REPUBLIK INDONESIA

PEDOMAN PENYELENGGARAAN INVENTARISASI GAS RUMAH KACA NASIONAL

BUKU II

VOLUME 4
METODOLOGI PENGHITUNGAN TINGKAT EMISI GAS RUMAH KACA

PENGELOLAAN LIMBAH

KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP

2012

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR i
SAMBUTAN MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP iii
DAFTAR ISI..... v
DAFTAR TABEL..... vii
DAFTAR GAMBAR..... x
I. PENDAHULUAN 1
1.1 Kategori Sumber dan Jenis Emisi Gas Rumah Kaca..... 1
1.2 Metodologi..... 5
1.3 Kelengkapan Inventarisasi dan Penyusunan Data Runtut Waktu (*Time Series*) yang Konsisten..... 7
1.4 Analisis Ketidakpastian Data Aktivitas dan Faktor Emisi..... 10
1.5 Penjaminan dan Pengendalian Mutu atau *Quality Assurance/Quality Control* (QA/QC), Pelaporan, dan Pengarsipan..... 13
1.6 Referensi Sumber Data dan Pengelolaan Data..... 18

II. PENGUMPULAN DATA AKTIVITAS DAN FAKTOR EMISI..... 19
2.1 Pengumpulan Data Aktivitas Limbah..... 19
2.2 Pengumpulan Data Karakteristik Limbah..... 26
2.3 Pengumpulan Data Parameter Emisi Gas Rumah Kaca dari Sistem Pengelolaan Limbah..... 34
2.4 Karbon Tersimpan Pada Sampah Padat Kota..... 38

III. METODOLOGI PERHITUNGAN TINGKAT EMISI GAS RUMAH KACA DARI TUMPUKAN SAMPAH DI TPA..... 41
3.1 Penentuan Metoda Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca..... 42
3.2 Langkah-langkah Penghitungan Emisi CH_4 dari TPA dengan Metoda Perhitungan Dasar Orde Satu (*First Order Decay)*..... 43
3.3 Langkah-langkah Penghitungan Pembentukan CH_4 dari TPA dengan Metoda Perhitungan Dasar Orde Satu (*First Order Decay)*..... 44
3.4 Tata Cara Penggunaan *Spreadsheet* atau Software IPCC 2006 Guidelines (GL)..... 50
3.5 Metoda Pengukuran dalam Perkiraan Emisi Gas CH_4 dari Sampah Padat Kota..... 55
3.6 Sumber Data Aktivitas dan Faktor Emisi Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca dari Kegiatan Pengelolaan Sampah Kota di TPA..... 55

Halaman

IV. METODOLOGI PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH KACA PENGOLAHAN LIMBAH PADAT SECARA BIOLOGI 59
4.1 Emisi Gas Rumah Kaca Pengolahan Limbah Padat Secara Biologi..... 59
4.2 Langkah-langkah Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca Pengolahan Limbah Padat Biologi..... 59
4.3 Tata Cara Penggunaan Template Penghitungan Gas Rumah Kaca Pengolahan Biologi Sampah..... 61

V. METODOLOGI PENGHITUNGAN TINGKAT EMISI GAS RUMAH KACA DARI INSINERASI LIMBAH DAN PEMBAKARAN TERBUKA (*OPEN BURNING*)..... 64
5.1 Penentuan Metoda dan Tingkat Ketelitian Perhitungan (*Tier*)..... 64
5.2 Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Insinerasi dan Pembakaran Terbuka (*Open Burning)*..... 65
5.3 Tata Cara Penggunaan Template Insinerasi dan Pembakaran Sampah.. 67

VI. METODOLOGI PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH KACA DARI KEGIATAN PENGOLAHAN / PEMBUANGAN LIMBAH CAIR..... 74
6.1 Limbah Cair Domestik..... 74
6.2 Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca dari Pengolahan Limbah Cair Industri..... 77
6.3 Pengelolaan Data Penghitungan Emisi Gas Rumah Kaca dari Limbah Cair 80
6.4 Tata Cara Penggunaan Template Limbah Cair Domestik..... 82
6.5 Pengelolaan Data 89
DAFTAR PUSTAKA..... 90
LAMPIRAN-LAMPIRAN..... 91
1. Perbaikan Tingkat Ketelitian Data Berat Sampah di TPA 91
2. Penentuan Karakteristik Sampah 101
3. Deskripsi Kategori Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengelolaan Limbah ... 121
4. Tabel Pelaporan (*Common Reporting Format*) Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Pengelolaan Limbah 125
5. Lembar Kerja (*Worksheet*) Penghitungan Emisi GRK Kegiatan Pengelolaan Limbah..... 131

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel1.1	Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair, dan Potensi Emisi Gas RumahKaca……	4
Tabel 1.2	Besarnya Rentang Angka Ketidakpastian terhadap Parameter terkait Faktor Emisi……	12
Tabel 2.1	Default Data Regional Laju Pembentukan Sampah dan Pengelolaan Sampah……	20
Tabel 2.2	Hasil Survey Laju Pembentukan Sampah Padat Domestik Perkotaan atau *municipal solid waste* MSW Rata-rata di berbagai Kota di Indonesia……	20
Tabel2.3	Contoh Perhitungan dan *Survey Bulk Density* Sampah di TPA……	23
Tabel 2.4	Contoh Perhitungan Komposisi (%-BeratBasah) Sampah……	29
Tabel 2.5	Komposisi Sampah yang Masuk Masing-masing TPA……	29
Tabel 2.6	Contoh Perhitungan Fraksi *Degradable Organic Carbon* (DOC) Sampah Bulk yang Terimbun di TPA/SWDS……	31
Tabel 2.7	Kandungan Berat kering *(Dry Matter Content)* Sampah di Pilot Project……	32
Tabel 2.8	Data Angka Default *Degradable Organic Carbon* (DOC) dan*Dry Matter Content*Sampah Kota……	32
Tabel 2.9	Data *Degradable Organic Carbon* (DOC) dan *Dry Matter Content*LimbahPadatIndustri……	33
Tabel 2.10	Data Degradable Organic Carbon (DOC) dan Dry Matter Content Limbah B3 dan Limbah Klinis……	33
Tabel 2.11	Default IPCC 2006 Faktor Koreksi Metan/Methan Correction factor (MCF) untuk Berbagai Tipe SDWD (Land Fill)……	34
Tabel 2.12	Data Default (IPCC 2006 GL) Fraksi Penggunaan Tipe Pengolahan Limbah Cair Perkotaan untuk Berbagai Kategori Masyarakat……	35
Tabel 2.13	Nilai Default Faktor Koreksi Metan/Methan Correction factor (MCF) untuk Limbah Cair……	36
Tabel 2.14	Faktor Oksidasi (OX) Gas CH_4Pada Penutup Timbunan Sampah di TPA……	37
Tabel 2.15	Rekomendasi Angka Default (IPCC 2006 Guidelin) Laju Pembentukan Gas Metan (k) Berdasarkan Tier ……	39
Tabel 2.16	Rekomendasi Angka Default (IPCC 2006 Guideline (untuk Waktu Paruh (T1/2) Berdasarkan Tier 1……	40
Tabel 3.1	Metoda FOD Penghitungan DDOCm Tertimbun, Terakumulasi, Terdekomposisi……	46
Tabel 3.2	Berat Sampah Dibuang ke TPA/SWDS di beberapa Kota di Indonesia,K Ton……	55
Tabel 3.3	Perkiraan Pembentukan Sampah (M3) dan Volume Sampah	

	yang Terangkut (M3) perhari di beberapa Kota di Indonesia 2004-2005……	56
Tabel 3.4	Persentase Rumah Tangga Menurut Cara Pembuangan Sampah dan Provinsi Hasil Survey……....	57
Tabel 3.5	Hasil Survey……..	58
Tabel 3.6	Hasil Perkiraan Dry Matter Content (% beratkering)……...	58
Tabel 4.1	Faktor emisi (EF) default OPCC 2006 GL (Tier 1).....	61
Tabel 4.2	Contoh Template Penghitungan EmisiCH4 dari Pengolahan Biologi Limbah Padat	62
Tabel 4.3	Contoh data yang dipergunakan dalam penghitungan di Tabel4.2……..	62
Tabel 4.4	Contoh Template Penghitungan Emisi N2O Pengolahan Biologi Limbah Padat.....,……	63
Tabel 5.1	Contoh template perhitungan CO2 dari Proses Insinerasi/PembakaranLimbah.....	68
Tabel 5.2	Jumlah total limbah yang dibakar secara terbuka.....	69
Tabel 5.3	*CO2 emissions from Open Burning of Waste*…….....	70
Tabel 5.4	*CO2 emissions from incineration of fossil liquid waste*…….....	71
Tabel 5.5	*CH4 emissions from Incineration of Waste*…….....	71
Tabel 5.6	*CH4 emissions from Open Burning of Waste*…….....	72
Tabel 5.7	*N2O emissions from Incineration of Waste*…….....	72
Tabel 5.8	*N2O emissions from Open Burning of Waste*…….....	73
Tabel 6.1	Nilai Default MCF untuk Limbah Cair.....	78
Tabel 6.2	Defaul IPCC 2006 untuk waste generation dan COD industri.....	79
Tabel 6.3	Standar Tingkat Ketidakpastian Untuk Limbah Cair Industri.....	81
Tabel 6.4	Standar Tingkat Ketidakpastian Estimasi Emisi N2O.....	81
Tabel 6.5	Organically Degradable Material in Domestic Wastewater……	82
Tabel 6.6	Faktor emisi CH_4 untuk Limbah Cair Domestik ……..	83
Tabel 6.7	Estimasiemisi CH4 dariLimbahCairDomestik……	84
Tabel 6.8	Total bahan organic pada limbah cair setiap industri yang dapatterdegradasi……	85
Tabel 6.9	FaktorEmisi CH4 untuk Limbah Cair Industri……...	85
Tabel 6.10	Emisi CH4 dari LimbahCairIndustri…….....	86
Tabel 6.11	Estimasi Kandungan Nitrogen pada Effluent…….....	87
Tabel 6.12	Estimasi Faktor Emisidan Tingkat Emisi Indirect N2O dari Limbah Cair…….....	88

DAFTAR GAMBAR

Halaman

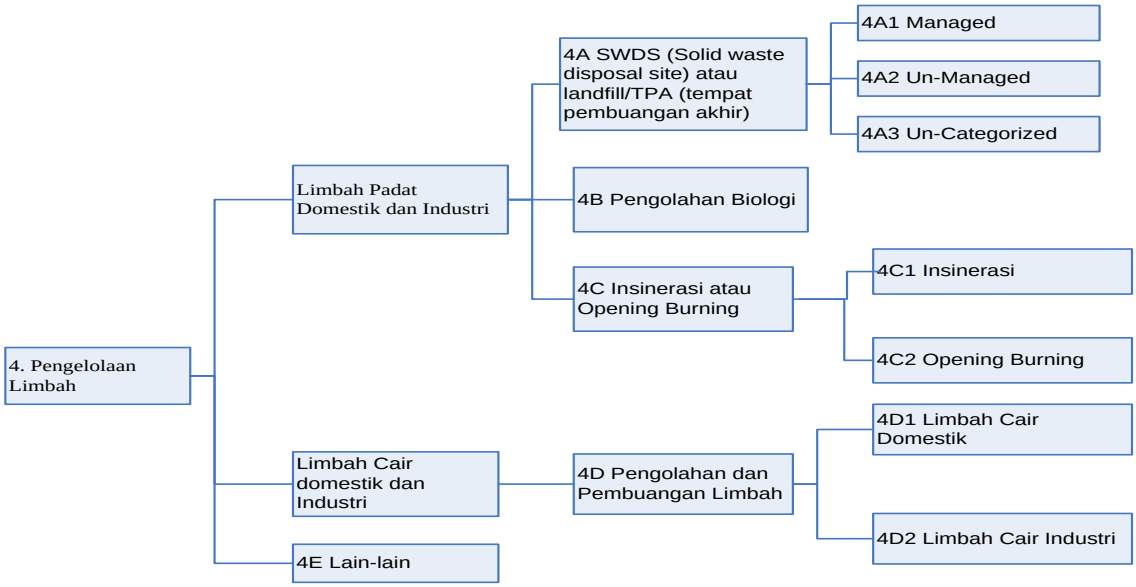
Gambar 1.1 Kategori Sumber Utama Emisi GRK dari Kegiatan Pengelolaan Limbah..... 1
Gambar 1.2 Skema Aliran Pengolahan Dan Pembuangan Limbah Cair Domestik/Industri..... 3
Gambar 1.3 Skema Pelaksanaan Inventarisasi dan Kemungkinan Implementasi QA dan QC..... 15
Gambar 1.4 Sistem Pelaporan Hasil Inventarisasi Emisi GRK Penanganan Limbah Domestik..... 16
Gambar 1.5 Sistem Pelaporan Hasil Inventarisasi Emisi GRK Penanganan Limbah Industri..... 17
Gambar 2.1 Skema Pengelolaan Sampah Padat Domestic..... 21
Gambar 2.2 Jembatan Timbang yang Berada di Lokasi TPA..... 22
Gambar 2.3 Gambar Kondisi Penanganan Limbah Padat Industri Sawit..... 24
Gambar 2.4 Sumber Utama GRKdari Pengolahan Limbah Cair di Industri Pada Umumnya..... 26
Gambar 2.5 Penentuan Komposisi Sampah Berbasis 1 M3 Sampel yang Merepresentasikan Komposisi Sampah yang Ditimbun Di TPA yang Berasal dari Berbagai Wilayah..... 28
Gambar 3.1 Proses Pembentukan Emisi GRK dari Tumpukan Sampah Kota di TPA..... 41
Gambar 3.2 *Decision Tree*PenentuanMetodologi (Tier) Penghitungan Tingkat Emisi GRK dari Kegiatan Penimbunan Sampah di TPA..... 43
Gambar 5.1 *Decision Tree* Pemilihan Metodologi (Tier) Penghitungan Tingkat Emisi GRK Dari Kegiatan Insinerasi dan Pembakaran Secara Terbuka Limbah Padat..... 65
Gambar 6.1 *Decision Tree* Pemilihan Metodologi (Tier) Penghitungan Tingkat Emisi GRKdari Kegiatan Pengolahan Limbah Cair Domestik..... 75

I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai: (i) kategori sumber-sumber utama emisi GRK dan jenis emisi GRK dari masing-masing kegiatan pengelolaan limbah, (ii) Metodologi, (iii) Pengumpulan Data (Data Aktivitas Limbah dan Faktor Emisi), (iv) Perkiraan Tingkat Ketidakpastian (Data aktivitas maupun Faktor Emisi), (v) penjaminan dan pengendalian mutu (QA/QC), pelaporan, dan pengarsipan, serta (vi) referensi, sumber data dan pengelolaan data.

1.1 Kategori Sumber dan Jenis Emisi GRK

Pada bab ini disampaikan sumber-sumber utama emisi GRK yang tercakup di dalam inventarisasi emisi GRK dari kegiatan pengelolaan limbah sesuai dengan kategori yang terdapat pada IPCC Guideline 2006. Pada Gambar 1.1 berikut ini disampaikan skema sederhana kategori sumber-sumber utama emisi GRK dari pengelolaan limbah.



Catatan: Penomoran "4" pada gambar sesuai dengan penomoran pada IPCC 2006 GLs

Gambar 1.1 Kategori Sumber Utama Emisi GRK dari Kegiatan Pengelolaan Limbah

1.1.1 Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Limbah Padat

Pembuangan limbah padat di tempat pembuangan akhir (TPA) atau *landfill* limbah padat, yang di dalam IPCC 2006 Guideline disebut sebagai *solid waste disposal site* (SWDS) mencakup TPA/landfill untuk limbah padat domestik (sampah kota), limbah padat industri, limbah *sludge*/lumpur industri, dan lain-lain.

TPA dibedakan menjadi: (1) *Managed* SWDS (TPA yang dikelola/*control landfill*/*sanitary landfill*); (2) *Un-managed* SWDS (TPA yang tidak dikelola atau *open*

dumping); dan (3) *Uncategorized SWDS* (TPA yang tidak dapat dikategorikan sebagai *managed* maupun *un-managed SWDS* karena termasuk pada kualifikasi diantara keduanya).

Limbah padat yang umumnya dibuang di SWDS adalah sebagai berikut:

a. Sampah padat domestik (sampah kota) atau *municipal solid waste* (MSW);

b. Limbah padat industri (bahan berbahaya dan beracun/B3) maupun non-B3), yaitu misalnya *bottom ash* pembangkit listrik, limbah lumpur/*sludge* instalasi pengolahan limbah (IPAL), limbah padat industri agro (cangkang sawit/*Empty Fruit Bunch/*EFB), dan lain-lain yang umumnya dibuang pada *control landfill* (*managed* SWDS);

c. Limbah padat lainnya (*other waste*), yaitu *clinical waste* (limbah padat rumah sakit, laboratorium uji kesehatan, dan lain-lain), *hazardous waste*, dan *construction and demolition* (limbah konstruksi dan bongkaran bangunan), dan lain-lain;

d. *Agricultural waste* (tidak dikelompokkan dalam sampah ini, dibahas dalam AFOLU).

1.1.2 Pengolahan Limbah Padat secara Biologi

Pengolahan limbah padat secara biologi mencakup pengomposan dan proses biologi lainnya. Limbah padat yang umumnya diolah dengan cara pengomposan adalah:

(1) Komponen organik sampah padat perkotaan atau *Municipal Solid Waste* (MSW); dan

(2) Limbah padat industri agro (cangkang sawit/EFB).

1.1.3 Insinerasi Limbah Padat dan Pembakaran Terbuka

Pengolahan limbah padat secara termal dapat dilakukan melalui proses insinerasi dan *open burning* (pembakaran terbuka). Proses insinerasi adalah pembakaran limbah dalam sebuah insinerator yang terkendali dalam hal temperatur, proses pembakaran maupun emisi. Berbeda halnya dengan open burning yang dilakukan secara terbuka yang menghasilkan emisi relatif tinggi dibandingkan insinerasi. Pada kedua proses ini umumnya limbah padat terproses dengan sisa sedikit residu.

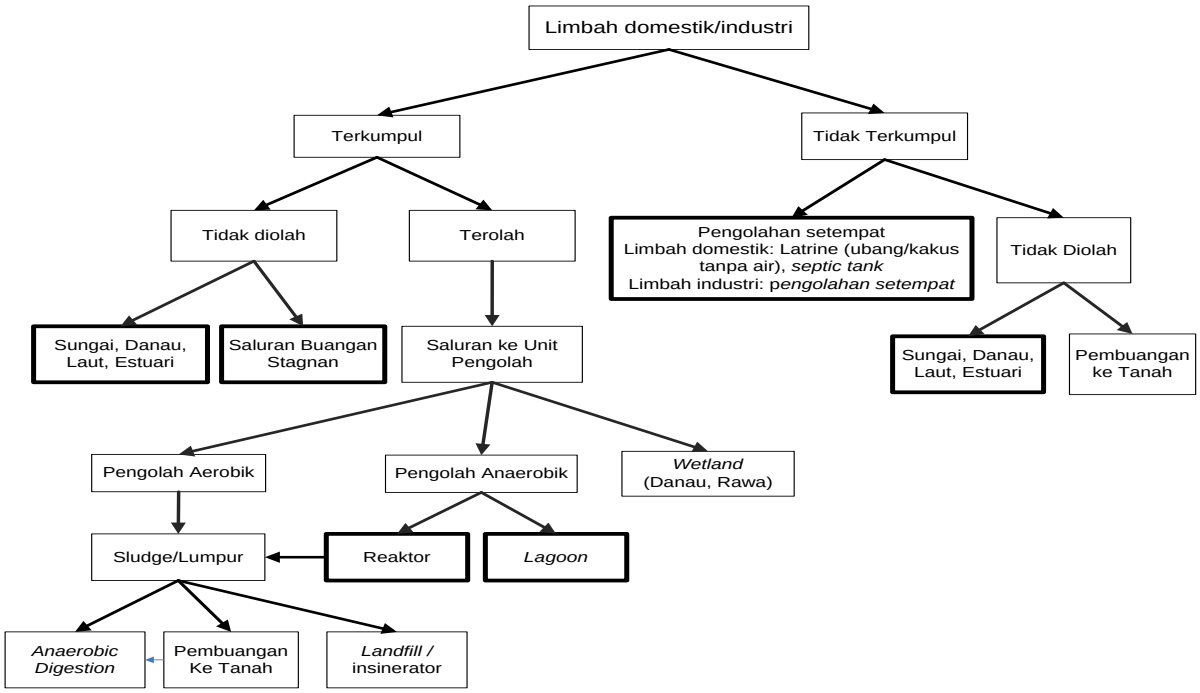
1.1.4 Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair

Limbah cair yang dimaksud pada pedoman ini mencakup limbah domestik dan limbah industri yang diolah setempat (*uncollected*) atau dialirkan menuju pusat

pengolahan limbah cair (*collected*) atau dibuang tanpa pengolahan melalui saluran pembuangan dan menuju ke sungai sebagaimana disampaikan secara skematik pada Gambar 1.2 dan Tabel 1.1. Nampak bahwa *collected untreated waste water* juga merupakan sumber emisi GRK, yaitu pada sungai, danau, dan laut. Pada *collected treated waste water*, sumber emisi GRK berasal dari pengolahan anaerobik reaktor dan *lagoon*.

Pada pengolahan aerobik tidak dihasilkan emisi GRK namun menghasilkan lumpur/sludge yang perlu diolah melalui *an-aerobic digestion*, *land disposal* maupun insinerasi. Limbah cair yang tidak dikumpulkan namun diolah setempat, seperti laterin dan septik tank untuk limbah cair domestik dan IPAL limbah cair industri, juga merupakan sumber emisi GRK yang tercakup dalam inventarisasi.

IPAL limbah cair industri yang merupakan sumber potensial emisi GRK mencakup industri pemurnian alkohol, pengolahan beer dan malt, pengolahan kopi, pengolahan produk-produk dari susu, pengolahan ikan, pengolahan daging dan pemotongan hewan, bahan kimia organik, kilang BBM, plastik dan resin, sabun dan deterjen, produksi *starch* (tapioka), rafinasi gula, minyak nabati/minyak sayur, jus buah-buahan dan sayuran, anggur dan vinegar, dan lain-lain.



Sumber: Diterjemahkan dari IPCC 2006-GL

Gambar 1.2 Skema Aliran Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair Domestik/Industri

Tabel 1.1 Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair, dan Potensi Emisi Gas Rumah Kaca

Tipe Pengolahan dan Pembuangan				**Potensi Emisi CH_4 dan N_2O**
Dikumpulkan	Tanpa Perlakuan		Aliran sungai	Kekurangan oksigen pada sungai/danau menyebabkan dekomposii secara anaerobik yang menghasilkan CH_4
			Saluran tertututp bawah tanah	Tidak menghasiklan CH_4 dan N_2O
			Saluran pembuangan (terbuka)	Kelebihan limbah pada saluran terbuka merupakan sumber CH_4
	Perlakuan	Aerobik	Fasilitas Pengolahan Limbah Cair Terpusat Secara Aerobik	CH_4 dalam jumlah tertentu dari lapisan anaerobik
				Sistem aerobik yang buruk dapat menghasilkan CH_4
				Pabrik dengan pemisahan nutrisi (nitrifikasi dan denitrifikasi) menghasilkan N_2O dalam jumlah sedikit
			Pengolahan Lumpur Anaerobik Pada Pengolahan Limbah Cair Terpusat Secara Aerobik	Kemungkinan lumpur merupakan sumber CH_4 dan jika CH_4 yang dihasilkan tidak direkoveri dan dibakar (*flared*)
			Kolam dangkal Secara Aerobik	Tidak menghasilkan CH_4 dan N_2O
				Sistem aerobik yang buruk dapat menghasilkan CH_4
		Anaerobik	Danau di pinggir Laut secara anaerobic	Dapat menghasilkan CH_4
				Tidak menghasilkan N_2O
			Reaktor (Digestor) Anaerobik	Kemungkinan lumpur merupakan sumber CH_4 dan jika CH_4 yang dihasilkan tidak direkoveri dan dibakar (*flared*)
Tidak Dikumpulkan			*Septic tanks*	Sering kali pemisahan padatan mengurangi produksi CH_4
			Laterine/Lubang Kakus Kering	Produksi CH_4 (temperatur & waktu penyimpanan tertentu)
			Aliran Sungai	Lihat di atas

Emisi gas rumah kaca dari kegiatan penanganan limbah mencakup gas metana (CH_4), nitro oksida (N_2O), dan karbon dioksida (CO_2) apabila terjadi pada kondisi anaerobik.

> Berdasarkan *IPCC 2006 Guidelines,* CO_2 yang diemisikan dari pengolahan limbah secara biologi dikategorikan sebagai *biogenic origin* yang tidak termasuk dalam lingkup inventarisasi GRK dari kegiatan pengolahan limbah.

