sub> pada saat penambangan batubara
b.	<i>Post-mining seam gas emissions</i>	Emisi CH <sub>4</sub> dan CO <sub>2</sub> setelah batubara ditambang, dibawa ke permukaan, dan kemudian diproses, disimpan dan ditransportasi.
c.	<i>Uncontrolled combustion and burning coal dumps</i>	Emisi CO <sub>2</sub> 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 CH<sub>4</sub> 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) $\text{Emisi GRK}_{um} = \text{produksi batubara} \times \text{faktor emisi} \times \text{faktor konversi satuan}$

dimana:

Emisi  $\text{GRK}_{um}$  : emisi  $\text{CH}_4$  penambangan bawah tanah (Gg/tahun)

Faktor emisi : faktor emisi  $\text{CH}_4$  ( $\text{m}^3/\text{ton}$ )

Produksi batubara : ton/tahun

**Faktor emisi (FE):**

FE  $\text{CH}_4$  rendah :  $10 \text{ m}^3/\text{ton}$  (kedalaman tambang  $<200 \text{ m}$ )

FE  $\text{CH}_4$  rata-rata :  $18 \text{ m}^3/\text{ton}$

FE  $\text{CH}_4$  tinggi :  $25 \text{ m}^3/\text{ton}$  (kedalaman tambang  $>400 \text{ m}$ )

**Faktor konversi satuan** = densitas  $\text{CH}_4 = 0.67 \times 10^{-6} \text{ Gg}/\text{m}^3$  (pada  $20^\circ\text{C}$ , 1 atm).

Faktor ini mengkonversi volume  $\text{CH}_4$  ke massa  $\text{CH}_4$ .

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 $\text{Emisi GRK}_{pm} = \text{produksi batubara} \times \text{faktor emisi} \times \text{faktor konversi satuan}$

dimana:

Emisi  $\text{GRK}_{pm}$  : emisi  $\text{CH}_4$  post mining (Gg/tahun)

Faktor emisi : faktor emisi  $\text{CH}_4$  ( $\text{m}^3/\text{ton}$ )

Produksi batubara : ton/tahun

**Faktor emisi:**

FE  $\text{CH}_4$  rendah :  $0.9 \text{ m}^3/\text{ton}$

FE  $\text{CH}_4$  rata-rata :  $2.5 \text{ m}^3/\text{ton}$

FE  $\text{CH}_4$  tinggi :  $4.0 \text{ m}^3/\text{ton}$

**Faktor konversi satuan** = densitas  $\text{CH}_4 = 0.67 \times 10^{-6} \text{ Gg}/\text{m}^3$  (pada  $20^\circ\text{C}$ , 1 atm).

Faktor ini mengkonversi volume  $\text{CH}_4$  ke massa  $\text{CH}_4$ .

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
$\text{Emisi CH}_4 = \text{emisi CH}_{4,\text{um}} + \text{emisi CH}_{4,\text{pm}} - \text{CH}_4 \text{ recovery}$

Recovery metana melalui pembakaran menghasilkan CO<sub>2</sub>. Besarnya CO<sub>2</sub> hasil flare dihitung dengan persamaan berikut:

Persamaan 27
Estimasi emisi CO <sub>2</sub> dari flare recovery metana, Tier-1 dan Tier-2
$\text{Emisi CO}_2 \text{ dari flare} = 0.98 \times \text{vol. CH}_4 \text{ flare} \times \text{faktor konversi} \times \text{faktor stoikiometri}$

Emisi CH<sub>4</sub> pada flare yang tidak terbakar dihitung dengan persamaan berikut:

Persamaan 28
Estimasi emisi CH <sub>4</sub> tak terbakar, Tier-1 dan Tier-2
$\text{Emisi CH}_4 \text{ tak terbakar} = 0.02 \times \text{volume CH}_4 \text{ flare} \times \text{faktor konversi satuan}$

dimana:

Emisi CO <sub>2</sub> dari flare	: Gg/tahun
Volume CH <sub>4</sub> flare	: m <sup>3</sup> /tahun
Faktor stoikiometri	: rasio massa CO <sub>2</sub> terproduksi dari pembakaran sempurna unit massa CH <sub>4</sub> dan nilainya= 2.75
Faktor konversi satuan	= densitas CH <sub>4</sub> = $0.67 \times 10^{-6}$ Gg/m <sup>3</sup> (pada 20°C, 1 atm). Faktor ini mengkonversi volume CH <sub>4</sub> ke massa CH <sub>4</sub> .

### 3.1.2.2 Tambang Terbuka

Potensi emisi *fugitive* dari penambangan jenis terbuka (*open mining*) pada umumnya relatif kecil. Emisi CH<sub>4</sub> 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
$\text{Emisi CH}_4 = \text{Emisi CH}_{4,\text{mining}} + \text{Emisi CH}_{4,\text{post-mining}}$

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 $\text{Emisi CH}_{4,\text{mining}} = \text{Produksi batubara} \times \text{Faktor emisi CH}_4 \times \text{faktor konversi satuan}$

dimana:

Emisi CH<sub>4</sub> dalam Gg/tahun

Faktor Emisi CH<sub>4</sub> rendah = 0.3 m<sup>3</sup>/ton (*overburden depths*<25 m)

Faktor Emisi CH<sub>4</sub> rata-rata = 1.2 m<sup>3</sup>/ton

Faktor Emisi CH<sub>4</sub> tinggi = 2.0 m<sup>3</sup>/ton (*overburden depths*>50 m)

Faktor konversi satuan = densitas CH<sub>4</sub>

= 0.67 x 10<sup>-6</sup> Gg/m<sup>3</sup> (pada 20°C, 1 atm)

Faktor ini mengkonversi volume CH<sub>4</sub> ke massa CH<sub>4</sub>

Persamaan 31
Estimasi emisi fugitive post mining tambang terbuka, Tier-1 dan Tier-2 $\text{Emisi CH}_{4,\text{post-mining}} = \text{Produksi batubara} \times \text{Faktor emisi CH}_4 \times \text{faktor konversi satuan}$

dimana:

Emisi CH<sub>4</sub> dalam Gg/tahun

Faktor Emisi CH<sub>4</sub> rendah = 0 m<sup>3</sup>/ton

Faktor Emisi CH<sub>4</sub> rata-rata = 0.1 m<sup>3</sup>/ton

Faktor Emisi CH<sub>4</sub> tinggi = 0.2 m<sup>3</sup>/ton

Faktor konversi satuan = densitas CH<sub>4</sub>

= 0.67 x 10<sup>-6</sup> Gg/m<sup>3</sup> (pada 20°C, 1 atm)

Faktor ini mengkonversi volume CH<sub>4</sub> ke massa CH<sub>4</sub>.