CH_4 terutama berasal dari proses penguraian anaerobik limbah padat, limbah cair perkotaan, dan limbah cair industri pada saat ditimbun di TPA maupun dikomposkan. Disamping CH4, proses ini juga mengemisikan CO_2 dan N_2O. CH_4 juga diemisikan dari *collected untreated wastewater* limbah cair kota yang mencakup air limbah yang terkumpul dan tidak diolah (dibuang ke laut, sungai, danau, *stagnant sewer*/saluran air kotor yang mampat), *treated wastewater* limbah cair kota (anaerobik, digester,

septictank, laterine), dan fasilitas pengolahan air limbah industri. N_20 berasal dari proses pengomposan dan pembakaran sampah padat kota dan proses biologi limbah cair kota.

CO_2 terutama dari pembakaran limbah padat. Pada pembakaran limbah padat, umumnya digunakan tambahan bahan bakar fosil sebagai sumber energi. Pembakaran bahan bakar fosil selain menghasilkan GRK berupa CO_2 dan N_2O juga menghasilkan gas-gas *precursors* (GRK non-CO_2) seperti CO, CH_4, *non-methane volatile organic compounds* (NMVOC). Senyawa-senyawa ini akan teroksidasi menjadi CO_2 dan gas-gas N_2O, NOx, NH_3, dan SO_2.

Komponen GRK non-CO_2 berasal dari pembakaran bahan bakar fosil (gas-gas *precursor*) relatif kecil dibandingkan emisi CO_2 sehingga gas-gas *precursor* tidak diperhitungkan dalam inventarisasi apabila penghitungan tingkat emisi GRK menggunakan metoda Tier-1. Merujuk IPCCC *guideline*, Tier-1 tidak mencakup gas-gas *precursor* dalam penghitungan emisi GRK. Pada metoda yang tingkat ketelitiannya lebih tinggi, seperti Tier-2 dan Tier-3, gas-gas *precursor* ikut dalam perhitungan emisi GRK. Penjelasan lebih lanjut mengenai Tier-1, Tier-2, dan Tier-3 merujuk IPCC *Guidelines* disampaikan pada Sub-bab 1.2 berikut.

1.2 Metodologi

Pendekatan Umum Perhitungan Tingkat Emisi GRK

Perhitungan tingkat emisi GRK untuk kebutuhan inventarisasi emisi GRK pada dasarnya berbasis pada penedekatan umum sebagai berikut:

Tingkat Emisi = Data Aktivitas (AD) x Faktor Emisi (EF) …….. 1.1

Data aktivitas (AD) adalah **besaran kuantitatif** kegiatan manusia (*anthropogenic*) yang melepaskan emisi GRK. Pada pengelolaan limbah, besaran kuantitatif adalah besaran terkait dengan *waste generation* (laju pembentukan limbah), masa limbah yang ditangani pada setiap jenis pengolahan limbah. Faktor emisi (EF) adalah faktor yang menunjukkan intensitas emisi per unit aktivitas yang bergantung kepada berbagai parameter terkait karakteristik limbah dan sistem pengolahan limbah. Panduan pengumpulan data (data aktivitas dan berbagai parameter terkait faktor emisi) masing-masing kategori pengelolaan limbah dijelaskan pada Bab 2 dan Bab-Bab lainnya.

1.2.1 Pemilihan Tingkat Ketelitian Perhitungan (Tier)

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

a. Tier 1

Estimasi berdasarkan data aktivitas dan faktor emisi *default IPCC*. Pada Tier 1, estimasi tingkat emisi GRK menggunakan sebagian besar data aktivitas dan parameter default IPCC 2006.

b. Tier 2

Estimasi berdasarkan data aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi *default* IPCC atau faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific)*. Pada Tier 2, estimasi tingkat emisi GRK menggunakan beberapa parameter default, tetapi membutuhkan data aktivitas dan parameter terkait (faktor emisi, karakteristik limbah, dan lain-lain) dengan kualitas yang lebih baik.

Sebagai contoh, pada penghitungan tingkat emisi GRK di SWDS yang menggunakan pendekatan Tier 2, dibutuhkan data aktivitas spesifik-negara (data historis dan data saat ini). Data historis mencakup jumlah limbah yang ditimbun di SWDS untuk 10 tahun atau lebih. Data-data tersebut diperoleh dari statistik data aktivitas spesifik-negara, hasil survey, atau sumber lain yang sejenis.

c. Tier 3

Estimasi berdasarkan metoda spesifik suatu negara dengan data aktivitas yang lebih akurat (pengukuran langsung) dan faktor emisi spesifik suatu negara atau suatu pabrik (*country specific/plant specific)*. Pada Tier 3, estimasi tingkat emisi GRK didasarkan pada data aktivitas spesifik suatu negara (lihat Tier 2) dan menggunakan salah satu metoda dengan parameter kunci yang dikembangkan secara nasional atau pengukuran yang diturunkan dari parameter-parameter spesifik-suatu negara.

Inventarisasi tingkat emisi GRK kegiatan pengelolaan dapat menggunakan metoda spesifik-negara yang setara atau yang berkualitas lebih tinggi. Dalam hal pengelolaan sampah padat domestik di SWDS, bisa digunakan metoda *First Order Decay* (FOD) Tier 3. Pada metoda ini, parameter-parameter kunci termasuk *half life* (waktu paruh) dan penghasil metana potensial (Lo) atau kandungan *Degradable Organic Carbon* (DOC) dalam limbah dan fraksi DOC yang melalui proses dekomposisasi (DOCf).

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 aktivitas dan faktor emisi default IPCC. Penjelasan lebih lanjut mengenai aplikasi dan pemilihan Tier melalui *Decision Tree* (Pohon Keputusan) disampaikan pada Bab 3 sampai dengan 6.

1.2.2 Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca

Metoda penghitungan emisi tingkat emisi GRK dari kegiatan pengolahan limbah sangat bergantung kepada jenis limbah yang ditangani dan jenis sistem pengolahan limbah. Pada pedoman ini metodologi penghitungan tingkat emisi GRK dari kegiatan pengolahan limbah disampaikan pada:

- Bab III Emisi GRK dari penanganan limbah padat (domestik, industri, dan limbah lainnya) di TPA (tempat pembuangan akhir) atau lazim disebut sebagai *landfill* (*solid waste disposal site*/SWDS);
- Bab IV Emisi GRK dari pengolahan limbah padat (domestik, industri, dan limbah lainnya) secara biologi (*composting* atau *biodigester*);
- Bab V Emisi GRK dari kegiatan penanganan limbah padat (domestik, industri, dan limbah lainnya) secara insinerasi maupun *open burning*;
- Bab VI Emisi GRK dari pengolahan dan pembuangan limbah cair.

1.3 Kelengkapan Inventarisasi dan Penyusunan Data Time Series Yang Konsisten

1.3.1 Kelengkapan Inventarisasi

Inventarisasi emisi GRK dari kegiatan pengelolaan limbah pada panduan ini tidak hanya mencakup kegiatan penanganan limbah di tempat pembuangan akhir (TPA) atau dalam IPCC 2006 *Guideline* disebut sebagai *solid waste disposal site* (SWDS). Namun juga mencakup limbah lainnya (*other waste*) sebagaimana yang disarankan dalam IPCC 2006 *Guideline*.

Inventarisasi emisi GRK dari penanganan limbah diharapkan dan didorong untuk mencakup limbah-limbah sebagaimana diuraikan berikut ini.

a. Limbah Padat

Limbah padat yang umumnya juga dibuang di TPA atau SWDS adalah sebagai berikut:

(i) Sampah padat domestik (sampah kota) atau *municipal solid waste* (MSW)

(ii) Limbah padat industri, meliputi bahan berbahaya dan beracun (B3) maupun non-B3. Misalnya, *bottom ash* pembangkit listrik, limbah lumpur/*sludge* instalasi pengolahan limbah (IPAL), limbah padat industri agro (cangkang sawit/EFB), dan lain-lain yang umumnya dibuang pada *control landfill* (*managed* SWDS);

(iii) Limbah padat lainnya (*other waste*), yaitu *clinical waste* (limbah padat rumah sakit, laboratorium uji kesehatan, dan lain-lain), *hazardous waste*, dan *construction and demolition* (limbah konstruksi dan bongkaran bangunan), dan lain-lain;

(iv) *Agricultural waste* (tidak dikelompokkan dalam sampah ini, dibahas dalam AFOLU)

b. Limbah Cair Domestic dan Limbah Cair Industri

Limbah cair domestic dan limbah cair industri yang diolah setempat (*uncollected*) atau dialirkan menuju pusat pengolahan limbah cair (*collected*) atau dibuang tanpa pengolahan melalui saluran pembuangan dan menuju ke sungai.

Sedangkan pengelolaan limbah yang merupakan sumber-sumber utama emisi GRK yang tercakup dalam IPCC 2006 *Guidelines* adalah sebagai berikut:

a. Pengelolaan kotoran ternak (*manur*e) yang dimasukkan dalam kategori AFOLU

b. Pengelolaan limbah di TPA/SWDS:
   - *Managed* SWDS (TPA yang dikelola/*control landfill*/*sanitary landfill*),
   - *Unmanaged* SWDS (TPA yang tidak dikelola atau *open dumping*), dan
   - *Uncategorized SWDS* (TPA yang tidak dapat dikategorikan sebagai *managed* maupun *un-managed SWDS* karena termasuk pada kualifikasi diantara keduanya).

c. Pengelolaan limbah padat yang dibahas pada bagian lain pada IPCC 2006 GL:
   - Insinerasi dan *open burning* (di lokasi atau di luar TPA, yaitu halaman rumah, TPS, dan lain-lain)
   - *Biological treatment* limbah padat termasuk pengomposan terpusat atau perumahan

- Operasi penutupan TPA/SWDS dimana penghitungan emisi GRK dari sistem seperti ini menggunakan metoda FOD dan membutuhkan data historis yang cukup lama/lengkap.

d. Pengelolaan limbah cair kota/domestik maupun limbah cair industri.

1.3.2 Penyusunan Data Time Series Yang Konsisten, Tahun Dasar, dan *Baseline*

Inventarisasi pada dasarnya disajikan dalam beberapa tahun sebagai data *time series.* Data *time series* yang dibutuhkan dalam menyusun inventarisasi emisi GRK dari pengelolaan limbah, khususnya limbah padat yang ditimbun di TPA, dengan menggunakan metoda FOD (sebagaimana diatur dalam IPCC 2006 GL) membutuhkan data historis yang cukup panjang. Namun, penting untuk menjaga bahwa data-data tersebut tersedia secara konsisten setiap tahun. Apabila, data-data tersebut ada yang tidak tersedia secara konsisten setiap tahunnya sebagai *time series*, maka pendekatan/metoda rata-rata, ekstrapolasi, dan interpolasi dapat diaplikasikan untuk memperkirakan data-data yang tidak lengkap.

Untuk Tier yang lebih tinggi, model penghitungan emisi GRK dari timbunan limbah padat di TPA dengan menggunakan pendekatan FOD akan membutuhkan waktu historis yang panjang (tahun 1950an). Namun, untuk Tier 1, dapat digunakan angka-angka default sehingga penyediaan data historis yang cukup panjang dapat dihindari. Mengingat penyediaan data-data tersebut di Indonesia cukup sulit, maka pendekatan Tier -1 dapat dipilih untuk menghitung tingkat emisi GRK dari timbunan sampah di TPA. Untuk memperkirakan jumlah limbah perkotaan dan limbah industri di masa lampau dengan cara ekstrpolasi maupun interpolasi dapat menggunakan jumlah populasi masyarakat kota, GDP, atau faktor-faktor pendorong pertumbuhan (*growth driver*) lainnya.

Adanya peningkatan kualitas data statistik mengenai limbah belakangan ini, mengakibatkan beberapa data spesifik suatu negara (*country-specific*) hanya tersedia untuk data-data terbaru dan tidak tersedia untuk data-data historis yang cukup lama. Namun, pada IPCC 2006 Gl ditunjukkan bahwa **merupakan suatu kebiasaan yang baik apabila dimungkinkan untuk cenderung menggunakan data spesifik suatu negara (*country-specific*)**. Jika inventarisasi GRK menggunakan campuran antara angka default IPCC 2006 GL dengan data spesifik suatu negara (*country-specific*) di dalam suatu time series, maka sangatlah penting untuk memeriksa konsistensi data tersebut.

1.3.3 Tahun Dasar (*Base Year*) dan *Baseline*

Inventarisasi disajikan dalam beberapa tahun sebagai time series. Mengingat pentingnya *tracking* kecenderungan emisi tahunan dalam rentang waktu tertentu diperlukan data *time series* konsisten. Time series untuk tahun dasar (*base year*) ditetapkan Kementerian Lingkungan Hidup, yaitu setidaknya 5 (lima) tahun.

Baseline adalah proyeksi tingkat emisi GRK tahunan apabila diasumsikan tidak ada perubahan kondisi dan kebijakan yang mempengaruhi kegiatan penanganan limbah. Baseline tingkat emisi GRK tahunan dimanfaatkan untuk penyusunan upaya-upaya mitigasi perubahan iklim. Penjelasan lebih lanjut mengenai penetapan baseline dapat dilihat pada Buku I.

1.4 Analisis Ketidakpastian Data Aktivitas dan Faktor Emisi

Ada 2 (dua) area ketidakpastian dalam memperkirakan emisi GRK dari pengelolaan limbah, yaitu:

(i) Ketidakpastian karena metoda yang digunakan; dan

(ii) Ketidakpastian karena data (data aktivitas maupun parameter terkait faktor emisi).

1.4.1 Ketidakpastian dikarenakan Metoda yang Digunakan

Model FOD yang digunakan dalam penghitungan emisi GRK dari penanganan limbah di TPA tediri dari atas faktor-faktor pre-eksponensial yang menggambarkan jumlah (*massa*) pembentukan CH_4 sepanjang umur TPA dan faktor-faktor eksponensial yang menggambarkan perubahan pembentukan CH_4 dalam kurun waktu tertentu (per tahun).

Ketidakpastian penggunaan model FOD tersebut dapat dibagi menjadi:

(i) Ketidakpastian dalam jumlah total CH_4 yang terbentuk sepanjang umur TPA; dan

(ii) Ketidakpastian di dalam distribusi jumlah total CH_4 yang terbentuk dalam waktu tertentu (per tahun).

Penggunaan metoda neraca massa untuk memperkirakan emisi CH4 dari penumpukan limbah di TPA yang merujuk panduan Tier-1 IPCC GL sebelumnya (IPCC revised 1996 GL) cenderung menghasilkan perkiraan emisi GRK yang berlebihan. Pada metoda neraca massa diasumsikan bahwa CH_4 dapat dilepaskan pada tahun yang sama dengan tahun penimbunan limbah di TPA.

Penggunaaan metoda FOD untuk keperluan ini akan menghilangkan kesalahan-kesalahan dan mengurangi ketidakpastian dari metoda yang digunakan. Namun, sumber ketidakpastian yang sesungguhnya bukan terletak pada metodologinya sendiri namun lebih cenderung terletak pada data atau besaran masing-masing parameter model yang digunakan.

1.4.2 Ketidakpastian dikarenakan Data Aktivitas

Kualitas hasil penghitungan emisi CH4 berhubungan langsung dengan kualitas dan ketersediaan data pembentukan limbah, komposisi, dan pengelolaan data. Data aktivitas di dalam sektor limbah mencakup limbah padat perkotaan/domestik total, limbah industri total, dan fraksi limbah padat yang dibawa ke TPA. Ketidakpastian di dalam data limbah yang ditimbun di TPA bergantung kepada bagaimana data tersebut didapatkan. Ketidakpastian yang dikarenakan data aktivitas dapat dikurangi dengan jalan menimbang setiap sampah/limbah masuk TPA.

Jika perkiraan didasarkan kepada kapasitas kendaraan pengangkut limbah atau secara visual, ketidakpastian terhadap data tersebut akan lebih tinggi. Namun apabila didasarkan kepada angka default, maka tingkat ketidakpastian makin tinggi. Tingkat ketidakpastian *parameter default* IPCC 2006 GL (*expert judgement*) pada Tabel 1.2.

Jika di TPA terdapat pemulung (*scavenging*) yang mengambil berbagai jenis komponen sampah, sebaiknya dilakukan koreksi terhadap data komposisi limbah yang masuk TPA/SWDS. Kegiatan pemulung ini akan menambah tingkat ketidakpastian terhadap komposisi limbah, dan juga tentunya total DOC di dalam limbah.

Selain hal ini, untuk kegiatan penanganan limbah/sampah masyarakat kota di TPA, data jumlah limbah domestik yang ditimbun di TPA diperkirakan salah satunya dari jumlah penduduk yang tinggal di daerah perkotaan. Namun perlu diingat bahwa di daerah perkotaan jumlah penduduk pada malam hari atau hari libur akan berbeda dengan jumlah penduduk pada siang hari (jam bekerja) dan hari kerja.

Tabel 1.2 Besarnya Rentang Angka Ketidakpastian terhadap Parameter terkait Faktor Emisi

Data Aktivitas dan Faktor Emisi	Rentang Besaran Angka Ketidakpastian Untuk Spesifik Negara/Nasional/Wilayah
Jumlah total sampah padat kota	• ± 10% untuk data yang berkualitas tinggi (data dari semua TPA yang sudah menggunakan timbangan) • 30% untuk data aktivitas dikumpulkan secara reguler dari angka pembentukan limbah; • Lebih dari dua kalinya untuk data dengan kualitas buruk.
Fraksi sampah kota yang dibawa ke TPA	• ± 10% untuk data berkualitas tinggi (data dari semua TPA yang sudah menggunakan timbangan); • ±30% untuk data adalah data sampah yang dibawa ke TPA yang dikumpulkan langsung dari TPA; • Lebih dari dua kalinya untuk data dengan kualitas buruk.
Komposisi limbah	• ± 10% untuk data berkualitas tinggi (dari sampling regular untuk semua TPA yang representatif); • ± 30% untuk data berasal dari studi atau sampling regular; • Lebih dari dua kalinya untuk data dengan kualitas buruk.
DOC (karbon orgaink terdegradasi)	• ± 10% bila menggunakan hasil eksperimen yang dilakukan dalam waktu yang cukup lama; • ±20% apabila menggunakan angka default IPCC.
MCF (faktor koreksi gas metana): 1.0 0.8 0.5 0.4 0.6	Apabila menggunakan angka default IPCC: - 10%; + 0% ± 20% ± 20% ± 30% -50%; +60%
F (fraksi gas metana di TPA) = 0.5	± 5% apabila menggunakan angka default IPCC
R (recovery gas metana)	• Angka ketidakpastian bervariasi bergantung bagaimana gas CH_4 direcovery; • ± 10% jika terdapat alat ukur gas metana yang direcovery • ± 50% jika tidak ada alat ukur gas metana yang direcovery
OX (angka oksidasi)	Angka oksidasi dimasukkan kedalam perhitungan tingkat ketidakpastian jika digunakan angka selain nol
$t_{1/2}$ (waktu paruh)	• Angka default IPCC tersedia pada Tabel 2.15; • Apabila angka spesifik nasional, harus dipertimbangkan dalam perhitungan tingkat ketidakpastian.

Sumber: Expert Judgement oleh Lead Author IPCC 2006-GL Sektor limbah

1.4.3 Ketidakpastian Dikarenakan Parameter Terkait Faktor Emisi

Ketidakpastian karena parameter terkait faktor emisi (Tabel 1.2) mencakup: (1) faktor koreksi gas CH_4 (MCF); (2) *degradable organic carbon* (DOC); (3) fraksi dari *degradable organic carbon which decomposes* (DOCf); (4) fraksi CH_4 di dalam gas yang dihasilkan ari TPA (*landfill gas*), F; (5) *recovery* gas metana (R); faktor oksidasi (OX); dan (6) waktu paruh ($t_{1/2}$).

1.5 Penjaminan dan Pengendalian Kualitas (QA/QC), Pelaporan dan Pengarsipan

1.5.1 Penjaminan dan Pengendalian Kualitas (QA/QC)

Ada baiknya apabila dilakukan dokumentasi dan pengarsipan semua data dan informasi yang digunakan untuk memproduksi inventarisasi emisi GRK nasional, penjaminan dan pengendalian kualitas, serta verifikasi hasil inventarisasi tersebut. Beberapa contoh dokumentasi dan pelaporan yang relevan terhadap sumber dan kategori berikut ini.

Apabila penghitungan emisi CH4 menggunakan model FOD (IPCC 2006 GL), model harus dilaporkan. Apabila digunakan metoda atau model lainnya, sebaiknya disediakan data yang sama (deskripsi metoda, asumsi utama, dan parameter yang digunakan). Apabila data spesifik negara digunakan untuk beberapa bagian dari data time series, maka data-data tersebut harus didokumentasikan.

Distribusi jumlah limbah yang ditimbun di lokasi TPA yang dikelola maupun tidak dikelola apabila digunakan untuk memperkirakan besarnya MSCF sebaiknya didokumentasikan bersama dengan informasi pendukung lainnya. Jika *recovery* CH_4 dilaporkan, sebaiknya dibatasi hanya untuk unit *recovery* yang diketahui. Maksudnya agar data-data energi yang di*recovery* maupun gas flaring yang dimanfaatkan dapat didokumentasikan secara terpisah.

Perubahan parameter dari tahun ke tahun harus dijelaskan dengan rinci dan dilengkapi dengan referensi. Sangatlah tidak praktis untuk memasukan semua dokumen ke dalam laporan inventrisasi GRK nasional. Namun, inventarisasi harus mencakup rangkuman metoda yang digunakan dan referensi sumber data sedemikian sehingga pelaporan perkiraan emisi GRK dapat transparant dan tahapan-tahapan di dalam perhitungannya dapat diidentifikasi kembali.

Adalah kebiasaan yang baik untuk melakukan pengecekan pengendalian kualitas dan *review* dari tenaga ahli terhadap perkiraan emisi, penjaminan kualitas (*quality assurance*), pengendalian kualitas (*quality control*), dan verifikasi. Pihak yang

mengumpulkan data hasil inventarisasi harus melakukan pengecekan silang (*cross-check*) angka-angka spesifik negara (*country-specific*) pembentukan limbah padat industri, limbah industri, dan komposisi limbah terhadap angka-angka default IPCC untuk menentukan apakah parameter nasional yang digunakan dapat dipertimbangkan dengan alasan yang kuat relatif terhadap angka-angka default IPCC.

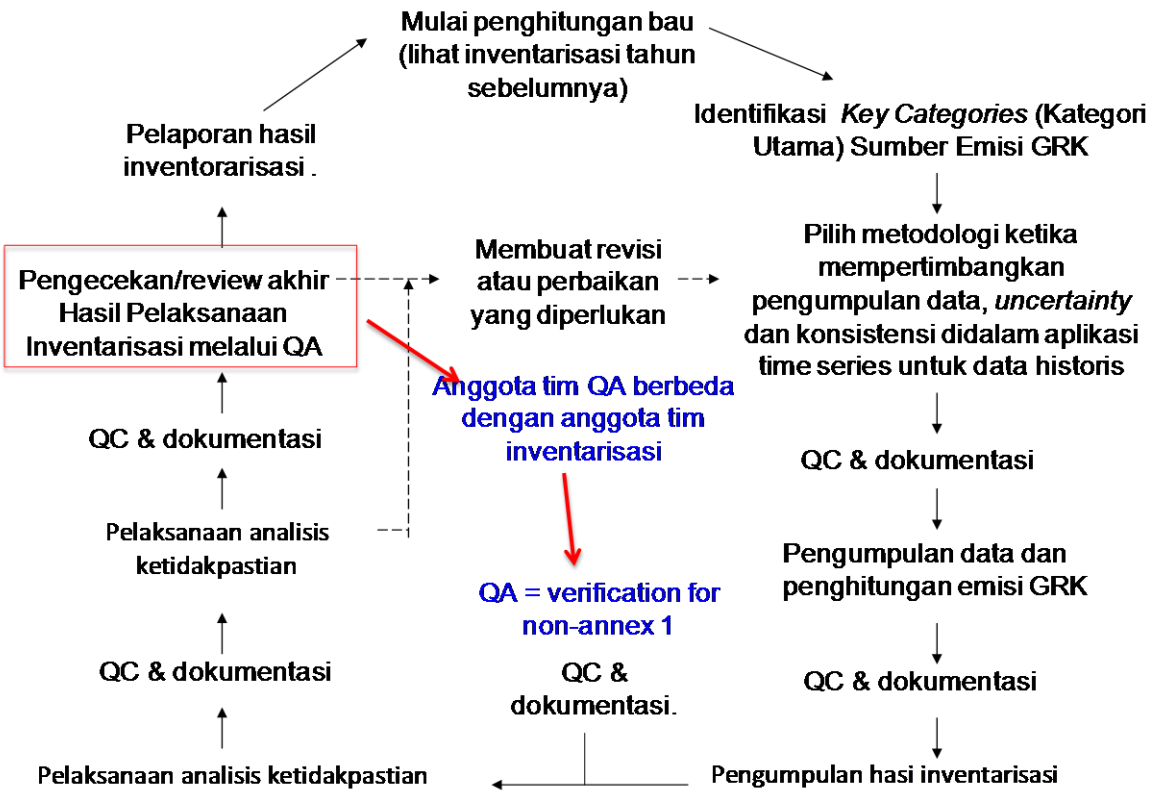
Jika data hasil survey dan sampling digunakan untuk menyusun angka-angka nasional untuk aktivitas data limbah padat, prosedur QC harus mancakup:

- Pelaksanaan *review* metoda pengupulan data survey, dan pengecekan data untuk memastikan bahwa data-data tersebut dikumpulkan dan diagregasi dengan benar. Pengumpul data harus melakukan pengecekan silang data dengan tahun-tahun sebelumnya untuk memastikan bahwa data-data tersebut cukup layak.