### 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
$E_{\text{gas, segmen industri}} = A_{\text{segmen industri}} \times FE_{\text{gas, segmen industri}}$

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

dimana:

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

Segmen industri yang terdapat pada industri migas diperlihatkan pada Tabel 3.3. Data aktivitas segmen industri pada persamaan (notasi  $A_{\text{segmen industri}}$ ) 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 <sup>c</sup>	Emission source	IPCC Code	CH <sub>4</sub>		CO <sub>2</sub> <sup>i</sup>		NMVOC		N <sub>2</sub> O		Units of measure
				Value	Uncertainty (% of Value)	Value	Uncertainty (% of Value)	Value	Uncertainty (% of Value)	Value	Uncertainty (% of Value)	
Well Drilling	All	Flaring and Venting	1.B.2.a.i i or 1.B.2.b.i i	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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> total oil production
Well Testing	All	Flaring and Venting	1.B.2.a.i i or 1.B.2.b.i i	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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> total oil production
Well Servicing	All	Flaring and Venting	1.B.2.a.i i or 1.B.2.b.i i	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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> total oil production
Gas Production	All	Fugitives <sup>d</sup>	1.B.2.b.i ii.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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas production
		Flaring <sup>e</sup>	1.B.2.b.i i	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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas production
Gas Processing	Sweet Gas Plants	Fugitives	1.B.2.b.i ii.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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas production
		Flaring	1.B.2.b.i i	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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas production
	Sour Gas Plants	Fugitives	1.B.2.b.i ii.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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas production
		Flaring	1.B.2.b.i i	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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas production
		Raw CO <sub>2</sub> 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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas production
	Deep-cut Extraction Plants (Straddle Plants)	Fugitives	1.B.2.b.i ii.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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> raw gas feed
		Flaring	1.B.2.b.i i	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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> raw gas feed
	Default Weighted Total	Fugitives	1.B.2.b.i ii.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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas production
		Flaring	1.B.2.b.i i	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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas production
		Raw CO <sub>2</sub> 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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> gas production
Gas Transmission & Storage	Transmission	Fugitives <sup>f</sup>	1.B.2.b.i ii.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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> of marketable gas
		Venting <sup>g</sup>	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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> of marketable gas
	Storage	All	1.B.2.b.i ii.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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> of marketable gas

**Tabel 3.4 Faktor Emisi Fugitive Kegiatan Migas**

Category	Sub-category	Emission source	IPCC Code	CH <sub>4</sub>		CO <sub>2</sub> <sup>1</sup>		NMVOC		N <sub>2</sub> O		Units of measure
				Value	Uncertainty (% of Value)	Value	Uncertainty (% of Value)	Value	Uncertainty (% of Value)	Value	Uncertainty (% of Value)	
Gas Distribution	All	All	1.B.2.b.i ii.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 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> of utility sales
Natural Gas Liquids Transport	Condensate	All	1.B.2.a.i ii.3	1.1E-04	-50 to +200%	7.2E-06	-50 to +200%	1.1E-03	-50 to +200%	ND	ND	Gg per 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> Condensate and Pentanes Plus
	Liquefied Petroleum Gas	All	1.B.2.a.i ii.3	NA	NA	4.3E-04	±100%	ND	ND	2.2E-09	-10 to +1000 %	Gg per 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> LPG
	Liquefied Natural Gas	All	1.B.2.a.i ii.3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Gg per 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> of marketable gas
Oil Production	Conventional Oil	Fugitives (Onshore)	1.B.2.a.i ii.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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> conventional oil production
		Fugitives (Offshore)	1.B.2.a.i ii.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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> conventional 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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> conventional 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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> conventional oil production
	Heavy Oil/Cold Bitumen	Fugitives	1.B.2.a.i ii.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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> heavy oil production
	Thermal Oil Production	Fugitives	1.B.2.a.i ii.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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> thermal bitumen production



**Tabel 3.4 Faktor Emisi Fugitive Kegiatan Migas**

Category	Sub-category <sup>c</sup>	Emission source	IPCC Code	CH <sub>4</sub>		CO <sub>2</sub> <sup>i</sup>		NMVOC		N <sub>2</sub> O		Units of measure
				Value	Uncertainty (%) of Value)	Value	Uncertainty (%) of Value)	Value	Uncertainty (%) of Value)	Value	Uncertainty (%) of Value )	
	Synthetic Crude (from Oilsands)	All	1.B.2.a.ii.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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> synthetic crude production from oilsands
	Synthetic Crude (from Oil Shale)	All	1.B.2.a.ii.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Gg per 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> synthetic crude production from oil shale
	Default Weighted Total	Fugitives	1.B.2.a.ii.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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> total oil production
		Flaring	1.B.2.a.i.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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> total oil production
Oil Upgrading	All	All	1.B.2.a.ii.2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Gg per 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> oil upgraded
Oil Transport	Pipelines	All	1.B.2.a.ii.3	5.4E-06	-50 to +200%	4.9E-07	-50 to +200%	5.4E-05	-50 to +200%	NA	NA	Gg per 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> oil transported by Tanker Truck
Oil Refining	All	All	1.B.2.a.ii.4	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Gg per 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> oil refined.
Refined Product Distribution	Gasoline	All	1.B.2.a.ii.5	NA	NA	NA	NA	ND	ND	NA	NA	Gg per 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> product transported.
	Diesel	All	1.B.2.a.ii.5	NA	NA	NA	NA	ND	ND	NA	NA	Gg per 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> product transported.
	Aviation Fuel	All	1.B.2.a.ii.5	NA	NA	NA	NA	ND	ND	NA	NA	Gg per 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> product transported.
	Jet Kerosene	All	1.B.2.a.ii.5	NA	NA	NA	NA	ND	ND	NA	NA	Gg per 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> 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:

<b>Persamaan 34</b>
<b>Estimasi Emisi Fugitive Karena Venting</b>
$E_{\text{gas,oil prod, venting}} = \text{GOR} \cdot Q_{\text{OIL}} \cdot (1 - \text{CE}) \cdot (1 - X_{\text{Flared}}) \cdot M_{\text{gas}} \cdot y_{\text{gas}} \cdot 42.3 \times 10^{-6}$
<b>Persamaan 35</b>
<b>Estimasi Emisi Fugitive CH<sub>4</sub> Karena Flaring</b>
$E_{\text{CH}_4,\text{oil prod, venting}} = \text{GOR} \cdot Q_{\text{OIL}} \cdot (1 - \text{CE}) \cdot X_{\text{Flared}} \cdot (1 - \text{FE}) \cdot M_{\text{CH}_4} \cdot y_{\text{CH}_4} \cdot 42.3 \times 10^{-6}$
<b>Persamaan 36</b>
<b>Estimasi Emisi Fugitive CH<sub>4</sub> Karena Flaring</b>
$E_{\text{CO}_2,\text{oil prod,flaring}} = \text{GOR} \cdot Q_{\text{OIL}} \cdot (1 - \text{CE}) \cdot X_{\text{Flared}} \cdot M_{\text{CO}_2} \cdot [y_{\text{CO}_2} + (N_{\text{CCH}_4} \cdot y_{\text{CH}_4} + N_{\text{CNM VOC}} \cdot y_{\text{NM VOC}})(1 - X_{\text{soot}})] \cdot 42.3 \times 10^{-6}$
<b>Persamaan 37</b>
<b>Estimasi Emisi Fugitive CH<sub>4</sub> Karena Venting dan Flaring</b>
$E_{\text{CH}_4,\text{oil prod}} = E_{\text{CH}_4,\text{oil prod, venting}} + E_{\text{CH}_4,\text{oil prod, flaring}}$
<b>Persamaan 38</b>
<b>Estimasi Emisi Fugitive CO<sub>2</sub> Karena Venting dan Flaring</b>
$E_{\text{CO}_2,\text{oil prod}} = E_{\text{CO}_2,\text{oil prod, venting}} + E_{\text{CO}_2,\text{oil prod, flaring}}$
<b>Persamaan 39</b>
<b>Estimasi Emisi Fugitive N<sub>2</sub>O Dari Flaring</b>
$E_{\text{N}_2\text{O},\text{oil prod, flaring}} = \text{GOR} \cdot Q_{\text{OIL}} \cdot (1 - \text{CE}) \cdot X_{\text{flared}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O}}$

dimana:

$E_{i, \text{ oil prod, venting}}$	=	Direct amount (Gg/y) of GHG gas $i$ emitted due to venting at oil production facilities.
$E_{i, \text{ oil prod, flaring}}$	=	Direct amount (Gg/y) of GHG gas $i$ emitted due to flaring at oil production facilities.
GOR	=	Average gas-to-oil ratio ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ) referenced at $15^\circ\text{C}$ and 101.325 kPa.
QOIL	=	Total annual oil production ( $10^3 \text{ m}^3/\text{y}$ ).
$M_{\text{gas}}$	=	Molecular weight of the gas of interest (e.g., 16.043 for $\text{CH}_4$ and 44.011 for $\text{CO}_2$ ).
$N_{\text{C},i}$	=	Number of moles of carbon per mole of compound $i$ (i.e., 1 for $\text{CH}_4$ , 2 for $\text{C}_2\text{H}_6$ , 3 for $\text{C}_3\text{H}_8$ , 1 for $\text{CO}_2$ , 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., $\text{CH}_4$ , $\text{CO}_2$ or NMVOC).
CE	=	Gas conservation efficiency factor.
$X_{\text{Flared}}$	=	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.
$X_{\text{soot}}$	=	fraction of the non- $\text{CO}_2$ 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.
$EF_{\text{N}_2\text{O}}$	=	emission factor for $\text{N}_2\text{O}$ from flaring ( $\text{Gg}/10^3 \text{ m}^3$ 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.
$42.3 \times 10^{-6}$	=	is the number of kmol per $\text{m}^3$ of gas referenced at 101.325 kPa and $15^\circ\text{C}$ (i.e. $42.3 \times 10^{-3} \text{ kmol}/\text{m}^3$ ) times a unit conversion factor of $10^{-3} \text{ Gg}/\text{Mg}$ 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 pembandingan 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 CO<sub>2</sub> dari pembakaran dalam 5 tahapan. Algoritma perhitungan emisi CO<sub>2</sub> dari pembakaran menurut metodologi Reference Approach adalah sebagai berikut:

- Langkah 1 : Perkirakan konsumsi bahan bakar nyata (apparent) dalam satuan 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 CO<sub>2</sub>

Kelima langkah tersebut dinyatakan dalam persamaan berikut:

Persamaan 40	
Emisi CO <sub>2</sub> Pembakaran Bahan Bakar, Apparent Approach	
$Em.CO_2 = \sum_{\text{semua } BB} \left( (Konsumsi_{BB} \cdot FK_{BB} \cdot CC_{BB}) \cdot 10^{-3} - ExclCarb_{BB} \right) \cdot COF_{BB} \cdot \frac{44}{12}$	

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/Nm<sup>3</sup>, 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
<p>Perhitungan Konsumsi Apparent Energi Sekunder</p> $\text{Konsumsi Apparent}_{\text{BB}} = \text{Impor}_{\text{BB}} - \text{Ekspor}_{\text{BB}} - \text{International Bunker}_{\text{BB}} - \text{Perubahan Stok}_{\text{BB}}$

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 beberapa 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:

<b>Persamaan 43</b>
<b>Perhitungan Excluded Carbon</b>
$ExcludedCarbon_{BB} = DataAktivitas_{BB} \times CC_{BB} \times 10^{-3}$

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 the National 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)
<b>1</b>	<b>PENGADAAN DAN PENGGUNAAN ENERGI (ENERGY)</b>	
1 A	Kegiatan Pembakaran Bahan Bakar ( <i>Fuel Combustion Activities</i> )	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 ( <i>Energy Industries</i> )	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 ( <i>Main Activity Electricity and Heat Production</i> )	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 ( <i>Electricity Generation</i> )	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 ( <i>Combined Heat and Power Generation</i> )	Emisi yang berasal dari aktivitas produksi, baik tenaga pembangkit maupun panas, ataupun keduanya, yang berasal dari penghasil kegiatan utama, untuk dikonsumsi oleh masyarakat, dalam satu fasilitas industri pembangkit ( <i>combined heat and power generation</i> ). 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 ( <i>Heat Plants</i> )	Produksi panas dari kegiatan utama untuk dijual melalui jaringan ( <i>pipe network</i> ), misalnya <i>steam</i> dan gas panas dan boiler.
1 A 1 b	Kilang Minyak ( <i>Petroleum Refining</i> )	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 ( <i>Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries</i> )	Pembakaran emisi dari penggunaan bahan bakar selama pembuatan produk sekunder dan tersier dari bahan bakar padat, termasuk produksi arang ( <i>charcoal</i> ). 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 ( <i>Manufacture of Solid Fuels</i> )	Emisi dari pembakaran bahan bakar untuk mendukung proses produksi bahan bakar padat misalnya kokas ( <i>coke</i> ) dan pembuatan briket batubara

## Lampiran 1. Lanjutan

Kode (1)	Kategori (2)	Cakupan Kategori (3)
1 A 1 c ii	Industri Energy Lainnya ( <i>Other Energy Industries</i> )	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 CO <sub>2</sub> . Emisi dari transportasi pipa ( <i>pipeline transport</i> ) harus dilaporkan di bawah 1 A 3 e.]
1 A 2	Industri Manufaktur dan Konstruksi ( <i>Manufacturing Industries and Construction</i> )	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 ( <i>coke ovens</i> ) 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 ( <i>Iron and Steel</i> )	ISIC Kelompok 271 and Kelas 2731.
1 A 2 b	Logam Bukan Besi ( <i>Non-Ferrous Metals</i> )	ISIC Kelompok 272 and Kelas 2732. Contoh: Nikel, emas, industri pengolah copper
1 A 2 c	Bahan-Bahan Kimia ( <i>Chemicals</i> )	ISIC Bagian (Divisi) 24.
1 A 2 d	Pulp, Kertas, dan Bahan Cetak ( <i>Pulp, Paper and Print</i> )	ISIC Bagian (Divisi) 21 dan 22.
1 A 2 e	Pengolahan Makanan, Minuman dan Tembakau ( <i>Food Processing, Beverages and Tobacco</i> )	ISIC Bagian (Divisi) 15 dan 16.
1 A 2 f	Mineral Non Logam ( <i>Non-Metallic Minerals</i> )	Termasuk produk-produk seperti kaca keramik, semen, dan lainnya. ISIC Bagian (Divisi) 26.
1 A 2 g	Peralatan Transportasi ( <i>Transport Equipment</i> )	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 ( <i>Machinery</i> )	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 ( <i>Mining excluding fuels and Quarrying</i> ))	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 ( <i>Wood and Wood Products</i> )	ISIC Division 20.