- Pelaksanaan evaluasi sumber-sumber data sekunder dan rujukan kegiatan QA/QC bersamaan dengan penyiapan data sekunder. Hal ini penting terutama untuk data limbah padat dimana data-data tersebut sesungguhnya disiapkan bukan untuk tujuan inventarisasi emisi GRK (misal untuk rancangan landfill, rancangan kegiatan 4R, dan lain-lain).

- Pelaksana pengumpulan hasil inventarisasi harus menyediakan peluang bagi tenaga ahli (*expert*) untuk melakukan review parameter input. Disamping itu, pelaksana pengumpulan hasil inventarisasi harus melakukan pembandingan laju emisi nasional dengan laju emisi dari negara-negara yang sebanding dalam hal parameter-parameter demografi dan ekonomi. Pelaksana pengumpulan hasil inventarisasi harus melakukan kajian perbedaan-perbedaan signifikan untuk menentukan jika hasil inventarisasi menunjukkan kesalahan/perbedaan nyata di dalam penghitungan.

- Pada Gambar 1.3 disampaikan skema sederhana siklus pelaksanaan inventarisasi dan kemungkinan implementasi proses QA/QC.

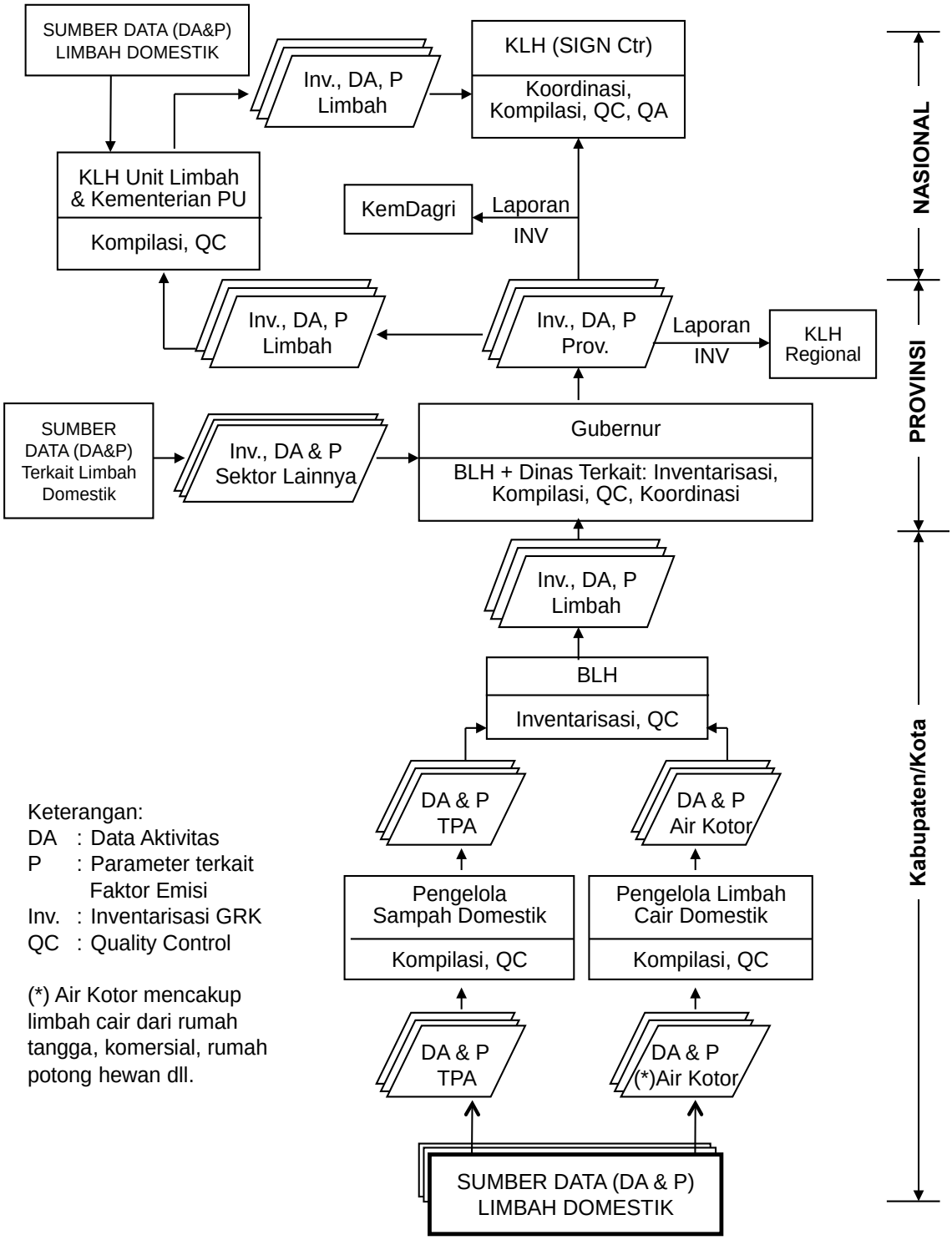


Gambar 1.3 Skema Pelaksanaan Inventarisasi dan Kemungkinan Implementasi Penjaminan Kualitas (*Quality Assurance*) dan Pengendalian Kualitas (Quality Control)

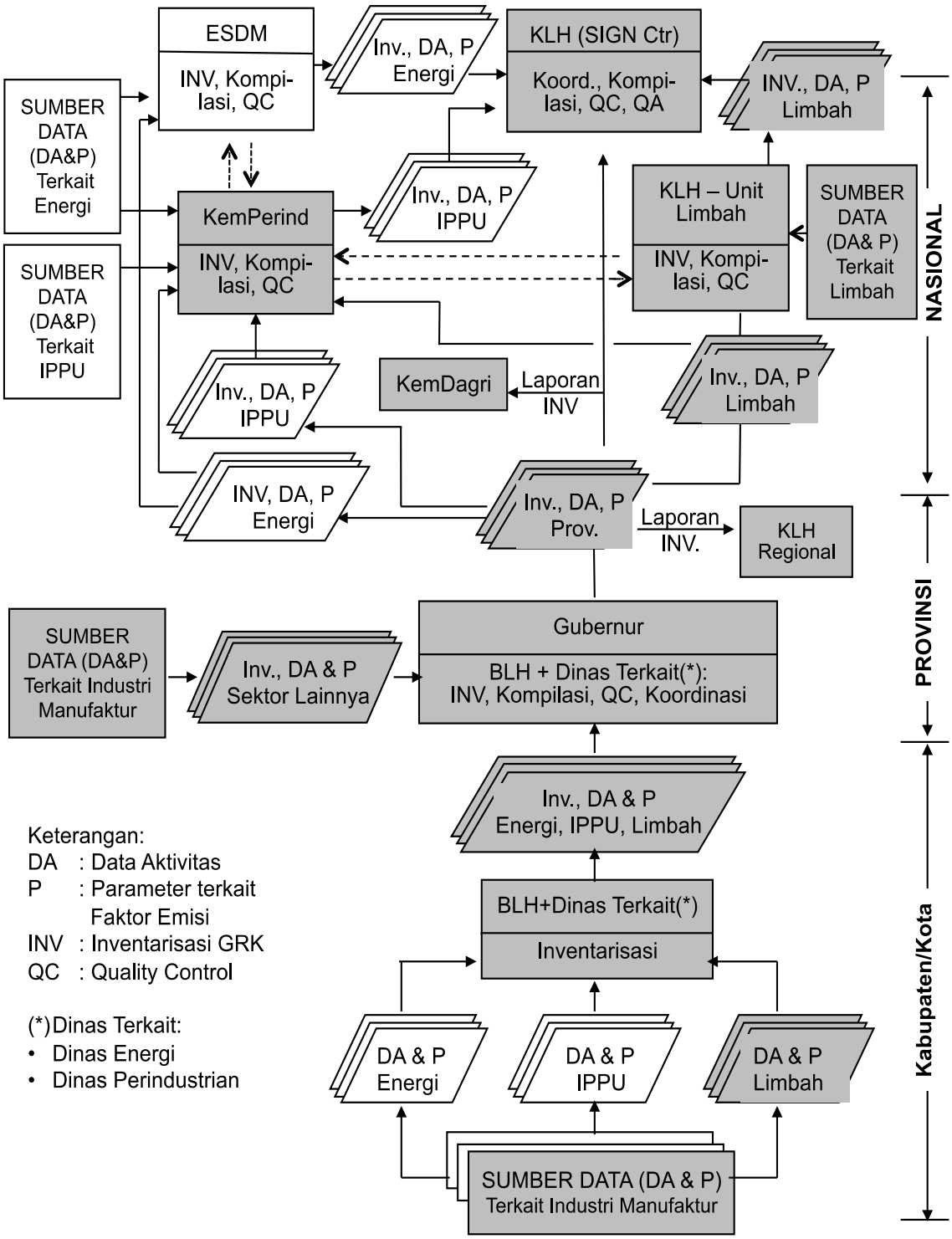
1.5.2 Pelaporan dan Pengarsipan

Berdasarkan Peraturan Presiden RI (PerPres) 71/2011 penyelenggaraan inventarisasi GRK diwajibkan bagi seluruh pemerintah daerah (baik tingkat provinsi maupun kabupaten/kota). Hasil pelaksanaan inventarisasi GRK di setiap tingkatan pemerintah daerah pada akhirnya diserahkan ke Kementerian Lingkungan Hidup yang mendapatkan mandat untuk menyelenggarakan inventarisasi GRK tingkat nasional dan juga sekaligus menyiapkan pedoman inventarisasi GRK yang dapat digunakan secara nasional.

Skema sederhana sistem pelaporan hasil inventarisasi emisi GRK kegiatan penanganan limbah domestik dan limbah industri tingkat kabupaten/kota sampai dengan tingkat nasional disampaikan berturut-turut pada Gambar 1.4 dan 1.5. Garis tebal menunjukkan jalur inventarisasi GRK limbah industri tingkat daerah Kabupaten/Kota/Provinsi dan Nasional, serta sistem pelaporan dari daerah ke pusat.



Gambar 1.4 Sistem Pelaporan Hasil Inventarisasi Emisi GRK Penanganan Limbah Domestik



Gambar 1.5 Sistem Pelaporan Hasil Inventarisasi Emisi GRK Penanganan Limbah Industri

1.6 Referensi Sumber Data dan Pengelolaan Data

Referensi atau sumber data inventarisasi gas rumah kaca kegiatan pengelolaan limbah adalah sebagai berikut:

- Data yang relevan dengan limbah dari Kementerian Lingkungan Hidup (Adipura, PROPER, *Project Document D – Clean Development Mechanism/CDM Project*, dan lain-lain);
- Data lainnya dari Kementerian Pekerjaan Umum, BPS, berbagai hasil peneilitian, dan sumber data terkait lainnya.

Penghitungan emisi GRK kegiatan pengelolaan limbah dilaksanakan secara periodik (tahunan). Kementerian Lingkungan Hidup mengkoordinasikan penghitungan dan inventarisasi emisi gas rumah kaca didukung Kementerian PU, Kementerian Perindustrian, Lembaga/Institusi yang relevan, Pemerintah Daerah, serta bantuan tenaga ahli (perguruan tinggi, konsultan, lembaga-lembaga lain).

II. PENGUMPULAN DATA AKTIVITAS LIMBAH DAN FAKTOR EMISI

Pada bagian ini disampaikan penjelasan mengenai pengumpulan data-data terkait data aktivitas limbah dan faktor emisi, yaitu diantaranya jumlah (dalam satuan massa) limbah yang terbentuk, jumlah limbah yang diolah di masing-masing sistem pengolahan limbah (neraca limbah), karakteristik limbah, dan sistem pengolahan limbah.

Disamping itu, pada pedoman ini juga disampaikan penjelasan tentang metoda pengumpulan data-data yang diperlukan untuk penghitungan tingkat emisi GRK dari masing-masing sistem pengelolaan limbah (SWDS, pengolahan secara biologi, serta insinerasi dan pembakaran terbuka) untuk menjamin konsistensi kategori limbah pada penghitungan tingkat emisi GRK.

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, penghitungan tingkat emisi GRK dari pengelolaan limbah untuk setiap tingkatan Tier membutuhkan **data aktivitas** dan **faktor emisi**. Yang dimaksud **data aktivitas** adalah besaran kuantitatif kegiatan manusia (*anthropogenic*) yang melepaskan emisi GRK. Dalam hal pengelolaan limbah, besaran kuantitatif adalah yang terkait dengan *waste generation* (laju pembentukan limbah), jumlah (massa limbah yang ditangani setiap jenis pengolahan limbah), komposisi/karakteristik limbah, dan sistem pengolahan limbah. Pedoman pengumpulan data limbah masing-masing kategori pengelolaan limbah dijelaskan pada bagian berikut ini.

2.1 Pengumpulan Data Aktivitas Limbah

2.1.1 Jumlah (Berat) Limbah Padat Domestik (Sampah Kota) dan Penanganannya

Limbah padat yang umum diolah di TPA/SWDS/landfill adalah sampah padat domestik (MSW), limbah padat industri (B-3 dan non-B3), limbah klinis (rumah sakit), dan lain-lain. **Sampah padat domestik** adalah sampah padat yang berasal dari daerah permukiman, pertamanan, pasar, area komersial, dan lain-lain di derah perkotaan maupun pedesaan. Perlu diketahui bahwa sampah padat domestik dari daerah perkotaan umumnya diolah di TPA/SWDS sedangkan sampah padat domestik dari daerah pedesaan (*rural*) umumnya diolah setempat dengan jalan *open burning* dan/atau *open dumping*.

Penanganan **Limbah padat industri** (B3, non B3, serta *sludge*/lumpur) umumnya dilakukan pada *control landfill* (*managed landfill*) sedangkan pengolahan **limbah klinis** dan sebagian ***sludge*/lumpur** dan **limbah padat B-3** pada insinerator. Untuk menentukan jumlah sampah padat domestik yang diolah di masing-masing sistem

pengolah sampah diperlukan *waste stream* (neraca aliran limbah) yang dapat dibangun berdasarkan **data pembentukan sampah**, **hasil survey pengelolaan sampah**, dan **data statistik pengelolaan sampah.** Pembentukan sampah kota di suatu wilayah diperkirakan dari laju pembentukan sampah per kapita dan jumlah penduduk di wilayah tersebut.

Laju pembentukan sampah perkapita ditentukan berdasarkan *default regional* (Tabel 2.1) yang bersumber IPCC-2006 Guideline. Data ini diperkirakan dari data *country-specific* berbagai wilayah/region di dunia. Perlu diketahui, data *default* setiap wilayah/region diwakili oleh sedikit negara. Untuk menjaga kualitas inventarisasi GRK, sangat disarankan menggunakan *country-specific* atau *waste stream* masing-masing negara/daerah.

Tabel 2.1 Default Data Regional Laju Pembentukan Sampah dan Pengeloaan Sampah

No.	Karakteristik	Asia Bagian Timur	Asia Tenggara	Indonesia (2000)
1.	Laju pembentukan sampah (ton/kapita/th)	0.37	0.27	0.28
2.	Fraksi sampah yang dibuang ke TPA/SWDS	0.55	0.59	0.80
3.	Fraksi sampah yang dibakar	0.26	0.09	0.05
4.	Fraksi sampah yang dikomposkan	0.01	0.05	0.10
5.	Fraksi sampah yang tidak spesifik pengolahannya	0.18	0.27	0.05

Sumber: IPCC Guideline 2006, vol. 5, ch. 2, Table

Country-specific Data

Indonesia telah memiliki data-data hasil penelitian (Tabel 2.2) dan hasil survey terkait laju pembentukan sampah di beberapa daerah perkotaan yang dapat digunakan sebagai **rujukan** apabila *country-specific data* untuk Indonesia belum tersedia.

Tabel 2.2 Hasil Survey Laju Pembentukan MSW Rata-Rata di Berbagai Kota di Indonesia

No	Tipe Kota	Ton/kapita/tahun
1.	Kota Metropolitan	0.28
2.	Kota Besar	0.22
3.	Kota Sedang	0.20
4.	Kota Kecil	0.19
	Rata-rata*	0.22

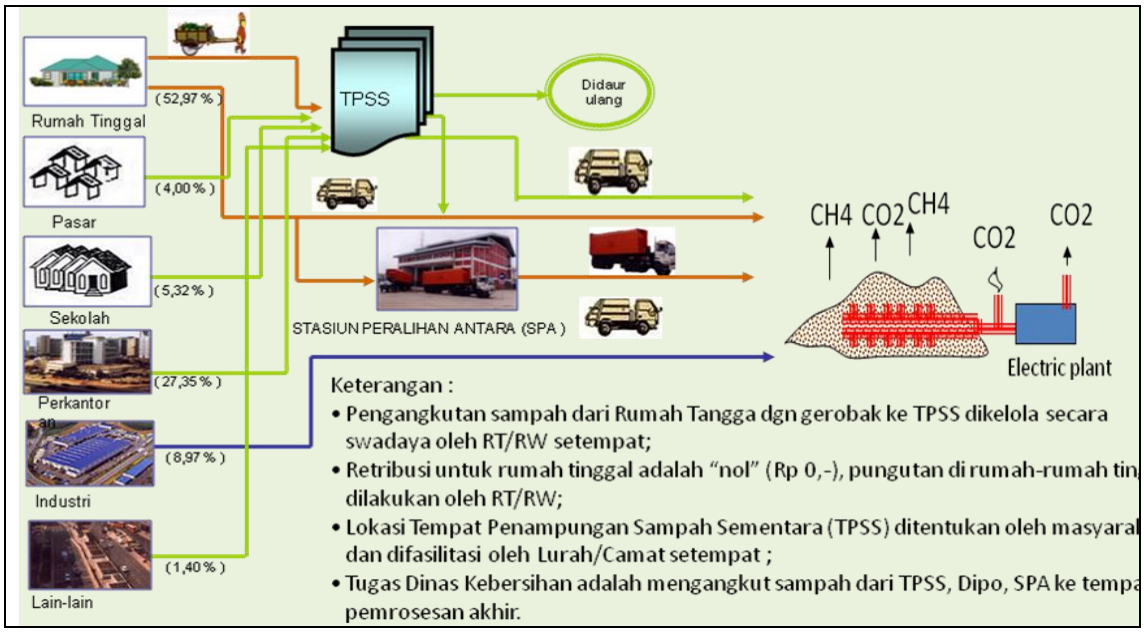
Sumber: Biro Pusat Statistik (BPS) Indonesia, 2006

Waste Stream

Apabila data TPA dan jumlah sampah padat domestik yang masuk TPA di suatu wilayah (Provinsi, Kota/Kabupaten) tidak tersedia, maka jumlah sampah yang ditimbun di TPA seluruh wilayah tersebut diperkirakan dari fraksi (persentase) sampah yang diangkut ke TPA terhadap total sampah yang terbentuk. Jika data jumlah sampah yang diproses secara biologi (pengomposan), insinerasi dan pembakaran terbuka tidak tersedia maka jumlah limbah dapat ditentukan dari fraksi sampah yang tidak dibawa ke TPA tetapi diolah melalui proses-proses tersebut.

> Sampah di Indonesia umumnya diangkut ke TPA/*dumped area* (60% untuk kota-kota besar dan 30% di kota kecil/*rural*), sisanya dikomposkan, dibakar (*open burning* bukan insinerator), dibuang ke sungai, tidak terangkut dan lain-lain [Rata-rata hasil survey, Statistik Lingkungan Hidup, BPS 2000-2007]

Hasil survey atau data statistik penanganan sampah domestik dapat digunakan untuk memperkirakan fraksi sampah yang diangkut ke TPA, yang diolah secara pengomposan, insinerasi atau *open burning* sebagaimana terdapat pada data statistik lingkungan hidup yang dikeluarkan oleh BPS. Apabila data statistik atau hasil survey tidak tersedia, maka fraksi jumlah sampah yang diolah di masing-masing jenis pengolahan di suatu wilayah dapat ditentukan berdasarkan *waste stream* (Gambar 2.1). Terkait jumlahnya yang cukup besar, fraksi sampah ke TPA merupakan salah satu komponen penting dalam penyusunan *waste stream*.



Sumber: Dimodifikasi dari presentasi Dinas Kebersihan DKI Jakarta, 2011

Gambar 2.1 Skema Pengelolaan Sampah Padat Domestik

Hasil survey atau data statistik penanganan sampah domestik dapat digunakan untuk mendapatkan data jumlah sampah yang diangkut ke TPA, sampah yang diolah secara pengomposan, sampah yang diinsinerasi atau *open burning*, dan lain-lain sebagaimana dapat dilihat dari data statistik lingkungan hidup yang dikeluarkan oleh BPS.

Berat timbunan sampah yang masuk TPA (SWDS) diperkirakan dari massa sampah yang dibawa truk-truk pengangkut sampah ke TPA. Idealnya penentuan berat sampah didasarkan pada hasil penimbangan menggunakan jembatan timbang di TPA. Namun, mayoritas TPA di Indonesia tidak memiliki jembatan timbang. Jumlah sampah yang masuk TPA (tanpa jembatan timbang) diperkirakan dari catatan volume sampah yang diangkut setiap kendaraan pengangkut sampah yang masuk TPA dalam satu tahun. Konversi data volume menjadi data berat memerlukan faktor konversi (*bulk density*) representatif yang ditentukan berdasarkan karakteristik sampah masing-masing TPA.

$$\text{Berat sampah } (\text{kg}) = \text{volume sampah } (\text{m}^3) \text{ x bulk density } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \quad \text{..... 2.1}$$

Bulk density merupakan hasil rata-rata **rasio berat sampah terhadap volume sampah** yang masuk TPA. *Bulk density* ditentukan melalui survey di TPA yang dilengkapi *weight bridge*/jembatan timbang (Gambar 2.2) sepanjang waktu operasional TPA per hari.Berat sampah adalah selisih berat kendaraan berisi sampah yang masuk TPA dikurangi berat kendaraan kosong yang keluar TPA (setelah *unloading*). Untuk meningkatkan ketelitian, idealnya penimbangan kendaraan sampah TPA dilakukan dua kali, yaitu saat masuk (kendaraan berisi/mengangkut sampah) dan keluar (dalam keadaan kosong) dari TPA.

Gambar 2.2 Jembatan timbang yang berada di lokasi TPA

Volume sampah masuk TPA diperkirakan dari volume bak/*container* kendaraan masuk TPA dan pengamatan visual (% volume sampah dalam bak). Tatacara pelaksanaan survey penentuan berat, volume, dan *bulk density* sampah di TPA disampaikan di Lampiran D (Manual Survey). Contoh perhitungan dan pelaksanaan survey *bulk density* sampah di TPA disampaikan pada Tabel 2.3.

$$\text{Bulk density (Ton/M3)} = \text{rata-rata}\ \frac{\sum_i Wi}{\sum_i Vi} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ 2.2$$

Dimana:
Wi = Berat sampah dari berbagai sumber i
Vi = Volume sampah dari berbagai sumber i
i = Sumber sampah: perumahan, perkantoran, komersial, pasar, taman, dll.

Tabel 2.3. Contoh perhitungan dan survey bulk density sampah di TPA

A	B	C	D	E	F	G	H	I = E x F	J = G - H	K = J/I	L = K/1000
No. Kendaraan	Asal Sampah	Lokasi Sumber Sampah yang Dominan	Tipe Kendaraan	Volum bak (panjang x lebar x tinggi)	Perkiraan fraksi volum Sampah	Berat truk awal (isi sampah)	Berat truk kosong	Volume Sampah	Berat Sampah	*Bulk Density* rata-rata	
No ID	kecamatan/ kelurahan		Jenis Truk	m3	(1 jika sampah penuh/rata)	KGram	KGram	m3	K Gram	KGram/m3	Ton / m3
102	Ilir Barat 1	TPS	Dump Truck A	6.85	0.95	6240	3690	6.51	2550	392	0.392
32	Ilir Barat 1	RT	Arm Roll C	7.25	0.8	5610	3400	5.80	2210	381	0.381
80	Kalidoni	Pasar	Arm Roll A	7.89	0.9	6570	3720	7.11	2850	401	0.401
						TOTAL/RATA_RATA		**19.42**	**7610**	**391.86**	**0.392**

Keterangan:
TPS = Tempat Penampungan Sementara
RT = Rumah Tangga

Perhitungan Konversi data dalam unit volum ke unit massa (berat)

Apabila data dari suatu TPA (yang tidak dilengkapi jembatan timbang) adalah volum sampah yang dibawa ke TPA, maka konversi unit volume ke unit massa dapat digunakan data *bulk density* danpersamaan 2.1, sebagaimana berikut ini:

$$\text{Berat sampah (kg)} = \text{volume sampah}\left(m^3\right) \text{ x bulk density}\left(\frac{kg}{m^3}\right)$$

2.1.2 Jumlah (Berat) Limbah Padat Lainnya (Other Waste)

Limbah *other waste* mencakup *clinical waste* (limbah padat rumah sakit, laboratorium uji kesehatan, dan lain-lain), *hazardous waste*, dan *construction and demolition* (limbah konstruksi/bongkaran bangunan), dan lain-lain. *Agricultural waste* tidak dikelompokkan dalam sampah jenis ini namun dibahas tersendiri pada AFOLU.

Limbah industri Agro tercakup dalam limbah padat industri non-B3, diantaranya limbah cangkang/tandan kosong sawit. Pada Gambar 2.3 disampaikan gambaran mengenai penanganan limbah padat industri sawit. Nampak bahwa, pada saat ini limbah tersebut ditumpuk di sekitar insinerator karena adanya regulasi yang melarang pembakaran cangkang sawit pada insinerator konvensional di industri kelapa sawit.

Untuk memperkirakan jumlah cangkang sawit yang ditumpuk (*open dumped*) di sekitar insinerator pabrik kelapa sawit dan yang digunakan sebagai puluk di lahan sawit digunakan asumsi: (a) fraksi (*weight ratio*) *crude palm oil* (CPO) per *fresh fruit bunch* (FFB) yang diolah (kapasitas input produksi palm oil mill) sebesar 0,225 dan (b) fraksi cangkang sawit atau *empty fruit bunch* (EFB) per FFB sebesar 0,224 [Sumber: PT. Patisari, Nanggroe Aceh Darussalam, 2008]. Data ini bisa diperbaharui dengan survey.

Fresh fruit bunch (FFB)
23% minyak dan 77% EFB

Empty fruit bunch (EFB) di incinerator

EFB untuk kompos

Gambar 2.3 Gambaran kondisi penanganan limbah padat industri sawit

Data jumlah *other waste* dan penangannnya untuk *clinical waste* dan limbah B3/non-B3 industri umumnya terdokumentasi di industri yang bersangkutan atau di KLH (dokumen Proper, UPL/UKL, Amdal, dan lain-lain). Sedangkan data limbah *demolition* (limbah konstruksi/ bongkaran bangunan) agak sulit diperoleh karena hampir tidak ada data yang mendokumentasikan jenis limbah ini di Indonesia.

2.1.3 Jumlah (Berat) Limbah Lumpur/Sludge

Limbah lumpur/sludge mencakup lumpur IPAL/WWT plant yang mengolah limbah cair industri, limbah cair perkotaan atau *other waste* (limbah klinis/RS dan B3 industri). Di beberapa negara, lumpur IPAL limbah cair perkotaan dimasukkan kategori MSW dan lumpur IPAL industri sebagai kategori limbah padat industri. Emisi GRK dari sistem ini dikelompokkan dalam emisi GRK dari *waste treatment and discharge*, atau bisa juga dikelompokkan dalam pengomposan dan *anaerobic digestion*, insinerator bergantung kepada jenis pengolahan dan penanganan lumpur tersebut. Lumpur yang dimanfaatkan untuk lahan pertanian (*agriculture land*) tidak termasuk kategori limbah lumpur industri atau domestik namun masuk dalam AFOLU.

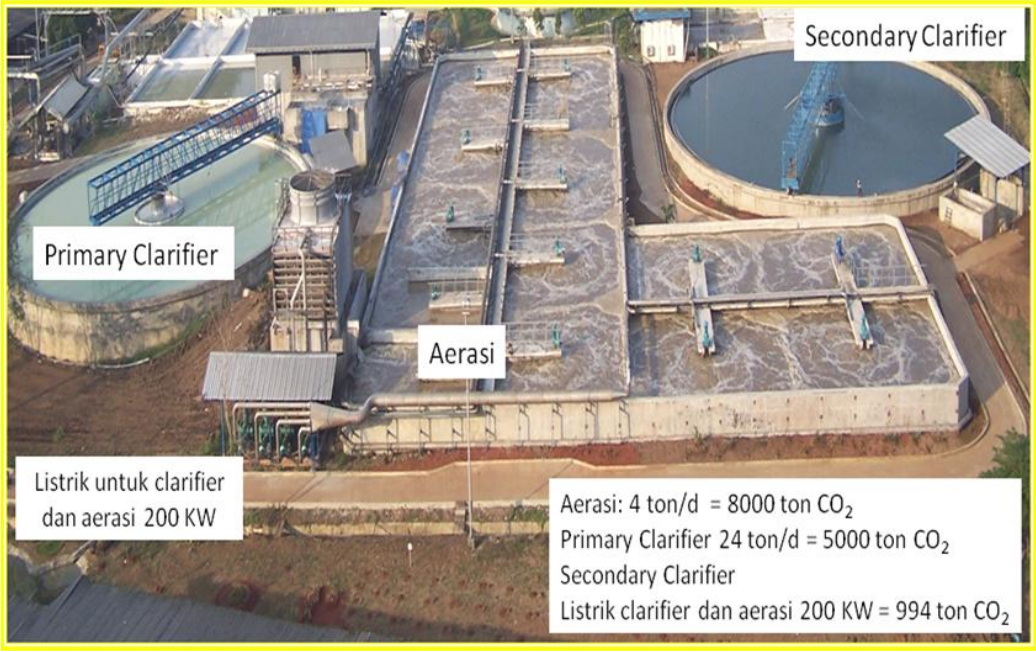
Penanganan lumpur IPAL limbah cair perkotaan di Indonesia biasanya ditumpuk di sekitar IPAL atau lahan pertanian. Lumpur IPAL limbah cair industri dikategorikan sebagai limbah padat industri yang saat ini ditangani di pusat pengolah limbah industri (*landfill*) khusus. Jumlah kandungan senyawa organik yang diambil dari WWT plant sebagai lumpur yang ditimbun di TPA, pengomposan, insinerasi atau pemupukan lahan pertanian harus konsisten dengan data yang terlaporkan pada kategori ini. Apabila tidak diketahui jumlah limbah lumpur, maka digunakan default data *sludge generation*. Jumlah lumpur ke TPA, diomposkan, dan insinerasi tidak dibahas pada bagian pendahuluan ini namun secara rinci dibahas pada Bab 6 Emisi GRK dari Pengolahan dan Pembuangan Limbah Cair.

2.1.4 Jumlah (Berat) Limbah Cair Domestik dan Industri

Data aktivitas limbah cair domestik maupun limbah cair industri berbeda dengan data aktivitas limbah padat domestik maupun industri. Yang merupakan data aktivitas limbah cair adalah TOW (*Total Organically degradable material in Wastewater*).

TOW limbah cair domestik suatu wilayah adalah jumlah BOD (kG) total yang dihitung berdasarkan jumlah populasi dikalikan kG BOD perkapita.

TOW limbah cair industri adalah COD total dari setiap jenis industri di suatu wilayah. COD setiap industri diperoleh dari konsentrasi COD (kG COD per liter) dikalikan laju air limbah per tahun. Pada Gambar 2.5 disampaikan gambaran mengenai penanganan limbah cair yang merupakan sumber emisi GRK yang potensial di industri pada umumnya.



Gambar 2.4. Sumber Utama GRK dari Pengolahan Limbah Cair di Industri Pada Umumnya

2.2 Pengumpulan Data Karakteristik Limbah

Karakteristik limbah adalah salah satu faktor yang menentukan tingkat emisi GRK dari suatu pengelolaan limbah. Karakteristik limbah padat (MSW, sludge, dan *other waste*) mencakup: (a) *degradable organic carbon* (DOC), (b) *fossil carbon,* dan (c) faktor koreksi penyetaraan (*corresponding*) emisi CH_4 (MCF). DOC adalah karakteristik limbah yang menentukan besarnya gas CH_4 yang dapat terbentuk selama proses degradasi komponen organik/karbon yang terdapat pada limbah.

Pada sampah padat kota (MSW), besarnya DOC bergantung kepada komposisi (% berat) dan *dry matter content* (kandungan berat kering) masing-masing komponen sampah. Pada limbah cair karakteristik yang menentukan besarnya gas CH_4 yang terbentuk selama proses degradasi komponen organik/karbon yang terdapat pada limbah adalah angka BOD (limbah cair domestik) dan COD (limbah cair industri).

2.2.1 Komposisi MSW (Sampah Padat Kota)

Komposisi sampah kota umumnya bervariasi bergantung jenis kota (metropolitan, kota besar, atau kota kecil), iklim (kelembaban dan curah hujan) dan perilaku/gaya hidup masyarakat di wilayah. Idealnya komposisi sampah masuk TPA diukur di masing-masing TPA, mengingat TPA memiliki karakteristik yang berbeda satu dengan yang lainnya.

Untuk menjamin akurasi data, pelaksanaan survey karakteristik sampah merujuk manual pelaksanaan survey komposisi sampah dan *dry matter content* yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) hasil Pilot Project JICA-KLH-ITB dan BLH Sumatera Utara dan BLH Sumatera Selatan, 2011.

Pada manual pelaksanaan survey komposisi sampah dan *dry matter content* [*Pilot Project JICA-KLH-ITB dan BLH Sumatera Utara dan BLH Sumatera Selatan, 2011*], sampah kota diklasifikasikan dalam 9 (sembilan) komponen sesuai dengan SNI19-3964-1994.

Namun pada pelaksanaannya, komponen sampah lebih baik jika diklasifikasikan dalam 11 (sebelas) komponen dimana nappies dipisahkan dari komponen kertas &karton menjadi klasifikasi sendiri sedangkan komponen lain-lain dibagi menjadi lain-lain organik dan anorganik. Perlu diketahui, komposisi napies pada sampah padat kota cukup signifikan dan karakteristik *dry matter content* pada nappies berbeda dengan pada kertas dan karton.

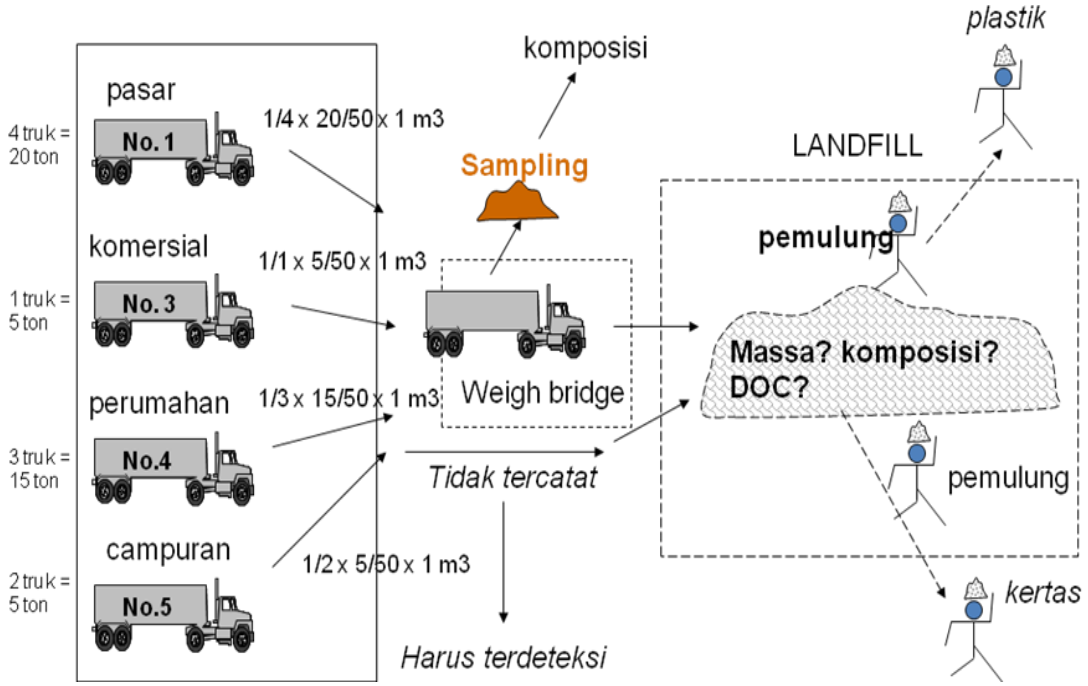
Klasifikasi komponen sampah:
(*Pilot Project JICA-KLH-ITB dan BLH Sumatera Utara dan BLH Sumatera Selatan, 2011)*

a. Makanan
b. Kertas, karton
c. nappies
d. Kayu dan sampah taman
e. Kain dan produk tekstil
f. Karet dan kulit
g. Plastik
h. Logam
i. Gelas
j. Lain-lain (organik & anorganik)

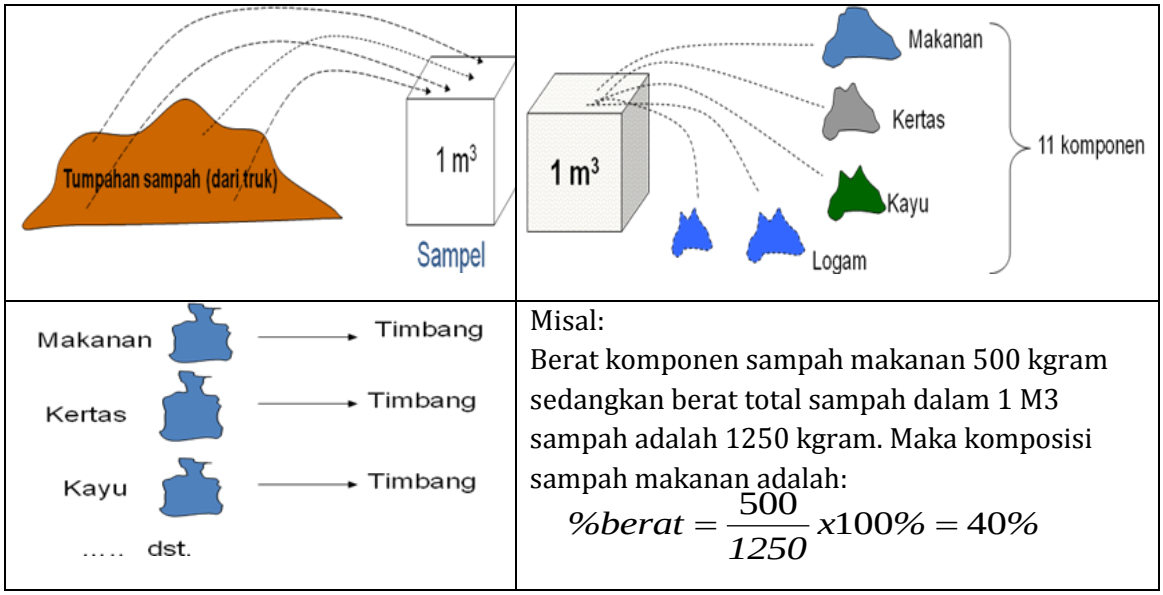
(a) s/d (f) mengandung DOC [IPCC 2006]

Berdasarkan manual pelaksanaan survey tersebut di atas, penentuan komposisi sampah sebaiknya berbasis 1 m^3 sampel sampah yang merepresentasikan komposisi seluruh sampah yang ditimbun di TPA/SWDS yang berasal dari berbagai wilayah (Gambar 2.6). Komposisi sampah dapat ditentukan berdasarkan penimbangan komponen-komponen sampel sampah yang dipilah dari 1 m^3 sampel tanpa reduksi volum sampel (Gambar 2.7).

Cara yang terdapat pada Gambar 2.7 digunakan untuk menghitung komposisi sampah (9 komponen) suatu hasil survey di TPA dapat dilihat pada Tabel 2.4. Frekuensi sampling sampah yang ideal dilakukan 8 hari berturut-turut dari Senin hingga Senin berikutnya untuk setiap musim (hujan dan kemarau). Jika terdapat keterbatasan waktu dan sumberdaya, pengambilan sampel setiap musim dapat dilakukan dua kali, yaitu pada hari Senin dan Kamis. Sampel pada hari Senin dianggap mewakili sampah akhir pekan sedangkan sampel pada hari Kamis mewakili hari kerja (Senin hingga Rabu).



Gambar 2.5 Penentuan Komposisi Sampah Berbasis 1 m³ Sampel yang Merepresentasikan Komposisi Sampah yang ditimbun di TPA yang Berasal dari Berbagai Wilayah



Gambar 2.6 Penentuan Komposisi Berbasis 1 m3 Sampel tanpa Reduksi Volume Sampah

Tabel 2.4 Contoh Perhitungan Komposisi (%-Berat Basah) Sampah

Komponen Sampah	Berat basah, kg	Komposisi (% berat basah)
a. Makanan	500	40%
b. Kertas + karton	125	10%
c. Napies	37.5	3%
d. Kayu	187.5	15%
e. Kain dan produk tekstil	37.5	3%
f. Karet dan kulit	125	10%
g . Plastik	75	6%
h. Logam	37.5	3%
i. Gelas	50	4%
j. Lain-lain (organik/anorganik)	75	6%
Total	**1250**	**100%**

Apabila di suatu wilayah belum tersedia data komposisi sampah TPA dan belum mampu melakukan survey komposisi, maka dapat merujuk data *default* IPCC 2006 *Guideline*. Namun, di Indonesia telah dilakukan survey komposisi sampah yang masuk TPA di beberapa TPA di Provinsi Sumatera Utara dan Provinsi Sumatera Selatan dalam rangka Pilot Project antara KLH – JICA – ITB – BLH Sumatera Utara – BLH Sumatera Selatan. Komposisi rata-rata hasil survey di kedua Provinsi tersebut dapat digunakan sebagai rujukan sementara karena Indonesia belum memiliki *country-specific* komposisi sampah yang dibuang di TPA. Komposisi hasil survey tersebut disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Komposisi Sampah yang masuk masing-masing TPA

Komponen Sampah	Komposisi sampah, % berat basah			
	*Sumatera Selatan	*Sumatera Utara	Rata-Rata	IPCC 2006 Guidelines (*) (South East Asia Region)
a. Makanan	59%	50%	54%	43.5%
b. Kertas + karton + Nappies	15%	13%	14%	12.9%
d. Kayu	3%	14%	9%	9.9%
e. Kain + produk tekstil	2%	3%	2%	2.7%
f. Karet dan kulit	0%	1%	0%	0.9%
g. Plastik	19%	10%	15%	7.2%
h. Logam	0%	0%	0%	3.3%
i. Gelas	1%	1%	1%	4.0%
j. Lain-lain	0%	7%	3%	16.3%
TOTAL	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**

Sumber: Manual survey komposisi sampah dan *dry matter content* [*Pilot Project JICA-KLH-ITB, BLH Sumatera Utara, BLH Sumatera Selatan, 2011*], *diolah dari 4th Technical Training on the Pilot Project - Waste Sector (Palembang, 19 Desember 2011 dan Medan, 15 Desember 2011)

2.2.2 *Degradable Organic Carbon* (DOC) Sampah Padat Kota

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, salah satu karakteristik sampah yang menentukan laju pembentukan emisi gas metana adalah *degradable organic carbon* (DOC).

DOC adalah karakteristik yang menentukan besarnya gas CH_4 yang dapat terbentuk pada proses degradasi komponen organik/karbon yang ada pada limbah. Pada sampah padat kota, DOC sampah bulk diperkirakan berdasarkan angka rata-rata DOC masing-masing komponen sampah. DOC ini dihitung berdasarkan komposisi (% berat) dan *dry matter content* (kandungan berat kering) masing-masing komponen sampah (persamaan 2.3).

$$DOC = \sum_i (DOC_i * W_i) \qquad \text{..... 2.3}$$

dimana:

DOC = Fraksi *degradable organic carbon* pada sampah bulk, Ggram C/Gram sampah

DOC_i = Fraksi *degradable organic carbon* pada komponen sampah i (basis berat basah)

W_i = Fraksi komponen sampah jenis i (basis berat basah)

i = Komponen sampah (misal sampah makanan, kertas, kayu, plastik, dan lain-lain)

Angka default DOC_i di Indonesia belum ada. DOC_i ditentukan melalui *ultimate analysis* (*dry base*) komponen elementer C, H, N, O, S, abu. Apabila ultimate analisis sampah belum/sulit dilakukan, dapat merujuk angka default IPCC 2006 GL (Sub-Bab 2.2.3). DOC_i dalam basis berat basah dapat dihitung dari DOC_i dalam basis berat kering dikalikan dengan kandungan bahan kering sebagaimana pada persamaan 2.4.

$$DOC_i \text{ basis berat basah} = DOC_i \text{basis berat kering} \times \text{kandungan bahan kering komponen i} \qquad \text{..... 2.4}$$

Contoh perhitungan DOC berdasarkan data-data wi (komposisi komponen sampah) dan kandungan bahan kering (*dry matter content*) komponen hasil survey di Sumatera Utara dan Sumatera Selatan, dan DOCi (angka default IPCC 2006) dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Apabila belum tersedia cukup data terkait parameter komponen karbon organik di dalam sampah, angka-angka pada contoh perhitungan DOC ini dapat digunakan sebagai *country-specific parameter* sementara untuk perhitungan emisi GRK timbunan sampah di TPA.

Tabel 2.6. Contoh Perhitungan Fraksi DOC Sampah Bulk yang Ditimbun di TPA/SWDS

Komponen Sampah	A	B	B	C = A x B
	W i Fraksi	% dry matter content	DOCi (% dry waste), Gg C/Gg sampah	DOC
Sisa makanan	0.544	0.592	0.380	0.123
Kertas, Karton, Nappies	0.142	0.442	0.440	0.028
Sampah Taman & Kayu	0.087	0.567	0.500	0.025
Kain & Produk Tekstil	0.025	0.731	0.300	0.005
Karet & Kulit	0.004	0.887	0.390	0.001
Plastik	0.146	0.570	-	0.000
Logam	0.004	0.971	-	0.000
Kaca/Gelas	0.013	0.657	-	0.000
Lain-lain	0.035	0.948	-	0.000
Hasil perhitungan DOC sampah				**0.182**

2.2.3 *Dry Matter Content* (Kandungan Bahan Kering) Sampah Padat Kota

Kandungan bahan kering adalah fraksi (%) berat kering suatu komponen sampah basah, yang dihitung berdasarkan rasio berat kering terhadap berat basah komponen sampah. Kandungan bahan kering ditentukan dengan pendekatan gravimetry (penimbangan berat sample yang representatif) dan dilakukan untuk setiap jenis komponen sampah yang dianggap memiliki kandungan air.

Basis penentuan kandungan bahan kering adalah per jenis komponen sampah. Tidak semua komponen sampah memiliki kandungan air. Berdasarkan IPCC2006 GL (Table 2.4, halaman 15, bab2, volume 5), data default *dry matter content* sampah plastik, gelas, dan logam adalah 100%.

Penentuan kandungan bahan kering diterapkan untuk komponen makanan, kertas/karton, nappies, kayu/sampah taman, kain/produk tekstil, karet/kulit, dan sampah lain-lain (organik dan anorganik). Pada Lampiran disampaikan pelaksanaan survey komposisi sampah dan *dry matter content.* Angka default (IPCC 2006) mengenai *dry matter content* dan DOC berbagai jenis sampah disampaikan pada Tabel 2.6 sampai dengan 2.9.