**Lampiran 1. Lanjutan**

Kode (1)	Kategori (2)	Cakupan Kategori (3)
1 A 2 k	Konstruksi ( <i>Construction</i> )	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 ( <i>Textile and Leather</i> )	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 ( <i>Non-specified Industry</i> )	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 ( <i>Transport</i> )	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 ( <i>Civil Aviation</i> )	Emisi dari penerbangan sipil domestik maupun internasional, termasuk <i>take-off</i> dan <i>landing</i> . 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 ( <i>International Aviation/ International Bunkers</i> )	Emisi dari penerbangan yang berangkat dari suatu negara dan tiba di negara lain. Termasuk <i>take-offs</i> dan <i>landings</i> . Emisi dari penerbangan militer internasional dapat dimasukkan sebagai sub kategori terpisah, asalkan data yang dibutuhkan tersedia.
1 A 3 a ii	Penerbangan Domestik ( <i>Domestic Aviation</i> )	Emisi dari penerbangan domestik baik untuk antar penumpang maupun barang yang berangkat dan tiba di negara yang sama, termasuk <i>take-off</i> dan <i>landings</i> . Tidak termasuk penerbangan domestik militer, dilaporkan di 1A5 b.
1 A 3 b	Transportasi Darat ( <i>Road Transportation</i> )	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 ( <i>Cars</i> )	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 ( <i>Passenger Cars With 3-way Catalysts</i> )	Emisi dari kendaraan angkutan dilengkapi dengan katalis
1 A 3 b i 2	Kendaraan angkutan penumpang tanpa katalis ( <i>Passenger Cars Without 3-way Catalysts</i> )	Emisi dari kendaraan angkutan tidak dilengkapi katalis
1 A 3 b ii	Truk Ringan ( <i>Light-duty Trucks</i> )	Emisi dari kendaraan yang dirancang untuk pengangkutan barang kelas ringan.umumnya rentang beratnya kurang dari 3500-3900 kg.

## Lampiran 1. Lanjutan

Kode (1)	Kategori (2)	Cakupan Kategori (3)
1 A 3 b ii 1	Truk Ringan dengan Katalis ( <i>Light-duty Trucks With 3-way Catalysts</i> )	Emisi dari truk ringan yang dilengkapi dengan katalis
1 A 3 b ii 2	Truk Ringan tidak dilengkapi dengan Katalis ( <i>Light-duty Trucks Without 3-way Catalysts</i> )	Emisi dari truk ringan yang tidak dilengkapi dengan katalis
1 A 3 b iii	Truk Berat dan Bus ( <i>Heavy-duty Trucks and Buses</i> )	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 ( <i>Motorcycles</i> )	Emisi dari berbagai sepeda motor termasuk roda tiga dengan berat kurang dari 680 kg.
1 A 3 b v	Emisi karena evaporasi dari kendaraan ( <i>Evaporative Emissions from Vehicles</i> )	Emisi karena evaporasi dari kendaraan (bocoran). Emisi dari pengisian bahan bakar pada kendaraan tidak termasuk.
1 A 3 b vi	Katalis berbasis urea ( <i>Urea-based Catalysts</i> )	Emisi CO <sub>2</sub> 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 ( <i>Water-borne Navigation</i> )	Emisi dari penggunaan bahan bakar untuk menggerakkan kapal/perahu, <i>hovercraft</i> dan <i>hydrofoils</i> , tidak termasuk kapal nelayan. Pembagian antara domestik dan internasional didasarkan pada pelabuhan keberangkatan dan kedatangan, bukan berdasarkan kepemilikan kapal.
1 A 3 d i	Pelayaran internasional ( <i>International Water-borne Navigation/ International Bunkers</i> )	Emisi dari penggunaan bahan bakar yang digunakan oleh segala jenis kapal dalam pelayaran internasional. Tidak termasuk konsumsi bahan bakar untuk nelayan (termasuk dalam kategori nelayan)
1 A 3 d ii	Pelayaran Domestik ( <i>Domestic Water-borne Navigation</i> )	Emisi dari penggunaan bahan bakar yang digunakan oleh segala jenis kapal dalam pelayaran domestik (tidak termasuk nelayan, dilaporkan pada 1A4cii, dan militer dilaporkan pada 1A5b).
1 A 3 e	Transportasi lainnya ( <i>Other Transportation</i> )	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). Transportasi untuk kegiatan terkait militer seyogyanya dilaporkan di kategori 1 A 5.
1 A 3 e i	Transportasi menggunakan jalur ( <i>Pipeline Transport</i> )	Emisi dari pembakaran pada kegiatan stasiun pompa dan kompresor dan perawatan pipa. Transportasi 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 ( <i>Other Sectors</i> )	Emisi dari aktivitas pembakaran bahan bakar berikut ini termasuk pembakaran untuk pembangkitan listrik dan panas untuk penggunaan sendiri.

**Lampiran 1. Lanjutan**

Kode (1)	Kategori (2)	Cakupan Kategori (3)
1 A 4 a	Komersial dan perkantoran ( <i>Commercial/ Institutional</i> )	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 ( <i>Residential</i> )	Seluruh emisi berasal dari pembakaran bahan bakar di kegiatan rumah tangga
1 A 4 c	Pertanian/ Kehutanan/ Nelayan/ Perikanan ( <i>Agriculture/ Forestry/ Fishing/ Fish Farms</i> )	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 ( <i>Stationary</i> )	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 ( <i>Off-road Vehicles and Other Machinery</i> )	Emisi dari pembakaran pada kendaraan yang digunakan di sektor pertanian dan kehutanan.
1 A 4 c iii	Nelayan ( <i>Fishing/ mobile combustion</i> )	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 kepemilikan kapal.
1 A 5	Lain lain ( <i>Non-Specified</i> )	Semua jenis emisi dari pembakaran bahan bakar yang belum tercakup pada sektor di atas.
1 A 5 a	Peralatan stasioner ( <i>Stationary</i> )	Emisi dari pembakaran bahan bakar di peralatan stasioner pada sektor2 diatas.
1 A 5 b	Peralatan bergerak ( <i>Mobile</i> )	Emisi dari kendaraan atau mesin mesin lainnya yang tidak tercakup di sektor-sektor diatas.
1 A 5 b i	Penerbangan ( <i>Mobile/ Aviation Component</i> )	Semua emisi dari kegiatan penerbangan yang belum tercakup dalam kategori diatas.
1 A 5 b ii	Pelayaran ( <i>Mobile/ Water-borne Component</i> )	Semua emisi dari kegiatan pelayaran yang belum tercakup dalam kategori diatas.
1 A 5 b iii	Peralatan bergerak lainnya ( <i>Mobile/ Other</i> )	Semua emisi dari peralatan bergerak lainnya yang tidak tercakup dalam kategori diatas.
1 A 5 c	Operasi Multilateral ( <i>Multilateral Operations</i> )	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 ( <i>Fugitive Emissions from Fuels</i> )	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 ( <i>Solid Fuels</i> )	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 ( <i>Coal Mining and Handling</i> )	Mencakup semua emisi dari penambangan dan penanganan batubara.
1 B 1 a i	Penambangan bawah tanah ( <i>Underground Mines</i> )	Semua emisi dari kegiatan penambangan pasca tambang, reklamasi, dan flaring metan.
1 B 1 a i 1	Penambangan ( <i>Mining</i> )	Mencakup semua gas yang dilepas ke atmosfer dari ventilasi degasifikasi tambang batubara.