Tabel 2.7 *Dry matter content* (Pilot Project)

Komponen	Rata-rata* Kandungan berat kering (% berat)	
	Sumatera Selatan	Sumatera Utara
Sisa makanan	23	59
Kertas, Karton & Nappies	51	44
Taman & Kayu	50	57
Kain & Produk Tekstil	56	73
Karet & Kulit	84	89
Plastik	76	57
Logam	100	97
Kaca/Gelas	92	66
Lain-lain	85	95

Sumber: Manual pelaksanaan survey komposisi sampah dan *dry matter content* [*Pilot Project JICA-KLH-ITB dan BLH Sumatera Utara dan BLH Sumatera Selatan, 2011*]; *diolah dari paparan tim UNSRI dan tim USU pada 4th Technical Training on the Pilot Project in the Waste Sector in South Sumatera (Palembang, 19 December 2011) and in North Sumatera (Medan, 15 December 2011)

Tabel 2.8 Data angka default DOC dan *dry matter content* sampah kota

Komponen sampah	Dry matter content (% berat basah)	DOC (% berat basah)		DOC content in % of dry waste		Total carbon content in % of dry weight		Fossil carbon fraction in % of total carbon	
	Default	Default	Range	Default	Range	Default	Range	Default	Range
Kertas /karton	90	40	36 - 45	44	40 - 50	46	42 - 50	1	0 - 5
Tekstil	80	24	20 - 40	30	25 - 50	50	25 - 50	20	0-50
Limbah makanan	40	15	8 – 20	38	20 - 50	38	20 - 50	-	-
Limbah kayu	85	43	39 - 46	50	46 - 54	50	46 - 54	-	-
Limbah taman/kebun	40	20	18 - 22	49	45 - 55	49	45 - 55	0	0
Napies	40	24	18 - 22	60	44 - 80	70	54 - 90	10	10
Karet dan kulit	84	(39)	(39)	(39)	(39)	67	67	20	20
Plastik	100	-	-	-	-	75	67 - 85	100	95-100
Logam	100	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Gelas	100	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Lain-lain (*inert waste*)	90	-	-	-	-	3	8 - 5	100	50-100

Sumber: IPCC 2006 GL

Table 2.9 Data DOC dan *Dry Matter Content* Limbah Padat Industri

Tipe limbah (selain *sludge*)	DOC	Fossil carbon	Total carbon	Water content
Makanan, minuman, tembaga	15	-	15	60
Tekstil	24	16	40	20
Kayu dan produk kayu	43	-	43	15
pulp dan kertas (selain sludge)	40	1	41	10
Produk petroleum, pelarut, plastik	-	80	80	0
Karet	(39)	17	56	16
Limbah konstruksi dan demolition	4	20	24	0
Lain-lain	1	3	4	10

Sumber: IPCC 2006 GL

Tabel 2.10 Data DOC dan *Dry Matter Content* Limbah B3 dan Limbah Klinis

Tipe Limbah	DOC	Fossil Carbon	Total Carbon	Water Content
Limbah B3	NA	5 - 50[1]	NA	10 - 90[1]
Limbah klinis	15	25	40	35
n.a = data tidak tersedia				

Sumber: IPCC 2006 GL

2.2.4 Karakteristik Limbah Cair

TOW (*total organically degradable material in wastewater*) adalah jumlah (massa) bahan-bahan organik limbah cair yang dapat terdegradasi. Perhitungan TOW limbah cair domestik dan limbah cair industri dijelaskan pada Bab 6. TOW limbah cair domestik di suatu wilayah adalah total BOD (kG) yang dihitung berdasarkan jumlah populasi dikalikan kG BOD perkapita.

Angka default (IPCC 2006 GL) untuk BOD di Indonesia (merujuk data Asia, Middle East, dan Afrika) adalah 40 gram/kapita/hari atau dalam rentang 35 – 45 gram/kapita/hari (vol 5 ch.6 Table 6.5). TOW limbah cair industri adalah total COD setiap jenis industri di suatu wilayah. Total COD setiap industri diperoleh dari konsentrasi COD (kG COD per liter) dikalikan laju alir limbah per tahun.

2.3 Pengumpulan Data Parameter Emisi GRK Dari Sistem Pengelolaan Limbah

2.3.1 Faktor Koreksi Metan

Tempat pembuangan akhir (TPA/SWDS) limbah padat (sampah) di sebagian besar kota-kota besar di Indonesia berupa pembuangan limbah padat yang tak dikelola, karena pada dasarnya berupa pembuangan terbuka (*open dumping system*) dan sesuai dengan konteks dari emisi GRK, berdasarkan IPCC 2006 GLs, dikatagorikan sebagai limbah- padat- dalam yang tak dikelola (ketebalan > 5m) dan/atau tabel air tinggi. Keterangan mengenai tipe/jenis TPA digunakan untuk menentukan faktor koreksi CH4 (MCF) dari IPCC 2006 GL (default value) disampaikan pada Tabel 2.10.

Tabel 2.11 Default IPCC 2006 MCF untuk berbagai tipe SDWD (land fill)

Tipe lokasi TPA	Angka Default Faktor Koreksi Metan (MCF)
Managed - anaerobic[1]	1
Managed - semi - aerobic[2]	0.5
Unmanaged[3] *- deep (>5 m waste) and /or high water table*	0.8
Unmanaged[4] *- shallow (<5 m waste)*	0.4
Uncategorised SWDS[5]	0.6

Insinerator limbah padat perkotaan tidak banyak digunakan di Indonesia. Meskipun terdapat pilot proyek yang dilaksanakan oleh PLN untuk memanfaatkan sampah sebagai bahan bakar pembangkitan listrik namun belum tersedia data-data yang dapat digunakan sebagai rujukan pada pedoman ini.

Perlu dicatat, data statistik yang menunjukkan bahwa insinerator juga digunakan untuk menangani sampah, namun dalam kenyataannya yang disebut insinerator adalah sistem pembakaran terbuka. Untuk itu perhitungan emisi CO_2 dari limbah padat perkotaan berdasarkan pada pembakaran limbah padat terbuka.

Pengelolaan limbah cair dapat dikategorikan menjadi:

(1) *Collected/uncollected untreated wastewater*adalah limbah cair yang dikumpulkan maupun tidak dikumpulkan dan tidak diolah (dibuang ke sungai, danau, dan laut),

(2) *Collected treated waste water*adalah limbah cair yang dikumpulkan dan diolah) di IPAL (instalasi pengolahan limbah cair) anaerobik di reaktor dan *lagoon*

(3) *Uncollected treated waste water* adalah limbah cair yang diolah setempat(laterin/ septik tank limbah cair domestik dan IPAL limbah cair industri).

Berkenaan dengan **limbah cair perkotaan (domestik),** perlakuan limbah cair domestik di daerah perkotaan (urban) dan pedesaan (rural) sangat berbeda. Untuk menghitung jumlah limbah yang diolah di masing-masing jenis pengolahan digunakan data *default* (IPCC 2006 GL) fraksi penggunaan masing-masing jenis pengolahan untuk berbagai kategori masyarakat (perkotaan, pedesaan, pendapatan rendah dan tinggi) sebagaimana disampaikan pada Tabel 2.11 sedangkan data MCF masing-masing jenis pengolahan limbah disampaikan pada Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Data *Default* (IPCC 2006 GL) Fraksi Penggunaan Tipe Pengolahan Limbah Cair Perkotaan untuk Berbagai Kategori Masyarakat

Negara	Urbanisasi (U)[1]			Alur pengolahan dan pembuangan limbah berdasarkan grup pendapatan ($T_{1,1}$)[3]														
	Fraksi populasi			Rural					Urban hight income					Urban low income				
	Rural	Urban-High2	Urban-low2	Septic Tank	Latrine	Other	Sewer[4]	None	Septic Tank	Latrine	Other	Sewer[4]	None	Septic Tank	Latrine	Other	Sewer[4]	None
Asia																		
China	0.59	0.12	0.29	0.00	0.47	0.50	0.00	0.3	0.18	0.08	0.07	0.67	0.00	0.14	0.10	0.03	0.68	0.05
India	0.71	0.06	0.23	0.00	0.47	0.10	0.10	0.33	0.18	0.08	0.07	0.67	0.00	0.14	0.10	0.03	0.53	0.20
Indonesia	0.54	0.12	0.34	0.00	0.47	0.00	0.10	0.43	0.18	0.08	0.00	0.74	0.00	0.14	0.10	0.03	0.53	0.20
Pakistan	0.65	0.07	0.28	0.00	0.47	0.00	0.10	0.43	0.18	0.08	0.00	0.74	0.00	0.14	0.10	0.03	0.53	0.20
Bangladeh	0.72	0.06	0.22	0.00	0.47	0.00	0.10	0.43	0.18	0.08	0.00	0.74	0.00	0.14	0.10	0.03	0.53	0.20
Japan	0.20	0.80	0.00	0.20	0.00	0.50	0.30	0.00	0.00	0.00	0.10	0.90	0.00	0.00	0	0	0.90	0

Notes :

1. Urbanization projections for 2005 (United Nations, 2002)
2. Suggested urban-high income and urban low income division. Contries are encouraged to use their own date or best judgment
3. T_{ij} values based on expert judgment, (Doorn and Liles, 1999)
4. sewers may be open or closed, which will govern the coice of MCF, see table 3.3
5. Destatis, 2001

Catatan: Angka-angka ini dari literature atau berdasarkan expert judgment, jika dimungkinkan sebaiknya digunakan angka national

Tabel 2.13 Nilai *default* MCF untuk Limbah Cair

Tipe Pengolahan dan Sistem Aliran		Penjelasan	MCF [1]	Interval
Tanpa Perlakuan	Laut, Sungai, Danau	Sungai dengan kandungan bahan organik tinggi dapat bersifat anaerobik	0.1	0 - 0.2
	Tempat Pembuangan	Terbuka dan Tertutup	0.5	0.4-0.8
	Saluran Terbuka/Tetutup	Alirannya cepat, bersih (terdapat CH_4 dalam jumlah yang sedikit)	0	0
Perlakuan	Pabrik Pengolahan Secara Aerobik dan Terpusat	Sistem harus baik. Sejumlah CH_4 dihasilkan dari kolam penampungan	0	0 - 0.1
		Sistem tidak baik. Penampungan berlebihan	0.3	0.2 - 0.4
	Pengolahan Lumpur Secara Anaerobik	Recovery CH_4 tidak dipertimbangkan	0.8	0.8 - 1.0
	Reaktor Anaerobik	Recovery CH_4 tidak dipertimbangkan	0.8	0.8 - 1.0
	Danau di Pinggir Laut (lagoon) yang Dangkal	kedalaman kurang dari 2 meter, menggunakan pertimbangan para ahli	0.2	0 - 0.3
	Danau di Pinggir Laut (lagoon) yang Dalam	kedalaman lebih dari 2 meter	0.8	0.8 - 1.0
	Sistem Pembusukan	Terdapat setengah BOD dalam tangki penampungan	0.5	0.5
	Kakus	Musim kering, air tanah lebih rendah dari kakus, keluarga kecil (3-5 orang)	0.1	0.05-0.15
		Musim kering, air tanah lebih rendah dari kakus, komunitas (beberapa orang)	0.5	0.4-0.6
		Musim hujan, air tanah lebih tinggi dari pada kakus	0.7	0.7-1.0
		Pengendapan secara teratur dapat digunakan untuk pupuk	0.1	0.1

[1]Berdasarkan pertimbangan dari para ahli

2.3.2 Faktor Oksidasi (OX)

Faktor oksidasi (OX) menggambarkan besarnya gas CH_4 yang teroksidasi mikrorganisme *methanotrophic* dipermukaan penutup timbunan sampah (tanah atau bahan lainnya). OX bervariasi dari yang dapat diabaikan (0.0) sampai 1.0 (Tabel 2.13). Penggunaan faktor oksidasi lebih besar dari 0.1 harus disertai secara jelas dokumen, referensi, dan data-data pendukung kondisi nasional.

Tabel 2.14. Faktor Oksidasi (OX) Gas CH4 pada Penutup Timbunan Sampah di TPA

Jenis TPA	Angka default OX
Managed (tidak berpenutup bahan teraerasi), unmanaged, uncategorized	0
Managed (berpenutup bahan yg mengoksidasi CH_4 seperti tanah/kompos)	0.1

Proses oksidasi CH_4 dipengaruhi langsung ketebalan, sifat fisik dan kelembaban penutup timbunan sampah. TPA dengan bahan penutup yang tebal dengan jenis bahan yang teraerasi dengan baik, memiliki OX sangat berbeda dengan TPA yang tidak memiliki bahan penutup sehingga gas CH_4 dapat lepas melalui sela-sela penutup TPA.

Menurut IPCC 2006 Guideline,

pengukuran lapangan/laboratorium untuk konsentrasi dan flux emisi CH_4 dan CO_2 **tidak dapat digunakan secara langsung**

dalam menentukan faktor oksidasi (OX) CH_4 dari lapisan penutup (tanah/bahan lain) yang uniform/homogen

karena pada kenyataannya hanya sebagian fraksi gas CH_4 yang akan terdifusi melalui lapisan penutup homogen

2.3.3 Waktu Paruh ($t_{1/2}$) dan Konstanta Kecepatan Reaksi (k) Pembentukan CH_4

Waktu paruh, $t_{1/2}$, adalah waktu yang diperlukan untuk mendekomposisi DOCm di dalam sampah setengah dari masa awalnya. Pada model FOD, konstanta reaksi k digunakan pada persamaan penghitungan emisi gas CH4 yang ditimbulkan dimana:

$$k = \ln(2)/t_{1/2}$$

Waktu paruh dipengaruhi oleh faktor-faktor yang sangat bervariasi bergantung komposisi limbah, kondisi iklim, karakteristik TPA, praktek penimbunan sampah, dan lain-lain. Waktu paruh yang aplikatif untuk semua TPA tunggal ditentukan faktor-faktor terkait komposisi limbah dan kondisi TPA. Pada Tabel 2.14 dan 2.15 berturut-turut disampaikan besarnya harga k dan harga $t_{1/2}$ untuk perhitungan emisi pada berbagai kondisi TPA.

2.4 Karbon Tersimpan pada Sampah Padat Kota

Beberapa komponen karbon akan tersimpan cukup lama dalam sampah. Kayu dan kertas membusuk sangat pelan dan terkumulasi di TPA untuk waktu yang lama. Fraksi karbon limbah lainnya membusuk secara bervariasi. Jumlah karbon tersimpan di dalam sampah dapat diperkirakan dengan menggunakan model FOD.

Penyimpanan komponen karbon dalam jangka yang panjang di dalam karbon dalam kertas dan kardus, kayu, limbah taman dan kebun merupakan perhatian khusus sebagai perubahan stok karbon di dalam limbah yang berasal dari pemanenan produk kayu yang dilaporkan pada bagian AFOLU. Model FOD dari bagian ini menyediakan metoda perkiraan sebagai produk samping.

Penggunaan metoda berbasis komposisi limbah pada dasarnya menghitung jumah karbon yang tersimpan jangka panjang dari sampah kayu, kertas, kardus, limbah taman/halaman, dan lain-lain yang ditimbun di TPA, karena secara sederhana hal ini menunjukkan bagian dari DOC yang tidak hilang pada proses pembusukan.

Pada penggunaan metoda berbasis sampah bulk perlu memperkirakan jumlah yang tepat dari DOC yang berasal dari produk-produk kayu hasil panen di dalam DOC total sampah, sebelum mendapat jumlah karbon yang tersimpan jangka panjang. Jika angka perkiraan spesifik negara tidak tersedia maka dapat digunakan angka default IPCC untuk fraksi sampah kayu, kertas/ kardus, limbah kebun/taman, dan lain-lain.

Tabel 2.15 Rekomendasi Angka Default (IPCC 2006 Guideline) untuk Laju Pembentukan Gas Metana (k) Berdasarkan Tier 1

JENIS LIMBAH		ZONA IKLIM *							
		Boreal and Temperate (MAT≤20°C)				Tropical (MAT>20°C)			
		Dry (MAP/PET<1)		Wet (MAP/PET>1)		Dry (MAP/PET<1000 mm)		Wet (MAP/PET ≥ 1000 mm)	
		Default	Range	Default	Range	Default	Range	Default	Range
Limbah lama terdeg-radasi	Kertas/ Tekstil	0.04	0.03[3.5] - 0.05[3.4]	0.06	0.05- 0.07[3.5]	0.045	0.04 - 0.06	0.07	0.06 - 0.085
	Kayu/ ranting	0.02	0.01[3.4] - 0.056[6.7]	0.03	0.02 - 0.04	0.025	0.02 - 0.04	0.035	0.03 - 0.05
Limbah terdeg-radasi moderat	Lain-lain/ nonfood organic putrescible/ limbah taman	0.05	0.04 - 0.06	0.1	0.06 - 0.1[8]	0.065	0.05 - 0.08	0.17	0.15 - 0.2
Limbah cepat terde-gradasi	Limbah makanan/ sewage sludge	0.06	0.05 - 0.08	0.1854	0.1[3.4] - 0.2[9]	0.085	0.07 - 0.1	0.4	0.17 - 0.7[10]
Limbah Bulk		0.05	0.04 - 0.06	0.09	0.08[8] - 0.1	0.065	0.05 - 0.08	0.17	0.15[11] - 0.2

Keterangan:
(1) Available information on the determination of k and half-livesin tropical conditions is quite limited. The values included in the table, for those conditiond, are indicative and mostly have been derived from the assumptions described in the text and values obtained for temperate conditions; (2) The range refers to the minimum and maximum data reprted in literature or estimated by the authors of the chapter. It is included basically, to describe the uncertainty associated with the default value. (3) Oonk and Boom (1995); (4) IPCC (2000); (5) Brown et al. (1999). A near value (16 yr) was used, for slow degradability, in the GasSim model verification (Attenborough et al., (2002) ; (6) Environment Canada (2003), (7) In this range reported longer half-lives values (up yo 231 years) that were not included in the table are derived from extremely low k values used in sites with mean daily temperature <0°C (Levelton, 1991) ; (8) Estimated from RIVM (2004); (9) Value used for rapid degradability, in the GasSim model verification (Attenborough et al, 2002); (10) Estimated from Jensen and Pipatti (2003); (12) Considering t1/2=4-7 yras characteristic values for most developing countries in a tropical climate. Highmoisture conditions and highly degradablewaste.

**AdaptedChapter 3 in GPG-LULUCF (IPCC, 2003) ; MAT - Mean Annual temperature: MAP - Mean annual precipitation; PET - Potential evapotranspiration*

MAP/PET is the ratio of MAP to PET. The average annual MAT, MAP and PET during the time series should be selected to estimate emissions and indicated by the nearest representative meteorological station.

Catatan: Angka k dihasilkan dari pengukuran eksperimen, perhitungan dengan model, angka yang umum digunakan dalam inventory dan berbagai studi GRK

Tabel 2.16 Rekomendasi Angka Default (IPCC 2006 Guideline) untuk Waktu Paruh ($T_{1/2}$) Berdasarkan Tier 1

JENIS LIMBAH		ZONA IKLIM *							
		Boreal and Temperate (MAT≤20°C)				Tropical (MAT>20°C)			
		Dry (MAP/PET<1)		Wet (MAP/PET>1)		Dry (MAP/PET<1000 mm)		Wet (MAP/PET ≥ 1000 mm)	
		Default	Range	Default	Range	Default	Range	Default	Range
Limbah lama terde-gradasi	Kertas/ Tekstil	17	14[3.5] - 23[3.4]	12	10 - 14[3.5]	15	12 – 17	10	8 - 12
	Kayu/ ranting	35	23[3.4] - 69[6.7]	23	17 – 35	28	17 – 35	20	14 – 23
Limbah terde-gradasi moderat	Lain-lain/ nonfood organic putrescible/ limbah taman	14	12 - 17	7	6 - 9[8]	11	9 – 14	4	3 – 5
Limbah cepat terde-gradasi	Limbah makanan/ sewage sludge	12	9 – 14	44	3[3.4] - 6[9]	8	6 – 10	2	1[10] – 4
Limbah Bulk		0.05	14	12 - 17	7	35947	11	41166	4

Keterangan:
(1) Available information on the determination of k and half-livesin tropical conditions is quite limited. The values included in the table, for those conditiond, are indicative and mostly have been derived from the assumptions described in the text and values obtained for temperate conditions; (2) The range refers to the minimum and maximum data reprted in literature or estimated by the authors of the chapter. It is included basically, to describe the uncertainty associated with the default value. (3) Oonk and Boom (1995); (4) IPCC (2000); (5) Brown et al. (1999). A near value (16 yr) was used, for slow degradability, in the GasSim model verification (Attenborough et al., (2002) ; (6) Environment Canada (2003), (7) In this range reported longer half-lives values (up yo 231 years) that were not included in the table are derived from extremely low k values used in sites with mean daily temperature <0°C (Levelton, 1991) ; (8) Estimated from RIVM (2004); (9) Value used for rapid degradability, in the GasSim model verification (Attenborough et al, 2002); (10) Estimated from Jensen and Pipatti (2003); (12) Considering t1/2=4-7 yras characteristic values for most developing countries in a tropical climate. Highmoisture conditions and highly degradablewaste.

**Adapted: Chapter 3 in GPG-LULUCF (IPCC, 2003) ; MAT - Mean Annual temperature: MAP - Mean annual precipitation; PET - Potential evapotranspirationMAP/PET is the ratio of MAP to PET. The average annual MAT, MAP and PET during the time series should be selected to estimate emissions and indicated by the nearest representative meteorological station.*

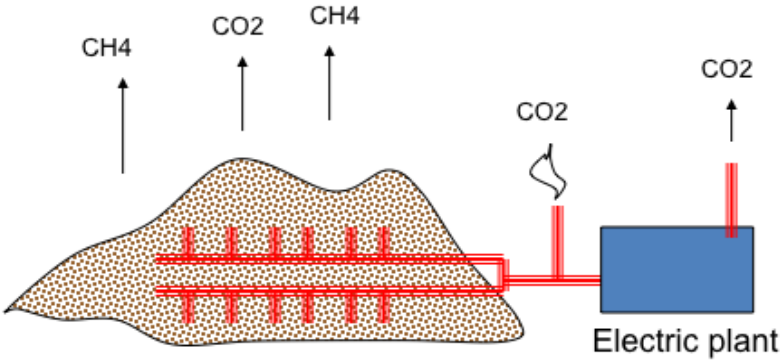
Catatan: Angka $t_{1/2}$ dihasilkan dari pengukuran eksperimen, perhitungan dengan model, angka yang umum digunakan dalam inventory dan berbagai studi GRK

III. METODOLOGI PERHITUNGAN TINGKAT EMISI GRK DARI TUMPUKAN SAMPAH DI TPA

Pembentukan emisi GRK dari tumpukan sampah kota/MSW di TPA/SWDS secara umum dapat digambarkan sebagai Gambar 3.1. CH_4 terutama berasal dari proses penguraian anaerobik komponen-komponen DOC (*degradable organic carbon compound*) di dalam sampah. Proses tersebut tidak hanya mengemisikan gas CH_4namun juga gas CO_2 dan gas-gas lainnya seperti CO, N_2, O_2, H_2, dan H_2O. Gas-gas ini umumnya disebut *landfill gas* (LFG).

Berdasarkan *IPCC 2006 Guidelines,* CO_2 yang diemisikan dari pengolahan limbah secara biologi tidak termasuk dalam inventarisasi GRK dari penimbunan limbah padat di TPA karena dikategorikan *biogenic origin* dan dihitung sebagai *net emission* dari AFOLU. Gas-gas lainnya juga tidak termasuk dalam inventarisasi karena tidak signifikan jumlahnya.

Pada sistem TPA yang dikelola, biogas yang terbentuk direcovery untuk dimanfaatkan sebagai pembangkitan listrik/panas (*steam*) atau dibakar untuk menghindari pelepasan CH_4 (dengan alasan gas tersebut adalah GRK dan juga alasan *safety*/keamanan karena gas tersebut mudah terbakar). Dengan demikian, besarnya emisi gas CH_4 adalah total gas CH_4 yang terbentuk dikoreksi dengan besarnya gas CH_4 yang di*recovery*/dibakar.



Typical gas di SWDS: CH4(50-60%) dan gas-gas lainnya (CO2, O2,N2,H2,CO, H2O)

Gambar 3.1 Proses pembentukan emisi GRK dari tumpukan sampah kota di TPA

Terdapat dua metode untuk penentuan emisi CH_4 dari SWDS, yaitu: (1) Metode neraca massa, dan (2) Metode *First Order Decay* (FOD). Berdasarkan IPCC 2006 GL, **tingkat emisi GRK dari TPA/SWDS ditentukan dengan metoda *first order decay* (FOD) dimana metoda neraca masa sangat tidak disarankan** dengan alasan metoda neraca massa tidak dapat dibandingkan dengan metode FOD yang mempunyai hasil penghitungan emisi tahunan yang lebih akurat.

Berdasarkan metoda FOD,

Total emisi gas CH_4 pada tahun T adalah total gas CH_4 yang terbentuk pada tahun T dikoreksi dengan besarnya gas CH_4 yang di*recovery*/dibakar.