**Lampiran 1. Lanjutan**

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

## Lampiran 1. Lanjutan

Kode (1)	Kategori (2)	Cakupan Kategori (3)
1 B 2 a iii 3	Trasnportasi ( <i>Transport</i> )	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 ( <i>Refining</i> )	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 ( <i>Distribution of Oil Products</i> )	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, pengisian, dan pembongkaran, dan fugitif dari bocoran peralatan merupakan sumber utama emisi kategori ini.
1 B 2 a iii 6	Lainnya ( <i>Other</i> )	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 ( <i>Natural Gas</i> )	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 ( <i>Venting</i> )	Emisi dari kegiatan venting aliran gas alam dan limbah gas/uap pada fasilitas gas alam.
1 B 2 b ii	Pembakaran ( <i>Flaring</i> )	Emisi dari kegiatan flaring aliran gas alam dan limbah gas/uap pada fasilitas gas alam.
1 B 2 b iii	Lainnya ( <i>All Other</i> )	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 ( <i>surface casing vent bows</i> ) dan pelepasan gas atau uap lainnya yang tidak secara spesifik dihitung sebagai <i>venting</i> dan <i>flaring</i> .
1 B 2 b iii 1	Eksplorasi ( <i>Exploration</i> )	Emisi fugitif (tidak termasuk <i>venting</i> dan <i>flaring</i> ) dari kegiatan pengeboran sumur gas, ujicoba sumur, dan lain sejenis.
1 B 2 b iii 2	Produksi ( <i>Production</i> )	Emisi fugitive (termasuk <i>venting</i> dan <i>flaring</i> ) dari sumur gas ke pintu masuk ( <i>inlet</i> ) 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 ( <i>acid gas</i> ).
1 B 2 b iii 3	Pemrosesan/pengolahan ( <i>Processing</i> )	Emisi Fugitive (diluar <i>venting</i> dan <i>flaring</i> ) dari fasilitas proses gas.

## Lampiran 1. Lanjutan

Kode (1)	Kategori (2)	Cakupan Kategori (3)
1 B 2 b iii 4	Transmisi dan Penyimpanan ( <i>Transmission and Storage</i> )	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 ( <i>Distribution</i> )	Emisi Fugitive (diluar <i>venting</i> dan <i>flaring</i> ) dari distribusi gas alam ke pengguna akhir.
1 B 2 b iii 6	Lainnya ( <i>Other</i> )	Emisi fugitive dari sistem gas alam (termasuk <i>venting</i> dan <i>flaring</i> ) 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, <i>peat</i> dan produksi energi lain yang tidak termasuk dalam 1.B.2.
1 C	Transportasi dan Penyimpanan Karbondioksida ( <i>Carbon Dioxide Transport and Storage</i> )	Penangkapan dan penyimpanan karbondioksida (CO <sub>2</sub> ) atau CCS mencakup penangkapan CO <sub>2</sub> dari sumber-sumber antropogenik (aktivitas manusia), transportasi menuju suatu lokasi penyimpanan dan pengisolasiannya jangka panjang dari atmosfer. Emisi-emisi yang terkait dengan transportasi, injeksi, dan penyimpanan CO <sub>2</sub> tercakup ke dalam kategori 1 C. Emisi (dan reduksi) yang terkait dengan penangkapan CO <sub>2</sub> 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	Transportasi CO <sub>2</sub> ( <i>Transport of CO<sub>2</sub></i> )	Terdiri atas emisi fugitif yang berasal dari sistem yang biasanya untuk mentransportasikan CO <sub>2</sub> 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 ( <i>Pipelines</i> )	Emisi fugitif yang berasal sistem jaringan pipa yang digunakan untuk transportasi CO <sub>2</sub> ke lokasi injeksi
1 C 1 b	Kapal ( <i>Ships</i> )	Emisi fugitif dari kapal yang biasa untuk mentransportasikan CO <sub>2</sub> ke lokasi injeksi
1 C 1 c	Lainnya ( <i>Other please specify</i> )	Emisi fugitif dari sistem lainnya yang biasa untuk mentransportasikan CO <sub>2</sub> ke lokasi injeksi dan penyimpanan sementara
1 C 2	Injeksi dan Penyimpanan ( <i>Injection and Storage</i> )	Emisi fugitif yang berasal dari kegiatan dan peralatan di lokasi injeksi dan emisi yang berasal dari tempat penyimpanan akhir sekali CO <sub>2</sub> ditempatkan dalam ruang penyimpanan
1 C 2 a	Injeksi ( <i>Injection</i> )	Emisi fugitif yang berasal dari kegiatan dan peralatan di lokasi injeksi
1 C 2 b	Penyimpanan ( <i>Storage</i> )	Emisi fugitif yang berasal dari tempat penyimpanan akhir sekali CO <sub>2</sub> ditempatkan dalam ruang penyimpanan
1 C 3	Lainnya ( <i>Other</i> )	Setiap emisi lainnya yang berasal dari CCS yang tidak dilaporkan di manapun



## **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 <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	MMVOCs	SO <sub>2</sub>
		(Gg)						
<b>I ENERGY</b>								
<b>1A</b>	<b>Fuel Combustion Activities</b>							
1A1	Energy Industries							
1A1a	Main Activity Electricity and Heat Production							
1A1ai	Electricity Generation							
1A1aii	Combined Heat and Power Generation (CHP)							
1A1aii	Heat Plants							
1A1b	Petroleum Refining							
1A1c	Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries							
1A1d	Manufacture of Solid Fuels							
1A1di	Other Energy Industries							
<b>1A2</b>	<b>Manufacturing Industries and Construction</b>							
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							
<b>1A3</b>	<b>Transport</b>							
1A3a	Civil Aviation							
1A3ai	International Aviation (International Bunkers) <sup>(1)</sup>							
1A3aii	Domestic Aviation							
1A3b	Road Transportation							
1A3bi	Cars							
1A3bi1	Passenger Cars with 3-way Catalysts							
1A3bi2	Passenger Cars without 3-way Catalysts							
1A3bi1	Light-duty Trucks							
1A3bi11	Light-duty Trucks with 3-way Catalysts							
1A3bi12	Light-duty Trucks without 3-way Catalysts							
1A3bi1	Heavy-duty Trucks and Buses							
1A3bi1v	Motorcycles							
1A3bi1v	Evaporative Emissions from Vehicles							
1A3bi1v	On-a-board Catalysts							
1A3c	Railways							
1A3d	Water-borne Navigation							
1A3di	International Water-borne Navigation (International Bunkers) <sup>(1)</sup>							
1A3di1	Domestic Water-borne Navigation							
1A3e	Other Transportation							
1A3ei	Pipeline Transport							
1A3ei1	Off-road							
<b>1A4</b>	<b>Other Sectors</b>							
1A4a	Commercial/Institutional							
1A4b	Residential							