3.1 Penentuan Metoda Penghitungan Emisi GRK

Berdasarkan IPCC 2006 GL, metodologi penghitungan emisi GRK dari tumpukan sampah di TPA dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkatan ketelitian dalam penghitungan, yaitu:

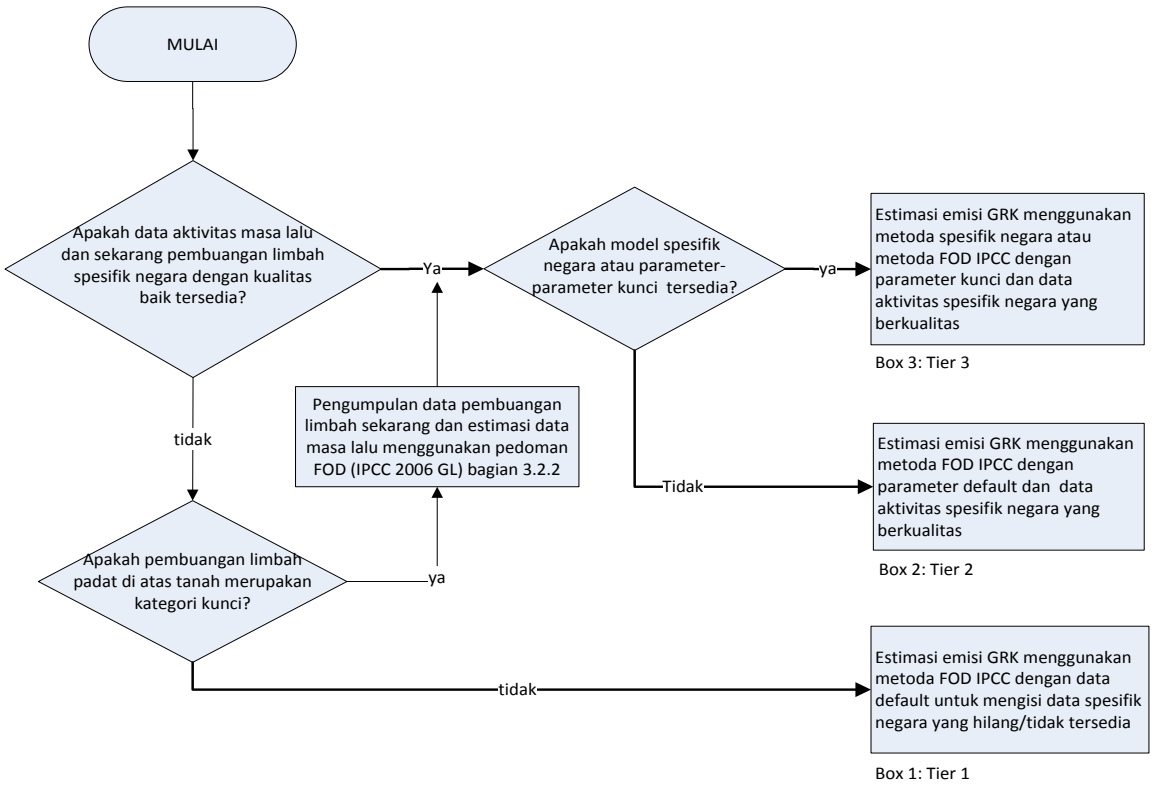
- **Tier 1:** penghitungan berdasarkan metoda *First Order Decay* (FOD) yang sebagian besar menggunakan angka *default* untuk data aktivitas dan faktor emisi (FE);

- **Tier 2:** penghitungan berdasarkan metoda FOD yang telah menggunakan data aktivitas yang lebih akurat dalam hal ini *country specific* (berdasarkan data historis 10 tahun terakhir atau lebih) untuk memperbaiki kualitas inventarisasi meskipun masih menggunakan angka default terutama untuk FE;

- **Tier 3:** penghitungan berdasarkan metoda FOD yang didasari data-data yang lebih akurat baik dalam hal data aktivitas yang telah menggunakan *country specific* dengan parameter-parameter kunci yang telah dikembangkan secara nasional dan FE lokal;

- Parameter-parameter kunci harus termasuk waktu paruh (*the half life*), potensi pembentukan gas metana (Lo) maupun kandungan DOC pada limbah dan fraksi DOC yang terdekomposisi (DOCf).

Cara pemilihan metoda (Tier) yang digunakan untuk penghitungan tingkat emisi gas rumah kaca dapat menggunakan *decision tree* sebagaimana disampaikan pada Gambar 3.2.



Sumber: IPCC 2006-GL

Gambar 3.2 Penentuan Tier pada penghitungan tingkat emisi GRK kegiatan penimbunan sampah di TPA

Catatan:
1. Data aktivitas spesifik negara yang berkualitas maksudnya adalah data jumlah sampah yang dibuang ke TPA tersebut untuk 10 tahun atau lebih
2. Lihat Volume 1 Chapter 4, "Methodological Choice and Identification of Key Categories" (Section 4.1.2 on limited resources) untuk *key categories* dan penggunaan pohon keputusan

3.2 Langkah-langkah Penghitungan Emisi CH_4 dari TPA Dengan Metoda FOD

Penghitungan emisi CH_4 dari timbunan limbah di TPA dengan Tier 1 membutuhkan angka default (regional) untuk data aktivitas dan parameter emisi (IPCC) yang telah ada pada model *spreadsheet* atau *software* dari IPCC 2006 Guideline. Penghitungan emisi CH4 dengan Tier 2 dan Tier 3 membutuhkan data-data aktivitas dan parameter emisi spesifik negara dan model spreadsheet maupun software yang dimodifikasi.

CH_4 yang diemisikan dari sampah padat kota yang dibuang di TPA untuk satu tahun dapat diperkirakan dari persamaan 3.1. CH_4 terbentuk akibat terdegradasinya material organik yang terdapat pada sampah pada kondisi anaerobik. Sebagian gas CH_4 yang terbentuk ini akan teroksidasi di permukaan timbunan sampah, diambil (*recovery*) untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi, atau dibakar (*flaring*). Dengan

demikian, gas CH_4 yang diemisikan sesungguhnya lebih kecil dibandingkan jumlah yang terbentuk.

$$\text{Emisi } CH_4 \text{ pada tahun T, Ggram} = \left[\sum_x CH_4 generated_{x,T} - R_T\right] * \left(1 - OX_T\right) \quad \text{..... (3.1)}$$

dimana:

T	=	Tahun inventarisasi
X	=	Tipe atau jenis limbah
R_T	=	CH_4 yang di *recovery* untuk dimanfaatkan atau di *flare* pada tahun T, Ggram
OX_T	=	Faktor oksidasi pada tahun T, fraksi
CH_4 $generated_{x,T}$	=	CH_4 yang terbentuk pada tahun T hasil dekomposisi komponen organik jenis tertentu (x) yang tersimpan di dalam sampah (DDOC)
Emisi CH4, tahun T	=	CH_4 yang diemisikan dari sampah padat di TPA untuk satu tahun

Perlu dicatat bahwa gas CH_4 yang teroksidasi di permukaan timbunan sampah hanya mencakup CH_4 setelah *recovery*.

3.3 Langkah-langkah Penghitungan Pembentukan CH_4 dari TPA dengan Metoda FOD

Besarnya gas CH_4 yang terbentuk pada proses dekomposisi sampah yang ditimbun pada tahun tertentu akan berkurang secara gradual sepanjang masa dekomposisi sampah. Pada proses ini, gas CH_4 yang diemisikan juga berkurang secara gradual. Model FOD dibuat atas dasar faktor eksponensial yang menggambarkan fraksi *degradable* material yang setiap tahunnya terdegradasi menjadi CH_4 dan CO_2.

Salah satu input penting pada model ini adalah DOCm (masa *degradable* material organik dari sampah yang ditimbun di TPA). DOCm diperkirakan berdasarkan informasi timbunan sampah dari berbagai kategori yang berbeda (sampah padat domestik, lumpur/sludge, imbah industry, dan lain-lain), dan berbagai jenis komponen limbah (sampah makanan, kertas/karton, sampah kebun/kayu, tekstil, dan lain-lain), atau sebagi alternative dapat digunakan DOC sebagai limbah bulk yang dibuang di TPA.

3.3.1 Langkah 1: Penentuan Potensi Pembentukan (*Generation*) gas CH_4

Potensi pembentukan CH_4dari *decomposable* DDOCm (massa *degradable* material organik sampah yang ditimbun di TPA yang terdekomposisi) dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan 3.2 berikut ini.

$$CH_4 \text{ generated}_T = DDOCmdecomp_T * F * \frac{16}{12} \quad \text{..... (3.2)}$$

dimana:

CH_4, generated T	=	CH_4 yang terbentuk pada tahun T hasil dekomposisi komponen organik yang tersimpah di dalam sampah (DDOC)
DDOCmdecomp T	=	DDOCm yang terdekomposisi pada tahun *T*, Gg
DDOCm	=	Massa DOC (komponen karbon organik yang dapat terdekompisisi) yang tersimpan pada sampah di TPA, Gg
F	=	Fraksi (%-volume) CH_4 pada gas land fill yang ditimbulkan
16/12	=	Rasio berat molekul CH_4/C (ratio)

Persamaan 3.2 juga digunakan untuk menghitung emisi CH_4 dari semua kategori/jenis komponen limbah, tanpa adanya indeks untuk membedakan kategori/jenis komponen tersebut. Potensi pembentukan gas CH_4 sepanjang tahun diperkirakan atas dasar jumlah dan komposisi limbah yang ditimbun di TPA dan praktek pengelolaan limbah di TPA.

Basis penghitungannya adalah DDOCm (massa *decomposable degradable organic compound)* yaitu massa komponen organik dalam sampah yang terdegradasi dan terdekomposisi sebagaimana terdapat pada persamaan 3.2. Besaran ini digunakan pada persamaan dan model spreadsheet sebagai DDOCm. Perhitungan DDOCm pada persamaan 3.3 dan 3.4.

$$\mathbf{DDOCm = W \bullet DOC \bullet DOCf \bullet MCF} \qquad \text{..... (3.3)}$$

$$\mathbf{Lo = DDOCm \bullet F \bullet 16/12} \qquad \text{..... (3.4)}$$

dimana:

DDOCm	=	Massa *decomposable DOC* yang terdeposisi, Ggram
W	=	Massa limbah yang terdeposisi, Ggram
DOC	=	Fraksi degradable karbon organik pada tahun deposisi sampah, Gg C/Gg waste
DOCf	=	Fraksi DOC yang dapat terdekomposisi pada kondisi anerobik, frkasi
MCF	=	Faktor koreksi CH_4, yang menggambarkan bagian limbah yang akan terdekomposisi pada kondisi anerobik (sebelum kondisi anerobik terjadi) pada tahun deposisi limbah
Lo	=	Potensi pembentukan gas CH4, Ggram
F	=	Fraction of CH4 in generated landfill gas, fraksi volum
16/12	=	Rasio berat molekul CH4/C

3.3.2 Langkah 2: Penghitungan DDOCm Dengan Metoda FOD

a. Konsep Dasar *First Order Decay* (FOD)

Pada reaksi orde satu, jumlah produk proporsional terhadap jumlah bahan yang bereaksi. Pada proses degradasi bahan organik timbunan sampah di TPA, laju reaksi pembentukan CH_4 proporsional terhadap laju pengurangan massa karbon organik terdekomposisi pada kondisi anaerobic (DDOCm). Artinya, tahun dimana limbah dideposisi/timbun di TPA tidak relevan dengan jumlah CH_4 yang terbentuk setiap tahun karena hanya ada massa total bahan yang terdekomposisi di TPA tersebut.

Ketika jumlah bahan yang berdekomposisi di TPA pada tahun pertama diketahui maka setiap tahun jumlah tersebut dapat dianggap sebagai tahun pertama pada metoda perkiraan pembentukan CH_4. Perhitungan dasar orde satu dapat dilakukan menggunakan kedua persamaan sederhana ini dengan reaksi dekomposisi mulai terjadi pada 1 January pada tahun setelah deposisi limbah.

Simple FOD Spreadsheet Model (menggunakan Template atau Software IPCC2006)

Untuk memperkirakan emisi CH_4 dari semua TPA di suatu negara/wilayah, emisi dari limbah yang ditimbun di TPA setiap tahunnya dimodelkan sebagai satu baris tersendiri pada spreadsheet. Pada *IPCC Waste Model*, pembentukan CH_4dihitung secara terpisah untuk setiap tahun pembuangan limbah, dan total CH_4 yang terbentuk diperoleh dengan menjumlahkan CH_4 yang terbentuk setiap tahun di akhir.

b. Contoh Perhitungan:

Pada TPA yang dioperasikan selama 6 tahun dari limbah dengan DDOCm 100 unit/tahun, laju pembusukan dipekirakan konstan (0.1), waktu paruh 6.9 tahun. Hasil perhitungan CH_4 di awal tahun setelah penimbunan disampaikan pada Tabel 3.1. Data pada table tersebut menunjukkan DDOCm terdekomposisi setiap tahunnya, dimana emisi CH4 dapat dihitung.

Tabel 3.1 Metoda FOD penghitungan DDOCm Tertimbun, Terakumulasi, Terdekomposisi

Tahun	DDOCm tertimbun	DDOCm terakumulasi	DDOCm terdekomposisi
0	100	100	0
1	100	190.5	9.5
2	100	272.4	18.1
3	100	346.4	25.9
4	100	413.5	33.0
5	100	474.1	39.3
6	100	529.0	45.1

3.3.3 Langkah 3: Penghitungan Massa DDOCm yang terdeposit pada tahun T, Gg

Input data limbah yang ditimbun di TPA ke dalam spreadsheet dapat berbasis data bulk atau berbasis komposisi. Pada basis komposisi, sampah dipisahkan menjadi sampah kertas, kardus, makanan, dan lain-lain (11 komponen limbah). Pada sampah bulk, limbah padat hanya dibagi menjadi sampah kota dan limbah industri. Tidak semua DOCm yang masuk ke lokasi penimbunan sampah akan terdekomposisi pada kondisi anerobik. Parameter DOCf adalah fraksi DOCm yang sesungguhnya terdegradasi di lokasi TPA. Proses dekomposisi DOCm (DDOCm) yang masuk TPA dihitung dengan persamaan 3.5.

$$\mathbf{DDOCmd(T), = W(T) \bullet DOC * DOCf \bullet MCF} \quad \text{…….. (3.5)}$$

(KolomD pada spreadsheet perhitungan emisi CH_4)

dimana:

DDOCmdT	=	massa DDOCmasuk (deposit) TPA di tahun *T*, Gg
W_T	=	massa dari limbah padat yang ditimbun pada tahun T, Ggram
DOC	=	fraksi degradable karbon organik pada tahun deposisi sampah, Gg C/Gg waste
DOCf	=	fraksi DOC yang dapat terdekomposisi pada kondisi anerobik, frakasi
MCF	=	faktor koreksi CH_4 yang terdekomposisi aerobik pada tahun penimbunan limbah

3.3.4 Langkah 4: Penghitungan Mass DDOCm yang Terakumulasi di TPA

Memasukan Perhitungan Besaran DDOCm yang Terakumulasi di TPA

Emisi CH4 di SWDS dihitung dengan metode FOD (*first order decay)* yang memperhatikan bahwa DOC memiliki waktu paruh (*half-life time*), yaitu lamanya DOC terdekomposisi menjadi setengah jumlah awal, sehingga diasumsikan tidak semua DDOC*m* benar-benar terdekomposisi selama tahun inventarisasi T. Hal ini berarti ada massa DDOC*m* yang terakumulasi selama tahun T tersebut dan juga tahun sebelumnya T – 1.

> Produksi CH4 dapat diperkirakan jika jumlah DDOCm yang terakumulasi di TPA dan terdeposit tahun lalu diketahui, dimana tiap tahun dianggap sebagai tahun (T – 1).

Dengan menggunakan besaran DDOCma (DDOCm terakumulasi di TPA) dari *spreadsheet* (*template* atau *software*), persamaan 3.3 dan 3.4 di atas juga dapat digunakan untuk menghitung potensi pembentukan gas CH4 dari sisa tumpukan

sampah di TPA. DDOCm yang terakumulasi di TPA dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.6 dan 3.7.

DDOCm yang terakumulasi di TPA pada akhir tahun T dihitung dengan persamaan:

$$DDOCma_T = DDOCmd_T + (DDOCma_{T-1} * e^{-k}) \quad \text{..... (3.6)}$$

DDOCm yang terdekomposisi pada akhir tahun T dihitung dengan persamaan:

$$DDOCmdecomp_T = DDOCma_{T-1} * (1 - e^{-k}) \quad \text{..... (3.7)}$$

dimana:

Reaksi pembusukan mulai pada 1 januari setahun setelah penimbunan sampah di TPA

T	=	tahun inventarisasi
k	=	konstanta reaksi, k = ln (2)/$t_{1/2}$, tahun^{-1}
$t_{1/2}$	=	waktu paruh (untuk meluruh menjadi 1/2 jumlah semula), tahun
DDOCm	=	massa DOC tersimpan pada samah di TPA yang dapat terdekomposisi, Gg
$DDOCma_T$	=	DDOCm terakumulasi di SWDS pada akhir tahun *T*, Gg
$DDOCma_{T-1}$	=	DDOCm terakumulasi di SWDS pada akhir tahun (*T*-1), Gg
$DDOCmd_T$	=	massa DDOCmasuk (deposit) TPA di tahun *T*, Gg
$DDOCmdecomp_T$	=	DDOCm masuk TPAyang dapat terdekomposisi di tahun *T*, Gg

3.3.5 Langkah 5: Penghitungan *Time Delay* yang Berbeda Di dalam Model Spreadsheet

Metoda perhitungan emisi CH_4 dari TPA yang telah dijelaskan sebelumnya menggunakan asumsi bahwa dekomposisi anaerobic dari DDOCm menjadi CH_4 mulai terjadi 1 Januari pada tahun setelah penimbunan limbah (dengan rata-rata delay 6 bulan sebelum reaksi pembusukan dimulai). Jika dekomposisi anaerobic ditetapkan terjadi lebih awal, yaitu di tahun penimbunan, perhitungan secara terpisah untuk tahun penimbunan harus dibuat. DDOCm dapat dihitung dengan persamaan 3.8 sampai dengan 3.11.

a. Massa DDOCm terdeposit yang tidak terdekomposisi pada akhir tahun deposit T

$$DDOCmrem(T) = DDOCmd(T) \bullet e^{(-k \bullet (13-M)/12)} \quad \text{..... (3.8)}$$

(Kolom F pada spreadsheet perhitungan emisi CH_4)

b. Massa DDOCm terdeposit yang terdekomposisi pada tahun deposit T [DDOCmdec(T)]

$$DDOCmdec(T) = DDOCmd(T) \bullet (1 - e^{(-k \bullet (13-M)/12)}) \quad \text{..... (3.9)}$$

(KolomGpada spreadsheet perhitungan emisi CH_4)

c. Massa DDOCm yang terakumulasi di TPA pada akhir tahun T

$$DDOCma(T) = DDOCmrem(T) + (DDOCma(T-1) \bullet e^{-k}) \quad \text{.....(3.10)}$$

(KolomHpada spreadsheet perhitungan emisi CH_4)

DDOCm-decompT adalah massa DDOC yang terdekomposisi pada tahun *T*, Gg

$$DDOCmdecomp(T) = DDOCmdec(T) + (DDOCma(T-1) \bullet (1 - e^{-k})) \quad \text{....(3.11)}$$

(KolomIpada spreadsheet perhitungan emisi CH_4)

dimana:

T	=	tahun inventarisasi
k	=	konstanta reaksi, $k = \ln(2)/t_{1/2}$, tahun $^{-1}$
$t_{1/2}$	=	waktu paruh (untuk meluruh menjadi 1/2 jumlah semula), tahun
DOCf	=	Fraksi DOC yang didekomposisi di bawah kondisi anaerobik
DOC	=	fraksi karbon organik terdekomposisi pada tahun penimbunan, Ggram C/Ggram limbah
DDOC	=	*Decomposable Degradable Organic Carbon* (kondisi anaerobik)
DDOCm	=	massa DOC tersimpan pada samah di TPA yang dapat terdekomposisi, Gg
DDOCmdT	=	massa DDOCmasuk (deposit) TPA di tahun *T*, Gg
DDOCmdecompT	=	DDOCm masuk TPAyang dapat terdekomposisi di tahun *T*, Gg
DDOCmdec(T)	=	massa DDOC terdeposit di tahun T, yang terdekomposisi pada tahun T
DDOCmrem(T)	=	massa DDOC terdeposit di tahun T, yang tidak terdekomposisi sampai dengan akhir tahun T
DDOCmaT	=	DDOCm terakumulasi di SWDS pada akhir tahun *T*, Gg
DDOCmaT-1	=	DDOCm terakumulasi di SWDS pada akhir tahun (*T*-1), Gg

3.3.6 Langkah 6: Penghitungan Pembentukan dan Emisi CH_4 Dari TPA

Jumlah (massa) gas CH_4 yang terbentuk dari DDOCm yang terdekompisisi di TPA dihitung menggunakan persamaan 3.1 (Sub-Bab 3.2) dan persamaan 3.2 (Sub-Bab 3.3.1), yaitu:

$$CH_4\ generatedT = DDOCm\ decompT \bullet F \bullet 16/12$$

(KolomJ pada spreadsheet perhitungan emisi CH_4)

$$\text{Emisi } CH_4 \text{ di tahun T, Ggram} = \left[\sum_x CH_4 generated_{x,T} - R_T\right] * (1 - OX_T)$$

(Perhitungan final pada spreadsheet penghitungan emisi CH_4)

dimana:

CH_4, generated T = CH_4 yang terbentuk pada tahun T hasil dekomposisi komponen organik yang tersimpah di dalam sampah (DDOC)

DDOCmdecomp T = DDOCm yang terdekomposisi pada tahun *T*, Gg

DDOCm = massa DOC (komponen karbon organik yang dapat terdekompisisi) yang tersimpan pada sampah di TPA, Gg

F = fraksi (%-volume) CH_4 pada gas land fill yang ditimbulkan

16/12 = rasio berat molekul CH_4/C (ratio)

3.3.7 Perhitungan Karbon Tersimpan Pada Sampah yang Ditimbun di TPA

Sebagaimana disampaikan sebelumnya, hanya sebagian massa DOCm di dalam limbah yang dideposisi (timbun) di TPA akan membusuk menghasilkan CH_4 dan CO_2. Angka MCF kurang dari 1 menunjukkan bahwa sebagian DOCm akan terdekomposisi secara aerobik menjadi CO_2 bukan CH_4. DOC yang tersedia untuk proses pembusukan aeorobik juga tidak terdekomposisi sempurna. Bagian DOCm yang tidak terdekomposisi akan tersimpan dalam jangka panjang di TPA, yang besarnya dapat diperkirakan dengan persamaan:

$$DOCm\ long\text{-}term\ storedT = WT \bullet DOC \bullet (1 - DOCf) \bullet MCF$$

3.4 Tata Cara Penggunaan Spreadsheet atau Software IPCC 2006 GL

Penghitungan tingkat emisi GRK dapat menggunakan *template* (dalam excel software) atau software IPPCC 2006 GL. Keduanya memiliki dasar penghitungan yang sama, yaitu Tier 1 IPCC2006 GL. Apabila template atau software ini akan digunakan untuk menghitung emisi GRK yang telah menggunakan Tier 2, maka template maupun software ini memerlukan modifikasi dalam hal data aktivitas. Tatahapan atau langkah-langkah penggunan spreadsheet yang terdapat pada template (excel files) maupun software IPCC 2006 GLs mencakup 6 Tahap, yaitu:

- Tahap I : Input Parameter
- Tahap II : Penentuan Metane Correction Factor
- Tahap III : Input Aktivitas Data
- Tahap IV : Data Jumlah Limbah Yang Dideposisi (Timbun) di TPA
- Tahap IV : Data MCF dan OX
- Tahap Va : Hasil Hitungan Emisi CH_4 dari Timbunan Sampah di TPA

- Tahap Vb : Hasil Hitungan Emisi CH_4 dari Produk Pemanenan Kayu
- Tahap VI : Hasil Hitungan Karbon Tersimpan di TPA Jangka Panjang

Detail langkah-langkah penggunaan template perhitungan masing-masing tahap secara rinci dijelaskan pada Sub Bab berikut ini.