## Lampiran 2.1 Tabel Basis Data Kegiatan Pengadaan dan Penggunaan Energi

Categories		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NMHCs	SO <sub>2</sub>
		(Gg)						
1A4 c	Agriculture/Forestry/Fishing/Fish Farms							
1A4 ci	Stationary							
1A4 cij	Off-road Vehicles and Other Machinery							
1A4 cij1	Fishing (mobile combustion)							
1A5	Non-Specified							
1A5 a	Stationary							
1A5 b	Mobile							
1A5 bi	Mobile (aviation component)							
1A5 bij	Mobile (water-borne component)							
1A5 bij1	Mobile (other)							
1A5 c	Multilateral Operations <sup>1) 2)</sup>							
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 <sub>2</sub>							
1B1 ai1	Surface Mines							
1B1 ai11	Mining							
1B1 ai12	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 ai1	Flaring							
1B2 ai11	All Other							
1B2 ai111	Exploration							
1B2 ai112	Production and Upgrading							
1B2 ai113	Transport							
1B2 ai114	Refining							
1B2 ai115	Distribution of Oil Products							
1B2 ai116	Others							
1B2 b	Natural Gas							
1B2 bi	Venting							
1B2 bi1	Flaring							
1B2 bi11	All Other							
1B2 bi111	Exploration							
1B2 bi112	Production							
1B2 bi113	Processing							
1B2 bi114	Transmission and Storage							
1B2 bi115	Distribution							
1B2 bi116	Others							
1B3	Other Emissions from Energy Production							
1C	Carbon Dioxide Transport and Storage							
1C1	Transport of CO <sub>2</sub>							
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 <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOCs	SO <sub>2</sub>
	(Gg)						
<b>Memo items</b> <sup>(a)</sup>							
International Bunkers							
International Aviation (International Bunkers)							
International Water-borne Transport (International Bunkers)							
Multilateral Operations							
<b>Information items</b>							
CO <sub>2</sub> 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 <sup>(2)</sup> (Gg)	
							Solid			Liquid			Gas			Other fossil fuel			Peat <sup>(1)</sup>			Biomass			Total			CO <sub>2</sub> amount captured <sup>(2)</sup>	Biomass
	Solid	Liquid	Gas	Other fossil fuel	Peat	Bio-mass	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> 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 <sup>(b)</sup> (Gg)												
						Solid			Liquid			Gas			Other fossil fuel			Peat <sup>(1)</sup>			Biomass			Total			CO <sub>2</sub> Amount captured <sup>(b)</sup>	Biomass								
	Solid	Liquid	Gas	Other fossil fuel	Peat	Bio-mass	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
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 <sup>(1)</sup>			Biomass					
	Solid	Liquid	Gas	Other fossil fuel	Peat	Bio-mass	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O			
1A3 Transport																											
1A3a Civil Aviation																											
1A3ai International Aviation (International Bunkers) <sup>(2)</sup>																											
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 <sup>(3)</sup>																											
1A3c Railways																											
1A3d Water-borne Navigation																											
1A3di International Water-borne Navigation (International Bunkers) <sup>(2)</sup>																											
1A3dii Domestic Water-borne Transport																											
1A3e Other Transportation																											
1A3ei Pipeline Transport																											
1A3eii Off-road																											
1A4 Other Sectors																											
1A4a Commercial/Institutional																											
1A4b Residential																											
1A4c 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 <sup>(f)</sup>			Biomass					
	Solid	Liquid	Gas	Other fossil fuel	Peat	Biomass	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O			
1A5 Non-Specified																											
1A5a Stationary																											
1A5b Mobile																											
1A5bi Mobile (aviation component)																											
1A5bii Mobile (water-borne component)																											
1A5biii Mobile (other)																											
1A5c Multilateral Operation																											
Memo items <sup>(4)</sup>																											
International Bunkers																											
International Aviation (International Bunkers)																											
International Water-borne Transport (International Bunkers)																											
Multilateral Operations <sup>(5)</sup>																											

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

Category	Activity Data			Emissions (Gg)			Information Item: Amount captured <sup>(2)</sup> (Gg)
	Description	Unit <sup>(1)</sup>	Value	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
<b>1B Fugitive Emissions from Fuels</b>							
<b>1B1 Solid Fuel</b>							
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 <sub>4</sub> to CO <sub>2</sub>	gas flared	10 <sup>6</sup> Sm <sup>3</sup>					
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					
<b>1B2 Oil and Natural Gas</b>							
1B2a Oil							
1B2ai Venting	total gas vented from oil production	10 <sup>6</sup> Sm <sup>3</sup>					
1B2aii Flaring	gas flared from oil production	10 <sup>6</sup> Sm <sup>3</sup>					
1B2aiii All other							
1B2aiii1 Exploration	wells drilled	number					
1B2aiii2 Production and Upgrading	oil produced	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>					
1B2aiii3 Transport	crude oil transported	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>					
1B2aiii4 Refining	refinery crude oil throughput	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>					
1B2aiii5 Distribution of Oil Products	amount distributed	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>					
1B2aiii6 Others							
1B2b Natural Gas							
1B2bi Venting	Total gas vented from natural gas production	10 <sup>6</sup> Sm <sup>3</sup>					
1B2bii Flaring	gas flared from natural gas production	10 <sup>6</sup> Sm <sup>3</sup>					
1B2biii All Other							
1B2biii1 Exploration	number wells drilled	number					
1B2biii2 Production	Gas produced	10 <sup>6</sup> Sm <sup>3</sup>					
1B2biii3 Processing	Amount of gas processed at facilities	10 <sup>6</sup> Sm <sup>3</sup>					
1B2biii4 Transmission and Storage	Amount transported and stored	10 <sup>6</sup> Sm <sup>3</sup>					
1B2biii5 Distribution	Amount of gas distributed	10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup>					
1B2biii6 Others							
<b>1B3 Other Emissions from Energy Production</b>							