3.4.1 Tahap I: Input Parameter

	Country		INDONESIA	
	Region		Asia- Southeast	
Parameters	**IPCC default value**		**Country-specific parameters**	
			Value	**Reference and remarks**
Starting year		2005	2005	
	Waste by composition			
DOC (Degradable organic carbon)				
(weight fraction, wet basis)	**Range**	**Default**		
Food waste	0.08-0.20	0.15	0.15	
Garden	0.18-0.22	0.2	0.2	
Paper	0.36-0.45	0.4	0.4	
Wood and straw	0.39-0.46	0.43	0.43	
Textiles	0.20-0.40	0.24	0.24	
Disposable nappies	0.18-0.32	0.24	0.24	
Sewage sludge	0.04-0.05	0.05	0.05	
Industrial waste	0-0.54	0.15	0.15	
DOCf (fraction of DOC dissimilated)		0.5	0.5	
	Moist and wet tropical			
Methane generation rate constant (k)				
(years^{-1})	**Range**	**Default**		
Food waste	0.17–0.7	0.4	0.4	
Garden	0.15–0.2	0.17	0.17	
Paper	0.06–0.085	0.07	0.07	
Wood and straw	0.03–0.05	0.035	0.035	
Textiles	0.06–0.085	0.07	0.07	
Disposable nappies	0.15–0.2	0.17	0.17	
Sewage sludge	0.17–0.7	0.4	0.4	
Industrial waste	0.15–0.2	0.17	0.17	
Delay time (months)		6	6	
Fraction of methane (F) in developed gas		0.5	0.5	
Conversion factor, C to CH_4		1.33	1.33	
Oxidation factor (OX)		0	0	
Parameters for carbon storage				
% paper in industrial waste		0%	0%	
% wood in industrial waste		0%	0%	

3.4.2 Tahap II: Penentuan Metane Correction Factor

Methane Correction Factor (MCF)

Calculated values for MCF

This worksheet calculates a weighted average MCF from the estimated distribution of site types
Enter either IPCC default values or national values into the yellow MCF cells in row 12
Then enter the approximate distribution of waste disposals (by mass) between site types in the columns below.
Totals on each row must add up to 100% (see "distribution check" values)

	MSW						Industrial						
	Un-managed, shallow	Un-managed, deep	Managed	Managed, semi-aerobic	Uncate-gorised	Distri-bution Check	Un-managed, shallow	Un-managed, deep	Managed	Managed, semi-aerobic	Uncate-gorised	Distri-bution Check	References / remarks
	MCF	MCF	MCF	MCF	MCF		MCF	MCF	MCF	MCF	MCF		
IPCC default	0.4	0.8	1	0.5	0.6		0.4	0.8	1	0.5	0.6		
Country-specific value	0.4	0.8	1	0.5	0.6		0.4	0.8	1	0.5	0.6		
	Distribution of Waste by Waste Management Type						Distribution of Waste by Waste Management Type						
"Fixed" Country-specific value	25%	30%	25%	5%	15%	Total	20%	30%	25%	5%	20%	Total	
Year	%	%	%	%	%	(100%)	%	%	%	%	%	(100%)	
2005	25%	30%	25%	5%	15%	100%	20%	30%	25%	5%	20%	100%	
2006	25%	30%	25%	5%	15%	100%	20%	30%	25%	5%	20%	100%	
2007	25%	30%	25%	5%	15%	100%	20%	30%	25%	5%	20%	100%	
2008	25%	30%	25%	5%	15%	100%	20%	30%	25%	5%	20%	100%	
2009	25%	30%	25%	5%	15%	100%	20%	30%	25%	5%	20%	100%	
2010	25%	30%	25%	5%	15%	100%	20%	30%	25%	5%	20%	100%	
2011	25%	30%	25%	5%	15%	100%	20%	30%	25%	5%	20%	100%	
2012	25%	30%	25%	5%	15%	100%	20%	30%	25%	5%	20%	100%	

MSW	Industrial
Weighted average MCF for MSW	Weighted average MCF for Industrial Waste
wt. fraction	wt. fraction
0.71	0.72
0.71	0.72
0.71	0.72
0.71	0.72
0.71	0.72
0.71	0.72
0.71	0.72
0.71	0.72

3.4.3 Tahap III: Input Aktivitas Data

MSW activity data

Enter population, waste per capita and MSW waste composition into the yellow cells.
Help and default regional values are given in the 2006 IPCC Guidelines.
Industrial waste activity data must be entered separately starting in Column Q.

IPCC Regional defaults

		270		59%	44%	0%	13%	10%	3%	0%	31%	100%
					Composition of waste going to solid waste disposal sites							
Year	Population	Waste per capita	Total MSW	% to SWDS	Food	Garden	Paper	Wood	Textile	Nappies	Plastics, other inert	Total
	millions	kg/cap/yr	Gg	%	%	%	%	%	%	%	%	(=100%)
2005	10	270	2700	59%	44%	0%	13%	10%	3%	0%	31%	100%
2006	10	270	2700	59%	44%	0%	13%	10%	3%	0%	31%	100%
2007	10	270	2700	59%	44%	0%	13%	10%	3%	0%	31%	100%
2008	10	270	2700	59%	44%	0%	13%	10%	3%	0%	31%	100%
2009	10	270	2700	59%	44%	0%	13%	10%	3%	0%	31%	100%
2010	10	270	2700	59%	44%	0%	13%	10%	3%	0%	31%	100%
2011	10	270	2700	59%	44%	0%	13%	10%	3%	0%	31%	100%
2012	10	270	2700	59%	44%	0%	13%	10%	3%	0%	31%	100%

Industrial waste activity data

Enter GDP, waste generation rate, % to SWDS and distribution of waste between site types into the yellow cells.
Help and default regional values are given in the 2006 IPCC Guidelines.

Year	GDP	Waste generation rate	Total industrial waste	% to SWDS	Total to SWDS
	$ millions	Gg/$m GDP/yr	Gg	%	Gg
2005	100	5	500	100%	500
2006	100	5	500	100%	500
2007	100	5	500	100%	500
2008	100	5	500	100%	500
2009	100	5	500	100%	500
2010	100	5	500	100%	500
2011	100	5	500	100%	500
2012	100	5	500	100%	500

3.4.4 Tahap IV: Data Jumlah Limbah Yang Dideposisi (Timbun) di TPA

Amount deposited data **Country** **INDONESIA**

Countries with good inventory data:
Enter those data onto this sheet.

	Amounts deposited in SWDS									
Year	Food	Garden	Paper	Wood	Textile	Nappies	Sludge	Deposited MSW	Inert	Industrial
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg
2005	693	0	205	158	43	0	0	1,593	494	500
2006	693	0	205	158	43	0	0	1,593	494	500
2007	693	0	205	158	43	0	0	1,593	494	500
2008	693	0	205	158	43	0	0	1,593	494	500
2009	693	0	205	158	43	0	0	1,593	494	500
2010	693	0	205	158	43	0	0	1,593	494	500
2011	693	0	205	158	43	0	0	1,593	494	500
2012	693	0	205	158	43	0	0	1,593	494	500

3.4.5 Tahap V: Data MCF dan OX

Methane Recovery and methane oxidised in top layer (OX)

Enter the total amount of methane recovered
from all SWDS.

	Amount of Methane Recovered from SWDS	References / remarks	Fraction recovered methane	Methane oxidised (OX)	References/remarks
IPCC default	0			0	
Year	Gg			Fraction	
2005	0.0		0.00	0.00	
2006	0.0		0.00	0.00	
2007	0.0		0.00	0.00	
2008	0.0		0.00	0.00	
2009	0.0		0.00	0.00	
2010	0.0		0.00	0.00	
2011	0.0		0.00	0.00	
2012	0.0		0.00	0.00	

3.4.6 Tahap V: Hasil Penghitungan Emisi CH_4 dari Timbunan Sampah di TPA

Results

Country
INDONESIA

Enter starting year, industrial waste disposal data and methane recovery into the yellow cells.
MSW activity data is entered on MSW sheet

	Methane generated											
Year	Food	Garden	Paper	Wood	Textile	Nappies	Sludge	MSW	Industrial	Total	Methane recovery	Methane emission
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M = (K-L)*(1-OX)
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg
2005	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
2006	8	0	1	1	0	0	0		3	13	0	13
2007	13	0	3	1	0	0	0		5	23	0	23
2008	17	0	4	2	0	0	0		7	30	0	30
2009	19	0	5	2	1	0	0		9	36	0	36
2010	21	0	6	3	1	0	0		10	40	0	40
2011	22	0	7	3	1	0	0		11	44	0	44
2012	23	0	7	3	1	0	0		12	47	0	47

3.4.7 Tahap V: Hasil Penghitungan Emisi CH_4 dari Produk-produk Pemanenan Kayu

Harwested Wood Products

This sheet gives information on the methane emission from HWP, and HWP C long-term stored in SWDS

	Long-term stored C			Long term stored C accumulated			CH4 generated			CH4 emitted		
Year	Garden C	Paper C	Wood C	Garden C	Paper C	Wood C	Garden	Paper	Wood	Garden	Paper	Wood
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg
2005	0	29	24	0	29	24	0	0	0	0	0	0
2006	0	29	24	0	58	48	0	1	1	0	1	1
2007	0	29	24	0	87	72	0	3	1	0	3	1
2008	0	29	24	0	116	96	0	4	2	0	4	2
2009	0	29	24	0	145	120	0	5	2	0	5	2
2010	0	29	24	0	174	143	0	6	3	0	6	3
2011	0	29	24	0	203	167	0	7	3	0	7	3
2012	0	29	24	0	232	191	0	7	3	0	7	3

3.4.8 Tahap VI: Hasil Penghitungan Karbon Tersimpan di TPA Untuk Jangka Panjang

Country	INDONESIA

Long-term stored C in SWDS

In this sheet carbon long-term stored C in SWDS is calculated.

DOC:					
MSW	0	Food waste	0.15	Nappies	0.24
Paper	0.4	Garden	0.2	Sludge	0.05
Wood	0.43	Textiles	0.24	Industry	0.15

Year	MSW	Food	Garden	Paper	Wood	Textiles	Nappies	Sludge	C, Industry	Paper, industry subtotal	Wood, industry subtotal	Long-term stored C	Long-term stored C accumulated
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg
2005	0	37	0	29	24	4	0	0	27	0	0	120	120
2006	0	37	0	29	24	4	0	0	27	0	0	120	240
2007	0	37	0	29	24	4	0	0	27	0	0	120	360
2008	0	37	0	29	24	4	0	0	27	0	0	120	480
2009	0	37	0	29	24	4	0	0	27	0	0	120	600
2010	0	37	0	29	24	4	0	0	27	0	0	120	720
2011	0	37	0	29	24	4	0	0	27	0	0	120	840
2012	0	37	0	29	24	4	0	0	27	0	0	120	960

3.5 Metoda Pengukuran dalam Perkiraan Emisi Gas CH_4 dari Sampah Padat Kota

Model FOD dan metoda lainnya (misal IPCC 1996) yang digunakan untuk memperkirakan pembentukan CH_4 di TPA dibuat berdasarkan pengetahuan *scientific* dan asumsi bahwa metabolisme mikroba di TPA terjadi pada kondisi anaerobik.

Pengukuran langsung dapat digunakan untuk melakukan validasi sebuah model dengan membandingkan prediksi model laju pembentukan CH_4 terhadap hasil pengukuran dan untuk mendokumentasikan pemilihan angka *country specific* untuk parameter-parameter yang digunakan model di dalam mempersiapkan inventarisasi GRK nasional.

Pengukuran dapat digunakan untuk menentukan jumlah gas yang diambil dari sistem pengumpul gas di TPA (yang dikombinasikan dengan perkiraan efisiensi *recovery*), mengukur jumlah CH4 yang berdifusi ke udara, dan kombinasi keduanya.

3.6 Sumber Data Aktivitas dan Faktor Emisi Inventarisasi Emisi GRK dari Kegiatan Pengelolaan Sampah Kota di TPA

Data aktivitas penentuan emisi GRK dari pengelolaan sampah kota di TPA dapat diperkirakan dari data statistik mengenai berat sampah yang dibuang ke TPA di beberapa kota di Indonesia. Sebagai contoh, pada Tabel 3.2 disampaikan data statistik berat sampah kota yang dibawa/dibuang ke TPA setiap tahunnya. Data tersebut dikeluarkan oleh Biro Pusat Statistik dalam Statistik Lingkungan Hidup Indonesia.

Pada Tabel 3.3 disampaikan data statistik mengenai perkiraan pembentukan sampah (M3) dan volume sampah yang terangkut (M3) perhari di beberapa kota di Indonesia 2004 – 2005. Pada Tabel 3.4 disampaikan data statistik mengenai persentase rumah tangga menurut cara pembuangan sampah dan provinsi.

Tabel 3.2 Berat sampah dibuang ke TPA/SWDS di beberapa kota di Indonesia, Kton

No	Kota	2000	2001	2002	2003	2004	2005
1	Medan	181.0	176.3	176.3	247.5	247.5	247.47
2	Palembang	86.2	88.2	89.8	91.4	93.0	94.68
3	Padang	119.86	120.6	122.4	124.2	126.1	127.97
4	Pekanbaru	42.11	43.9	50.7	50.7	52.9	52.93
5	Jambi	33.31	33.93	34.6	35.2	39.4	40.88
6	Bandar Lampung	64.94	65.70	65.7	73.0	73.0	74.01
7	Pangkal Pinang	8.46	8.83	9.2	9.6	16.9	17.55
8	DKI Jakarta	1,646.15	1,609.94	1,763.8	1,801.28	1,892.5	1,857.56
9	Bandung	490.20	207.76	328.5	328.50	328.5	328.50
10	Semarang	197.10	197.10	197.1	197.10	197.1	197.10
11	Yogyakarta	100.38	100.38	100.4	114.03	115.6	117.22

Tabel 3.2. Lanjutan

No	Kota	2000	2001	2002	2003	2004	2005
12	Surabaya	489.10	489.10	489.1	496.40	442.7	442.67
13	Cilegon	15.98	16.49	16.9	17.23	17.6	17.99
14	Denpasar	109.50	109.50	109.5	138.99	138.1	155.78
15	Pontianak	20.19	20.66	20.7	20.73	20.8	20.81
16	Banjarmasin	31.90	32.85	32.85	36.50	43.80	43.80
17	Manado	72.93	73.90	74.83	46.90	105.12	106.43
18	Palu	59.85	61.39	62.04	62.71	60.66	44.97
19	Kendari	20.67	21.32	21.75	22.19	21.75	22.19
20	Makasar	218.78	223.67	195.28	237.40	227.03	229.21
21	Gorontalo	13.59	14.02	14.02	14.02	14.02	14.31
22	Ternate	13.85	13.92	14.15	14.38	14.62	14.86
23	Jayapura	29.73	30.68	31.35	32.03	32.72	33.43
	TOTAL	**4,065.79**	**3,760.22**	**4,020.89**	**4,211.96**	**4,321.41**	**4,302.31**

Sumber: Statisitik Indonesia 2006, Biro Pusat Statistik Indonesia

Tabel 3.3 Perkiraan Pembentukan Sampah (M3) dan Volume Sampah yang Terangkut (M3) Perhari di Beberapa Kota di Indonesia 2004 – 2005

KOTA	2004			2005		
	Perkiraan Pembentukan sampah	Volume Sampah Terangkut	% tertangani	Perkiraan Pembentukan sampah	Volume Sampah Terangkut	% tertangani
Kota Medan	5436	3390	62.36	5436	3390	62.36
Kota Padang	-	-	-	1753	1753	100.00
Kota Pekan Baru	1429	725	50.75	1429	725	50.75
Kota Jambi	1152	540	46.88	1231	560	45.49
Kota Bandar Lampung	1100	1000	90.91	-	-	-
Kota Pangkal Pinang	342	231	67.54	-	-	-
DKI Jakarta	27966	25925	92.70	26264	25446	96.89
Kota Bandung	7500	4500	60.00	7500	4500	60.00
Kota Semarang	-	-	-	3500	2700	77.14
KotaYogyakarta	1609	1562	97.08	-	-	-
Kota Surabaya	8700	6064	69.70	8700	6064	69.70
Kota Clegon	-	-	-	-	-	-
Kota Denpasar	2155	1892	87.80	2318	2134	91.63
Kota Pontianak	-	-	-	-	-	-
Kota Banjarmasin	900	600	66.67	900	600	66.67
Kota Manado	1600	1440	90.00	-	-	-
Kota Palu	883	831	94.11	863	616	71.34
Kota Kendari	-	-	-	541	304	56.19
Kota Makasar	3546	3110	87.70	-	-	-
Kota Gorontalo	383	192	50.13	-	-	-
Kota Ternate	-	-	-	-	-	-
Kota Jayapura	-	-	-	700	458	65.43

Sumber: Dinas kebersihan kota di Indonesia/Cleaning service of Several Citi in Indonesia

Tabel 3.4. Persentase Rumah Tangga Menurut Cara Pembuangan Sampah dan Provinsi

PROVINSI	Diangkut ke TPA	Open dump	kompos	Dibakar	Dibuang ke sungai	Dibuang semba-rangan	Lainnya
N Aceh Darusalam	8.87	6.01	0.51	66.46	5.2	7.82	5.12
Sumatera Utara	15.34	2.69	2.12	63.57	3.84	10.68	1.76
Sumatera Barat	11.56	1.4	0.33	64.64	8.99	8.27	4.81
Riau	15.42	6.26	0.83	59.39	4.33	8.31	6.71
Jambi	9.36	6.02	0.35	52.89	14.76	8.03	8.36
Sumatera Selatan	13.61	2.45	0.72	43.75	15.22	8.94	11.74
Bengkulu	12.88	9.96	0.2	61.59	4.72	10.55	7.73
Lampung	10.12	9.96	1.27	58.51	4.83	7	8.32
Bangka Belitung	5.33	7.15	0.13	59.06	3.36	16.3	8.67
Banten	22.45	8.44	1.66	41.37	5.08	13.17	7.83
DKI Jakarta	83.17	4.77	0.2	5.80	1.15	1.85	3.06
Jawa Barat	22.52	10.48	2.15	46.72	9.24	4.48	4.41
Jawa Tengah	10.85	21.36	4.16	44.02	7.94	4.74	6.93
DI Yogyakarta	29.52	15.63	5.35	43.99	1.63	1.94	1.95
Jawa Timur	16.97	13.84	3.5	52.03	6.58	3.51	3.57
Bali	22.56	9.7	7.54	35.19	4.45	2.48	18.06
Nusa Tenggara Barat	4.89	10.6	0.61	27.91	30.52	15.8	10
Nusa Tenggara Timur	4.63	2.61	3.31	44.87	4.49	26.46	13.65
Kalimantan Barat	6.10	4.8	0.26	52.77	9.05	20.71	6.31
Kalimantan Tengah	8.41	6.16	0.34	53.51	18.49	8.13	4.96
Kalimantan Selatan	14.00	7.15	0.67	38.30	11.97	20.48	7.42
Kalimantan Timur	31.61	4	1.35	39.02	6.21	9.35	8.46
Sulawesi Utara	15.19	8.37	0.26	52.27	10.3	5.91	7.69
Sulawesi Tengah	8.30	1.87	-	57.30	4.23	15.79	12.51
Sulawesi Selatan	16.65	6.78	0.88	38.46	9.63	17.98	9.63
Sulawesi Tenggara	9.49	5.67	0.87	47.93	7.04	17.77	11.23
Gorontalo	3.32	1.34	0.77	82.85	3.71	6.5	1.51
Maluku	4.82	2.96	0.51	28.60	11.14	28.44	23.53
Maluku Utara	5.47	9.96	0.26	24.37	16.57	18.16	25.2
Papua	10.80	2.7	0.32	36.67	8.58	26.64	14.31
INDONESIA	**18.41**	**10.66**	**2.31**	**46.90**	**7.82**	**7.66**	**6.24**

Tabel 3.5. Hasil Survey

Komponen Sampah	Komposisi sampah, % berat basah				
	TPA NamoBintang Medan, Urban, 13 Desember 2011 (MusimHujan)	Rata-rata Sumatera Selatan	Rata-rata Sumatera Utara	Rata-Rata	IPCC 2006 Guidelines (South East Asia Region)
a. Makanan	33.31	59%	50%	54%	43.5%
b. Kertas + karton + Nappies		15%	13%	14%	12.9%
- Kertas + karton	13.56				
- Nappies	8.22				
d. Kayu	7.58	3%	14%	9%	9.9%
e. Kain danproduk tekstil	3.30	2%	3%	2%	2.7%
f. Karet dankulit	1.13	0%	1%	0%	0.9%
g. Plastik	12.71	19%	10%	15%	7.2%
h. Logam	0.38	0%	0%	0%	3.3%
i. Gelas	2.17	1%	1%	1%	4.0%
j. Lain-lain		0%	7%	3%	16.3%
- Lain-lain organik	16.62				
- Lain-lain anorganik	1.04				
TOTAL	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**

Tabel 3.6 Hasil Perkiraan Dry Matter Content (% Berat Kering)

Komponen	Sumatera Selatan *			Rata-rata Sumatera Selatan	Sumatera Utara**		Rata-rata Sumatera Utara
	TPA Palem Raya OganIlir (rural) 8 November 2011 (musimkemarau)	TPA Karya Jaya Palembang (urban) 28 November 2011 (musimhujan)	TPA Palem Raya OganIlir (rural) 1 Desember 2011 (musimhujan)		TPA NamoBintang Medan (urban) 19 Oktober 2011 (musimkemarau)	TPA Stabat Stabat (rural) 20 Oktober 2011 (musimkemarau)	
Sisamakanan	27	19	24	23	59.61	58.82	59
Kertas, Karton& Nappies	51	36	67	51	38.80	49.55	44
Taman &Kayu	35	52	64	50	53.78	59.56	57
Kain&ProdukTekstil	41	80	48	56	60.57	85.61	73
Karet&Kulit			84	84	91.73	85.62	89
Plastik	79	75	73	76	66.18	47.84	57
Logam					95.24	98.97	97
Kaca/Gelas	97	89	89	92	55.73	75.71	66
Lain-lain			85	85	98.03	91.48	95

*diolah dari Paparan UNSRI, 4th Technical Training on the Pilot Project in the Waste Sector in South Sumatera, Palembang, 19 December 2011 ** Diolah dari Paparan USU, 4th Technical Training in North Sumatera, Medan, 15 December 2011

IV. METODOLOGI PENGHITUNGAN EMISI GAS RUMAH KACA PENGOLAHAN BIOLOGI LIMBAH PADAT

Sumber emisi GRK dari pengolahan limbah padat secara biologi pada dasarnya mencakup mencakup pengomposan, *anaerobic digester,* dan lain-lain. Pengolahan limbah padat secara biologi di Indonesia hanya meliputi pengomposan mengingat pengolahan limbah padat dengan jalan *anaerobic biodigester* dan pengolahan biologi lainnya belum ada. Pengomposan (*anaerobic digester)* komponen organik limbah makanan, kebun/taman, *sludge*/lumpur memberikan keuntungan, yaitu:

- mengurangi volume material limbah,
- stabilisasi limbah menjadi produk pupuk,
- menghancurkan bakteri patogen dalam material limbah,
- memproduksi biogas untuk penggunaan energi.

4.1 Emisi GRK Pengolahan Limbah Padat secara Biologi

Pengomposan adalah proses aerobik komponen *degradable organic carbon* (DOC) dalam limbah yang terkonversi menjadi karbondioksida (CO_2). CH_4 terbentuk dalam sesi anaerobik kompos, namun teroksidasi menjadi tingkat besar dalam sesi aerobik kompos. Perkiraan rentang CH_4 yang dilepaskan ke atmosfer kurang dari 1% hingga beberapa persen dari kandungan karbon awal dalam material. N_2O juga dihasilkan dalam proses pengomposan. Perkiraan rentang emisinya berkisar kurang dari 0.5-5% dari kandungan nitrogen awal material.

Anaerobic Digester limbah organik mempercepat dekomposisi alami material organik tanpa oksigen, dengan cara menjaga temperatur, kandungan uap air dan pH di dalam sampah mendekati nilai optimum yang dibutuhkan. CH_4 yang terbentuk dapat digunakan sebagai bahan bakar. Emisi CH_4 yang berasal dari fasilitas energi tersebut umumnya diperkirakan berkisar antara 0-10% dari jumlah CH_4 yang terbentuk. Jika data tersebut tidak ada, nilai 5% digunakan sebagai nilai default untuk emisi CH_4. Untuk pabrik biogas, emisi CH_4 hampir mendekati 0 karena dibakar. Emisi N_2O dari proses anaerobic digestion diasumsikan tidak ada, karena data emisi N_2O sangatlah jarang/langka.