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

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

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

Category <sup>(1)</sup>	CO <sub>2</sub> (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 <sub>2</sub> 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 consump- tion	Conversion factor	Apparent consump- tion	Carbon emission factor	Carbon content	Carbon content	Excluded carbon	Net carbon emission	Fraction of carbon oxidised	Actual carbon emission	CO <sub>2</sub> emission
			(Unit)	(Unit)	(Unit)	(Unit)	(Unit)	(Unit)	(TJ/Unit)	(TJ)	(G/TJ)	(t C)	(Gg C)	(Gg C)	(Gg C)	(Gg C)		(Gg C)
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 <sup>(1)</sup>																
		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 <sup>(2)</sup>																		
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 <sup>(a)</sup>								
Sheet	1 of 4 (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> and N <sub>2</sub> O from fuel combustion by source categories – Tier 1)								
	Energy consumption			CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Consumption	Conversion Factor <sup>(b)</sup>	Consumption	CO <sub>2</sub> Emission Factor	CO <sub>2</sub> Emissions	CH <sub>4</sub> Emission Factor	CH <sub>4</sub> Emissions	N <sub>2</sub> O Emission Factor	N <sub>2</sub> O Emissions
	(Mass, Volume or Energy unit)	(TJ/unit)	(TJ)	(kg CO <sub>2</sub> /TJ)	(Gg CO <sub>2</sub> )	(kg CH <sub>4</sub> /TJ)	(Gg CH <sub>4</sub> )	(kg N <sub>2</sub> O /TJ)	(Gg N <sub>2</sub> O)
			$C=A*B$		$E=C*D/10^6$		$G=C*F/10^6$		$I=C*H/10^6$
<b>Liquid fuels</b>									
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									
<sup>(a)</sup> 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. <sup>(b)</sup> 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 <sup>(a)</sup>								
Sheet	2 of 4 (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> and N <sub>2</sub> O from fuel combustion by source categories – Tier 1)								
	Energy consumption			CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Consumption	Conversion Factor	Consumption	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O Emission Factor	N <sub>2</sub> O
	(Mass, Volume or Energy unit)	(TJ/unit)	(TJ)	Emission Factor	Emissions	Emission Factor	Emissions	(kg N <sub>2</sub> O /TJ)	Emissions
				(kg CO <sub>2</sub> /TJ)	(Gg CO <sub>2</sub> )	(kg CH <sub>4</sub> /TJ)	(Gg CH <sub>4</sub> )		(Gg N <sub>2</sub> O)
			<b>C=A*B</b>		<b>E=C*D/10<sup>6</sup></b>		<b>G=C*F/10<sup>6</sup></b>		<b>I=C*H/10<sup>6</sup></b>
Lubricants									
Petroleum Coke									
Refinery Feedstocks									
Refinery Gas									
Paraffin Waxes									
Other Petroleum Products									
<b>Solid fuels</b>									
Anthracite									
Coking Coal									
Other Bituminous Coal									
Sub-bituminous coal									
Lignite									
Oil Shale and Tar Sands									
Brown Coal Briquettes									

<sup>(a)</sup> 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 <sup>(a)</sup>								
Sheet	CH <sub>4</sub> and N <sub>2</sub> O								
	consumption			CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Consumption	Conversion Factor	Consumption	CO <sub>2</sub> Emission Factor	CO <sub>2</sub> Emissions	CH <sub>4</sub> Emission Factor	CH <sub>4</sub> Emissions	N <sub>2</sub> O Emission Factor	N <sub>2</sub> O
	(Mass, Volume or Energy unit)	(TJ/unit)	(TJ)	(kg CO <sub>2</sub> /TJ)	(Gg CO <sub>2</sub> )	(kg CH <sub>4</sub> /TJ)	(Gg CH <sub>4</sub> )	(kg N <sub>2</sub> O /TJ)	Emissions
									(Gg N <sub>2</sub> O)
			$C=A*B$		$E=C*D/10^6$		$G=C*F/10^6$		$I=C*H/10^6$
Patent Fuel									
Coke Oven Coke / Lignite Coke									
Gas Coke									
Coal Tar									
Gas Work Gas									
Coke Oven Gas									
Blast Furnace Gas									
Oxygen Steel Furnace Gas									
<b>Natural gas</b>									
Natural Gas (Dry)									
<b>Other fossil fuels</b>									
Municipal wastes (non-biomass fraction)									
Industrial Wastes									
Waste Oils									
<b>Peat</b>									
Peat									
<b>Total</b>									

<sup>a</sup> 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 <sup>(a)</sup>								
Sheet	4 of 4 (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> and N <sub>2</sub> O from fuel combustion by source categories – Tier 1)								
	Energy consumption			CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Consumption	Conversion Factor	Consumption	CO <sub>2</sub> Emission Factor	CO <sub>2</sub> Emissions	CH <sub>4</sub> Emission Factor	CH <sub>4</sub> Emissions	N <sub>2</sub> O Emission Factor	N <sub>2</sub> O Emissions
	(Mass, Volume or Energy unit)	(TJ/unit)	(TJ)	(kg CO <sub>2</sub> /TJ)	(Gg CO <sub>2</sub> )	(kg CH <sub>4</sub> /TJ)	(Gg CH <sub>4</sub> )	(kg N <sub>2</sub> O /TJ)	(Gg N <sub>2</sub> O)
			<b>C=A*B</b>		<b>E=C*D/10<sup>6</sup></b>		<b>G=C*F/10<sup>6</sup></b>		<b>I=C*H/10<sup>6</sup></b>
<b>Biomass</b>				<b>Information Items<sup>b</sup></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)									
				<b>Total</b>		<b>Total</b>		<b>Total</b>	
<sup>a</sup> 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.									
<sup>b</sup> 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 <sub>2</sub> emissions from capture for sub-categories 1A 1 and 1A 2 by type of fuel (Gg CO <sub>2</sub> ))																					
	Liquid fuels			Solid fuels			Natural gas			Other fossil fuels			Peat			Biomass			Total		
	A <sup>a</sup>	B	C	D <sup>a</sup>	E	F	G <sup>a</sup>	H	I	J <sup>a</sup>	K	L	M <sup>a</sup>	N	O	P <sup>a</sup>	Q	R	S <sup>a</sup>	T	U
	CO <sub>2</sub> produced	CO <sub>2</sub> captured	CO <sub>2</sub> emitted	CO <sub>2</sub> produced	CO <sub>2</sub> captured	CO <sub>2</sub> emitted	CO <sub>2</sub> produced	CO <sub>2</sub> captured	CO <sub>2</sub> emitted	CO <sub>2</sub> produced	CO <sub>2</sub> captured	CO <sub>2</sub> emitted	CO <sub>2</sub> produced	CO <sub>2</sub> captured	CO <sub>2</sub> emitted	CO <sub>2</sub> produced	CO <sub>2</sub> captured	CO <sub>2</sub> emitted	CO <sub>2</sub> produced	CO <sub>2</sub> captured	CO <sub>2</sub> 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+M+P	U=C+F+I+L+O+Q
1A Fuel Combustion Activities																					
1A1 Energy Industries																					
1A1a Main Activity Electricity and Heat Production																					
1A1ai Electricity Generation																					
1A1ai Combined Heat and Power Generation (CHP)																					
1A1aii Heat Plants																					
1A1b Petroleum Refining																					
1A1c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries																					
1A1ci Manufacture of Solid Fuels																					
1A1ci 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<sub>2</sub> produced is the sum of the amounts of CO<sub>2</sub> 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 <sub>4</sub> and CO <sub>2</sub> emissions from underground mining activities)						
<b>CH<sub>4</sub> Emissions</b>							
	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 <sup>3</sup> tonne <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(Gg CH <sub>4</sub> m <sup>-3</sup> )	(Gg CH <sub>4</sub> )	(Gg CH <sub>4</sub> )	(Gg CH <sub>4</sub> )
			C = A*B		E=C*D		G=E-F
Mining (1.B.1.a.i.1)				0.67x10 <sup>-6</sup>			
Post-Mining (1.B.1.a.i.2)				0.67x10 <sup>-6</sup>			
<b>CO<sub>2</sub> Emissions</b>							
	A	B	C	D	E		
	Amount of Coal Produced	Emission Factor	CO <sub>2</sub> Emissions	Conversion Factor	CO <sub>2</sub> Emissions		
	(tonne)	(m <sup>3</sup> tonne <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(Gg CO <sub>2</sub> m <sup>-3</sup> )	(Gg CO <sub>2</sub> )		
			C=A*B		E=C*D		
Mining (1.B.1.a.i.1)				1.83x10 <sup>-6</sup>			
Post-Mining (1.B.1.a.i.2)				1.83x10 <sup>-6</sup>			

**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 <sub>4</sub> Emissions							
Closure Interval  (e.g., 1901-1925)	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
			( m <sup>3</sup> year <sup>-1</sup> )	(Gg CH <sub>4</sub> m <sup>-3</sup> )	(Gg CH <sub>4</sub> )	(Gg CH <sub>4</sub> )	(Gg CH <sub>4</sub> )
					E=A*B*C*D		G=E-F
				0.67x10 <sup>-6</sup>			
				0.67x10 <sup>-6</sup>			
				0.67x10 <sup>-6</sup>			
				0.67x10 <sup>-6</sup>			
				0.67x10 <sup>-6</sup>			
				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 <sub>2</sub> emissions and unburnt CH <sub>4</sub> emissions from drained methane flared or catalytically oxidised)				
	CO <sub>2</sub> emissions from CH <sub>4</sub> 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 <sup>3</sup> )	(Gg CH <sub>4</sub> m <sup>-3</sup> )			(Gg)
					E=A*B*C*D
CO <sub>2</sub>		0.67x10 <sup>-6</sup>	0,98	2,75	
CH <sub>4</sub>			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 <sub>4</sub> and CO <sub>2</sub> emissions from surface mining activities)				
CH <sub>4</sub> Emissions					
	A	B	C	D	E
	Amount of Coal Produced	Emission Factor	Methane Emissions	Conversion Factor	Methane Emissions
	(tonne)				
		(m <sup>3</sup> tonne <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(Gg CH <sub>4</sub> m <sup>-3</sup> )	(Gg CH <sub>4</sub> )
			C = A*B		E=C*D
Mining (1.B.1.a.ii.1)				0.67x10 <sup>-6</sup>	
Post-Mining (1.B.1.a.ii.2)				0.67x10 <sup>-6</sup>	
CO <sub>2</sub> Emissions					
	A	B	C	D	E
	Amount of Coal Produced	Emission Factor	CO <sub>2</sub> Emissions	Conversion Factor	CO <sub>2</sub> Emissions
	(tonne)	(m <sup>3</sup> tonne <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(Gg CO <sub>2</sub> m <sup>-3</sup> )	(Gg CO <sub>2</sub> )
			C=A*B		E=C*D
Mining (1.B.1.a.ii.1)				1.83x10 <sup>-6</sup>	
Post-Mining (1.B.1.a.ii.2)				1.83x10 <sup>-6</sup>	

### 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 <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
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 <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
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 Combustion Activities - Reference Approach

Sector			Energy					
Category			Fuel combustion activities					
Category Code			1A					
Sheet			1 of 3 (CO <sub>2</sub> from energy sources - Reference Approach)					
			step 1					
			A	B	C	D	E	F
			Production	Imports	Exports	International Bunkers	Stock Change	Apparent Consumption F=A+B-C-D-E
Fuel Types								
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								

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

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

Sector			Energy			
Category			Fuel combustion activities			
Category Code			1A			
Sheet			2 of 3 (CO <sub>2</sub> 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*1/1000
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				
<b>Liquid Fossil Total</b>						
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				
<b>Solid Fossil Total</b>						
Gaseous Fossil		Natural Gas (Dry)				
Other	Municipal Wastes (non-bio. fraction)					
	Industrial Wastes					
	Waste Oils					
<b>Other Fossil Fuels Total</b>						
Peat						
<b>Total</b>						

<sup>a</sup> Please specify units.

<sup>b</sup> If anthracite is not separately available, include with Other Bituminous Coal.

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

Sector			Energy			
Category			Fuel combustion activities			
Category Code			1A			
Sheet			3 of 3 (CO <sub>2</sub> from energy sources - Reference Approach)			
			step 4		step 5	
			K	L	M	N
			Excluded Carbon	Net Carbon Emissions	Fraction of Carbon Oxidised	Actual CO <sub>2</sub> Emissions
			(Gg C)	(Gg C)		(Gg CO <sub>2</sub> )
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				
<b>Liquid Fossil Total</b>						
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				
<b>Solid Fossil Total</b>						
Gaseous Fossil		Natural Gas (Dry)				
Other	Municipal Wastes (non-bio- fraction)					
	Industrial Wastes					
	Waste Oils					
<b>Other Fossil Fuels Total</b>						
Peat						
<b>Total</b>						

<sup>a</sup>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*

<b>Sector</b>	<b>Energy</b>				
<b>Category</b>	<b>Reference Approach (Auxiliary Worksheet 1-1: Estimating Excluded Carbon)</b>				
<b>Category Code</b>	<b>1A</b>				
<b>Sheet</b>	<b>1 of 1 Auxiliary Worksheet 1-1: Estimating Excluded Carbon</b>				
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
	Estimated Fuel Quantities	Conversion Factor	Estimated Fuel Quantities	Carbon Content	Excluded Carbon
		(TJ/Unit)	(TJ)	(t C/TJ)	(Gg C)
<b>Fuel Types</b>			<b>C=A*B</b>		<b>E=C*D/1000</b>
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).

<sup>a</sup> Enter the amount of fuel delivered to petrochemical feedstocks.

<sup>b</sup> Refinery gas, paraffin waxes and white spirit are included in "other oil".

<sup>c</sup> Total deliveries.

<sup>d</sup> Deliveries to the iron and steel and non-ferrous metals industries.

<sup>e</sup> Deliveries to chemical industry.

<sup>f</sup> Deliveries to chemical industry and construction.

<sup>g</sup> Deliveries to petrochemical feedstocks and blast furnaces.

<sup>h</sup> 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.