4.2 Langkah-langkah Penghitungan Emisi GRK Pengolahan Limbah Padat Biologi

Penghitungan emisi CH_4 dan N_2O dari unit pengolahan limbah secara biologi mencakup langkah-langkah berikut:

a. Langkah 1: Pengumpulan data

Kompilasi data jumlah dan jenis limbah padat (sampah kota, limbah padat industri, limbah pertanian, dan lain-lain) yang diolah secara biologi, yaitu pengomposan. Apabila data jumlah sampah padat kota yang dikomposkan tidak tersedia, dapat digunakan *default* IPCC 2006 GL (lihat Bab 2, Tabel 2.2).

b. Langkah 2: Penghitungan tingkat emisi CH_4 dan N_2O

Penghitungan emisi CH_4 dan N_2O dari sistem pengolahan secara biologi limbah padat menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Emisi } CH_4 = \sum_i (M_i * EF_i) * 10^{-3} - R$$

$$\text{Emisi } N_2O = \sum_i (M_i * EF_i) * 10^{-3}$$

dimana:

Emisi CH_4	=	CH_4 total pada tahun inventori, Ggram CH_4
Emisi N_2O	=	N_2O total pada tahun inventori, Ggram N_2O
Mi	=	Massa limbah organik yang diolah dengan pengolah biologi tipe *i*, Ggram
EF	=	Faktor emisi untuk pengolahan tipe *i*, g CH_4 atau N_2O/kg limbah yang diolah
i	=	Tipe pengolahan biologi (pengomposan atau digester anaerobik)
R	=	Jumlah CH_4 yang dapat direcovery dalam tahun inventori, Ggram CH_4

c. Langkah 3: Emisi GRK Neto Tahunan

Emisi CH_4 neto per tahun dihitung dengan mengurangi jumlah gas yang di-*recovery* dari jumlah gas CH4 yang terbentuk. Pelaporan emisi CH_4 dan N_2O dari pengomposan sludge/lumpur dan emisi CH_4 dan N_2O dari pengolahan lumpur dari pengolahan dan pembuangan limbah cair harus dicek konsistensinya. Dalam inventarisasi emisi GRK, apabila emisi GRK dari anaerobik digester limbah padat telah dilaporkan sebagai emisi GRK pengolahan limbah padat secara biologi tidak boleh lagi dilaporkan sebagai emisi GRK sektor energi.

d. Langkah 4: Metodologi Penentuan Faktor Emisi

Metodologi penentuan faktor emisi (FE) GRK pada penghitungan CH_4 dan N_2O:

- Tier-1: EF default IPCC 2006;
- Tier-2: EF *country specific* dari hasil pengukuran yang representatif yang mencakup pilihan pengolahan biologi yang diaplikasikan di suatu negara; dan
- Tier-3: EF hasil pengukuran site specific (*online-periodic*).

Table 4.1 Faktor Emisi (EF) default IPCC 2006 GL (Tier 1)

Tipe Teknologi Pengolahan Biologi	Faktor emisi CH_4 (g CH_4/kg limbah)		Faktor Emisi N_2O (g N_2O/kg limbah)		Keterangan
	Basis berat kering	Basis berat basah	Basis berat kering	Basis berat basah	
Pengomposan	10 (0.08 - 20)	4 (0.03 - 8)	0.6 (0.2 - 1.6)	0.3 (0.06 - 0.6)	Asumsi limbah yang diolah memiliki bahan kering dengan kandungan DOC 25-50%, N 2%, dan kelembaban 60%. Faktor emisi bahan kering limbah diperkirakan dari berat basah limbah dengan kelembaban 60%.
Pembusukan Anaerobikpada fasilitas biogas	2 (0 - 20)	1 (0 - 8)	disumsikan diabaikan	disumsikan diabaikan	

Sumber: Arnold, M (2005) Personal communication; Beck-Friis (2002); Detzel et al. (2003); Pettersen et al. 1998; Hellebrand 1998; Hogg. D. (2002); Vesterinen (1996)

4.3 Tata Cara Penggunaan Template Penghitungan GRK Pengolahan Biologi Sampah

Peghitungan tingkat emisi GRK dapat menggunakan template (dalam excel software) seperti pada Tabel 4.2 atau software IPPCC 2006 GL. Keduanya memiliki dasar penghitungan yang sama, yaitu Tier 1 IPCC2006 GL. Apabila template atau software ini akan digunakan untuk menghitung emisi GRK yang telah menggunakan Tier 2, maka template maupun software ini memerlukan modifikasi dalam hal data aktivitas.

a. Tahap I Input data tahunan berat limbah padat yang diolah secara biologi

Input data jumlah tahunan limbah padat (sampah kota, limbah padat industri, atau sludge/lumpur unit pengolah limbah) yang diolah secara biologi pada kolom A dalam satuan giga gram (Ggram).

b. Tahap II Penetapan faktor emisi(gram CH_4/kg limbah yang diolah)

Faktor emisi dapat diperoleh dari angka default IPCC 2006 GL atau faktor emisi spesifik negara/nasional/wilayah. Inputkan factor emisi tersenut pada kolom B.

c. Tahap III Penghitungan laju CH_4 gross tahunan (Ggram CH4), lihat Tabel 4.2 dan 4.3

Berat limbah yang diolah secara biologi (Ggram) per tahun (data kolom A) X Faktor Emisi (gram CH_4/kg limbah yang diolah) X 10^{-3}

d. Tahap IV Penghitungan laju N_2O gross tahunan (Ggram CH4), lihat Tabel 4.4

Berat limbah yang diolah secara biologi (Ggram) per tahun (data kolom A) X Faktor Emisi (gramN_2O/kg limbah yang diolah) X 10^{-3}

Tabel 4.2 Contoh Template Penghitungan Emisi CH_4 dari Pengolahan Biologi Limbah Padat

Sector		***Waste***				
Category		***Biological Treatment of Solid Waste***				
Category Code		***4B***				
Sheet		***1 of 1 Estimation of CH_4 emissions from Biological Treatment of Solid Waste***				
		A	*B*	*C*	*D*	*E*
Biological Treatment System	*Waste Category/ Types of Waste1*	*Total Annual amount treated by biological treatment facilities[3]*	*Emission Factor*	*Gross Annual Methane Generation*	*Recovered /flared methane per Year*	*Net Annual Methane Emissions*
		(Gg)	*(g CH_4/kg waste treated)*	*(Gg CH_4)*	*(Gg CH_4)*	*(Gg CH_4)*
				C= (A x B) x10^{-3}		*E = (C - D)*
Composting	*Municipal Solid waste*	*1125.7*	*4*	*4.503*		*4.503*
	Industrial Solid Waste					
Anaerobic digestion at biogas facilities[2]						
					Total	***4.503***

1 Information on the waste category should include information of the origin of the waste (MSW, Industrial, Sludge or Other) and type of waste (Food waste or Garden and Park Waste).
2 If anaerobic digestion involves recovery and energy use of the gas, the emissions should be reported in the Energy Sector.
3 Information on whether the amount treated is given as wet or dry weight should be given.

Tabel 4.3 Contoh data yang dipergunakan dalam penghitungan di Tabel 4.3

DATA		Sumber Data
Total Limbah Indonesia, Gg	48,731	Input data limbah
Fraksi Limbah yang dikomposkan	0.0231	Statistik Lingkungan Hidup Indonesia
Total Limbah yang dikomposkan, Gg	1125.69	

Tabel 4.4 Contoh Template Penghitungan Emisi N_2O Pengolahan Biologi Limbah Padat

Sector		***Waste***		
Category		***Biological Treatment of Solid Waste***		
Category Code		***4B***		
Sheet		***1 of 1 Estimation of N_2O emissions from Biological Treatment of Solid Waste***		
		A	*B*	*C*
Biological Treatment System	*Waste Category/ Types of Waste[1]*	*Total Annual amount treated by biological treatment facilities[3](Gg)*	*Emission Factor (g N_2O/kg waste treated)*	*Net Annual Nitrous Oxide Emissions (Gg N_2O)*
Composting				*$C = A \times B \times 10^{-3}$*
	Municipal Solid waste	*1125.689*	*0.300*	*0.338*
Anaerobic digestion at biogas facilities[2]				
			Total	***0.338***

1 Information on the waste category should include information of the origin of the waste (MSW, Industrial, Sludge or Other) and type of waste (Food waste or Garden and Park Waste).
2 If anaerobic digestion involves recovery and energy use of the gas, the emissions should be reported in the Energy Sector.
3 Information on whether the amount treated is given as wet or dry weight should be given.

V. METODOLOGI PENGHITUNGAN TINGKAT EMISI GAS RUMAH KACA DARI INSINERASI LIMBAH DAN *OPEN BURNING* (PEMBAKARAN TERBUKA)

Metode yang umum digunakan dalam penghitungan emisi CO_2 dari pengelolaan limbah dengan proses insinerasi dan *open burning* adalah berdasarkan pada perkiraan kandungan karbon fosil dalam limbah yang dibakar, dikalikan dengan faktor oksidasi, dan menkonversi produk (jumlah karbon fosil yang dioksidasi) ke CO_2.

Data aktivitas adalah limbah yang diolah di insinerator atau jumlah limbah yang dibakar terbuka (*open burned*), dan faktor emisi didasarkan pada jumlah karbon fosil limbah yang dioksidasi. Data relevan termasuk jumlah dan komposisi limbah, kandungan *dry matter*, kandungan jumlah karbon, fraksi karbon fosil dan faktor oksidasi.

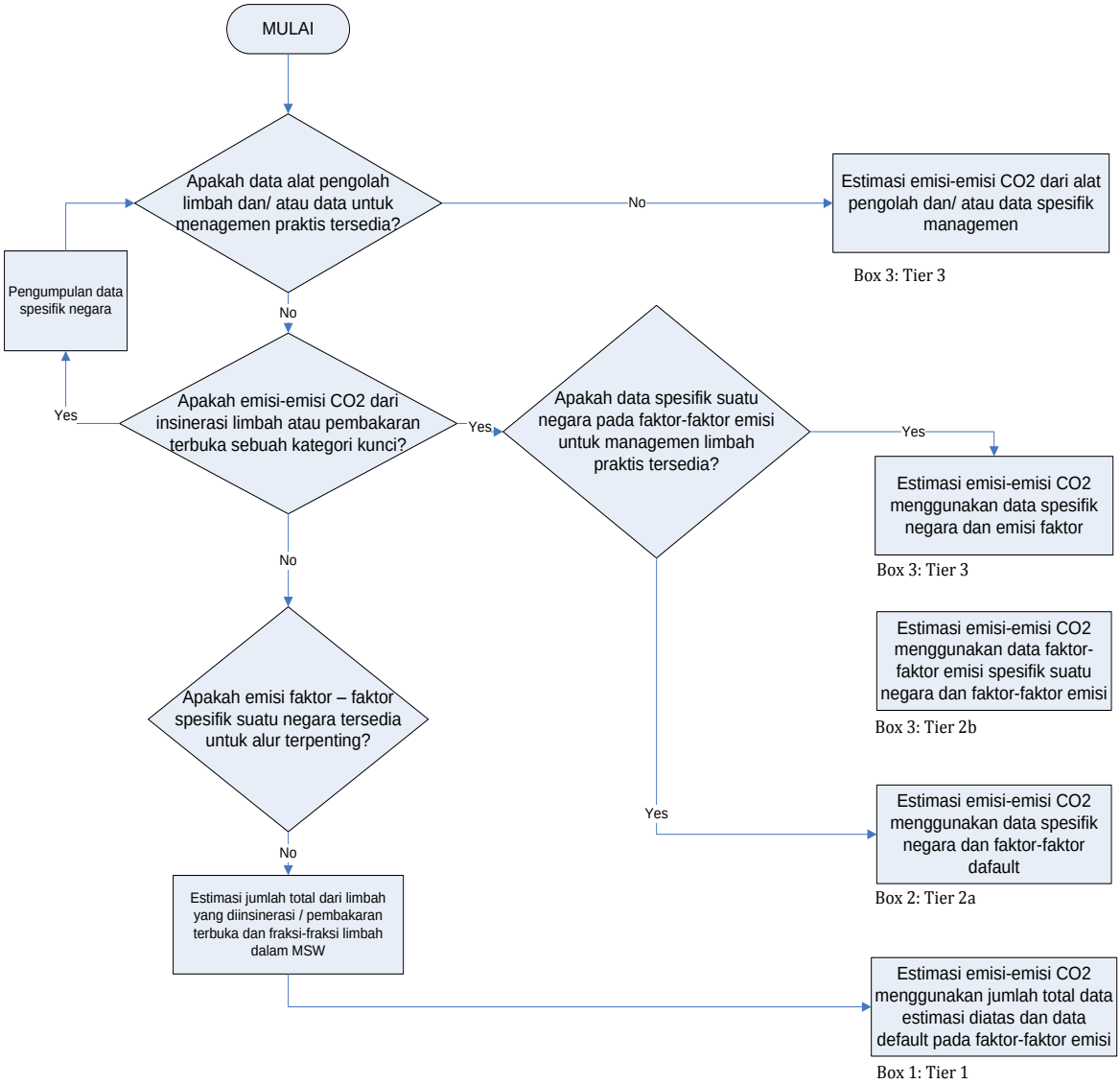
Apabila untuk proses insinerasi atau *open burning* digunakan bahan bakar fosil, maka emisi GRK yang terbentuk akibat proses pembakaran bahan bakar fosil diperhitungkan. Perhitungan tingkat emisi dari pembakaran bahan bakar fosil pada proses insinerasi menggunakan metoda yang sama seperti pengitungan emisi GRK dari kegiatan energi.

5.1 Penentuan Metoda dan Tier

Berdasarkan IPCC 2006 GL, metodologi penghitungan emisi GRK dari Insinerasi dan *Open Burning* (Pembakaran Terbuka) limbah padat dapat dibedakan berdasarkan tingkatan ketelitian dalam **penghitungan, yaitu:**

- **Tier 1:** penghitungan berdasarkandata jumlah total limbah padatdi suatu wilayah/ negara dan fraksi limbah yang dibakar dan faktor emisi (FE) yang menggunakan angka*default* IPCC2006 GL;
- **Tier 2:** penghitungan berdasarkan data aktivitas spesifik suatu wilayah/negara yang lebih akurat dalam hal ini *country specific* (berdasarkan data historis 10 tahun terakhir atau lebih) digunakan untuk memperbaiki kualitas inventarisasi meskipun masih menggunakan angka default terutama untuk FE;
- **Tier 3:** penghitungan berdasarkan data-data aktivitas yang lebih akurat (dalam hal ini data aktivitas menggunakan *country specific*)dengan parameter-parameter kunci yang telah dikembangkan secara nasional dan FE lokal;

Cara pemilihan metoda (Tier) yang digunakan untuk penghitungan tingkat emisi GRK dapat menggunakan *decision tree* sebagaimana disampaikan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 *Decision Tree* pemilihan metodologi (Tier) penghitungan tingkat emisi GRK dari kegiatan insinerasi dan pembakaran secara terbuka limbah padat

5.2 Penghitungan Tingkat Emisi GRK Insinerasi dan *Open Burning*

Penanganan limbah padat proses produksi di industri berpotensi menghasilkan emisi GRK baik dari akibat penggunaan energi (untuk motor listrik, pompa-pompa, *blower*, dan lain-lain atau BBM untuk insinerasi limbah) maupun akibat proses penanganan limbah (CO_2 dari pembakaran limbah atau CH_4 dari penimbunan abu limbah proses pembakaran).

Asumsi-asumsi yang digunakan untuk menghitung emisi GRK dari insinerasi adalah:

a. Limbah yang diinsinerasi adalah limbah padat B3 (majun, filter PTL, kemasan kertas atau plastik yang terkontaminasi B3, limbah medis, dll) tidak termasuk limbah padat domestik sehingga *dry matter* di dalam limbah diasumsikan 0.9 (0.85 – 1.0);

b. Fraksi karbon di dalam *dry matter* diasumsikan 0.7 (0.45 – 0.75) mengingat komponen utama limbah adalah plastik, kertas, karet (limbah makanan dan kayu tidak ada);

c. Fraksi karbon fosil diasumsikan 0.9 karena limbah yang dibakar terutama plastik;

d. Faktor oksidasi diasumsikan sama dengan 1; dan

e. Faktor emisi GRK menggunakan *default* IPCC 2006 untuk insinerator tipe stoker.

5.2.1 Tingkat Emisi GRK Dari Penggunaan Energi Proses Insinerasi/ Pembakaran Limbah

Penghitungan tingkat emisi GRK dari penggunaan energi sama seperti pada pembakaran bahan bakar fosil. Penghitungan emisi GRK proses insinerasi maupun penimbunan limbah padat mengikuti Tier-1 IPCC 2006 dan menggunakan faktor emisi *default*. Perhitungan tingkat emisi GRK insinerasi limbah padat mengunakan persamaan berikut:

$$\textbf{Emisi } CO_2\textbf{, Ggram/tahun} = \Sigma_i\,(SWi * dmi * FCFi * OFi) * 44/12 \quad ...(5.1)$$

dimana:

SW_i = total berat (basah) limbah padat yang dibakar, Ggram/tahun
dm_i = fraksi *dry matter* di dalam limbah (basis berat basah)
CF_i = fraksi karbon di dalam *dry matter* (kandungan karbon total)
FCF_i = fraksi karbon fosil di dalam karbon total
OF_i = faktor oksidasi (fraksi)
4/12 = faktor konversi dari C menjadi CO_2
i = jenis limbah, yaitu ISW (*industrial solid waste*) yang meliputi limbah B3, *clinical waste*, dan lain-lain (limbah padat domestik tidak diinsinerasi tetapi di *landfill*)

5.2.2 Tingkat Emisi GRK dari Proses Insinerasi/Pembakaran Limbah

Berdasarkan IPCC 2006 *Guidelines*, emisi GRK pembakaran limbah padat dengan insinerator dan pembakaran terbuka adalah CO_2dengan tingkat emisi:

$$\textbf{Emisi CO2} = \textbf{MSW} * \Sigma_j (\textbf{WFj} * \textbf{dmj} * \textbf{CFj} * \textbf{FCFj} * \textbf{OFj}) * \textbf{44/12} \quad \text{..... (5.2)}$$

dimana:

EmisiCO_2	=	emisi-emisi CO_2 dalam tahun inventori, Ggram/th
MSW	=	jumlah total dari limbah padat perkotaan sebagai berat-basah insinerasi atau pembakaran terbuka, Ggram/th
WFj	=	fraksi tipe limbah dari komponen j dalam MSW (berat-basah insinerasi atau pembakaran terbuka)
Dmj	=	kandungan zat-kering dalam komponen j pada MSW insinerasi atau pembakaran terbuka, (fraksi)
CFj	=	fraksi karbon dalam bahan kering (kandungan karbon) pada komponen j
FCFj	=	fraksi fosil karbon dalam total karbon pada komponen j
Ofj	=	faktor oksidasi, (fraksi)
44/12	=	faktor konversi dari C ke CO_2
dengan		
1	=	$\Sigma jWFj$
j	=	komponen dari MSW insinerasi/pembakaran terbuka (kertas/kardus, tekstil, sisa makanan, kayu, limbah kebun dan taman, diapers sekali pakai, karet, plastik, logam, kaca, limbah tak terbakar lain.

5.3 Tata Cara Penggunaan Template Insinerasi dan Pembakaran Sampah

a. Perhitungan CO2 dari Proses Insinerasi/Pembakaran Limbah (Tabel 5.1)

Tahap I. Input data jumlah limbah yang diinsinerasi maupun yang dibakar secara terbuka (*open burning*) sebagai berat basah ke dalam kolom A (Ggram)

Tahap II. Tentukan dm (fraksi *dry matter content*/kandungan bahan keringsampah), cf (fraksi fossil carbon di dalam kandungan bahan kering), fcf (fraksi fossil carbon di dalam total carbon), OX (factor oksidasi) dan masukkan berturut-turut ke dalam kolom B. C, D, E.
Sebagai referensi digunakan angka default IPCC 2006, country specific data, atau hasil penelitian yang telah ditetapkan secara nasional

Tahap III. Tentukan emisi CO2 fosil (emisi CO2 dari proses inisnerasi limbah padat) yang merupakan hasil perkalian G = A x B x C x D x E x F dan masukkan ke kolom G.

Tabel 5.1 Contoh template perhitungan CO2 dari Proses Insinerasi/Pembakaran Limbah

Sector		***Waste***						
Category		***Incineration and Open Burning of Waste***						
Category Code		***4C1***						
Sheet		***I of I Estimation of CO_2 emissions from Incineration of Waste***						
		A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*
Type of Waste		*Total Amount of Waste Incinerated (Wet Weight)* *(Gg Waste)*	*Dry Matter Content [1]* *dm* *(fraction)*	*Fraction Carbon in Dry Matter [2]* *CF* *(fraction)*	*Fraction of Fossil Carbon in Total Carbon[3]* *FCF* *(fraction)*	*Oxidation Factor* *OF* *(fraction)*	*Conversion Factor* *44/12*	*Fossil CO_2 Emissions* *(Gg CO_2)*
								G= A x B x C x D x E x F
Municipal Solid Waste (MSW) [4, 5y]								
Composition [4,5]	*Food waste*		*0.400*	*0.380*	*0*	*1*	*3.667*	
	Paper/cardboard		*0.900*	*0.460*	*0.01*	*1*	*3.667*	
	Wood		*0.850*	*0.500*	*0*	*1*	*3.667*	
	Textiles		*0.800*	*0.500*	*0.2*	*1*	*3.667*	
	Rubber/Leather		*0.840*	*0.670*	*0.2*	*1*	*3.667*	
	Plastic		*1.000*	*0.750*	*1*	*1*	*3.667*	
	Metal		*1.000*	*0.000*	*0*	*1*	*3.667*	
	Glass		*1.000*	*0.000*	*0*	*1*	*3.667*	
	Other		*0.900*	*0.000*	*0*	*1*	*3.667*	
Industrial solid waste			*0*	*0.500*	*0.900*	*1*	*3.667*	
Hazardous waste			*0.600*	*0*	*0.450*	*1*	*3.667*	
Clinical waste			*0.350*	*0.600*	*0.400*	*1*	*3.667*	
Sewage sludge			*0*	*0.500*	*0.000*	*1*	*3.667*	
Other (specify)			*0*	*0.800*	*1.000*	*1*	*3.667*	
							Total	

1 For default data and relevant equations on the dry matter content in MSW and other types of waste, see Section 5.3.3 in Chapter 5.

2 For default data and relevant equations on the fraction of carbon, see Section 5.4.1.1 in Chapter 5.

3 For default data and relevant equations on the fraction of fossil carbon, see Section 5.4.1.2 in Chapter 5.

4 Users may either enter all MSW incinerated in the MSW row or amount of waste by composition by adding the appropriate rows.

5 All relevant fractions of fossil C should be included. For consistency with CH_4 and N_2O sheets, total amount incinerated should be reported here. However the fossil CO_2 emissions from MSW should be reported only once (either for total MSW or the components).

b. Perhitungan jumlah limbahyang dibakar pada pembakaran terbuka (Tabel 5.2)

Tabel 5.2 Jumlah total limbah yang dibakar secara terbuka

Sector	***Waste***					
Category	***Incineration and Open Burning of Waste***					
Category Code	***4C1***					
Sheet	***1 of 1 Estimation of total amount of waste open-burned***					
STEP 1						
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
Region, city, etc.	*Population* *P* *(Capita)*	*Fraction of Population Burning Waste* P_{frac} *(fraction)*	*Per Capita Waste Generation* MSW_P *(kg waste/capita/day)*	*Fraction of the waste amount burned relative to the total amount of waste treated* B_{frac} [1] *(fraction)*	*Number of days by year 365* *(day)*	*Total Amount of MSW Open-burned* MSW_B *(Gg/yr)*
						F = A x B x C x D x E
Sum of regions, cities, etc. (Total amount of MSW open-burned in the country)	*218,868,791*	*0.469*	*0.223*	*0.6*	*365*	*5005.223742*
					Total	***5005.223742***

1 When all the amount of waste is burned B_{frac} could be considered equal 1. When a substantial quantity of waste in open dumps is burned, a relatively large part of waste is left unburned. In this situation, B_{frac} should be estimated using survey or research data available or expert judgement.

c. Perhitungan Emisi CO2 dari Pembakaran Terbuka Limbah (Tabel 5.3)

Tabel 5.3 CO2 emissions from Open Burning of Waste

Sector		***Waste***						
Category		***Incineration and Open Burning of Waste***						
Category Code		***4C2***						
Sheet		***1 of 1 Estimation of CO_2 emissions from Open Burning of Waste***						
STEP 1		***STEP 2***						
		F	*G*	*H*	*I*	*J*	*K*	*L*
Type of Waste		*Total Amount of Waste open-burned (Wet Weight)*	*Dry Matter Content [1]*	*Fraction of Carbon in Dry Matter [2]*	*Fraction of Fossil Carbon in Total Carbon [3]*	*Oxidation Factor*	*Conversion Factor*	*Fossil CO_2 Emissions*
			Dm	*CF*	*FCF*	*OF*		
		(Gg Waste)	*(fraction)*	*(fraction)*	*(fraction)*	*(fraction)*	*44/12*	*(Gg CO_2)*
		F = (A x B x C x D) [4]						*L= F x G x H x I x J x K*
Municipal Solid Waste (MSW) [5,6]		*5005.224*						
Composition [5,6]	*Food waste*	*3322.968*	*0.400*	*0.380*	*0*	*0.58*	*3.667*	*0*
	Paper/cardboard	*643.171*	*0.900*	*0.460*	*0.01*	*0.58*	*3.667*	*5.662736961*
	Wood	*0.000*	*0.850*	*0.500*	*0*	*0.58*	*3.667*	*0*
	Textiles	*40.542*	*0.800*	*0.500*	*0.2*	*0.58*	*3.667*	*6.897598735*
	Rubber/Leather	*0.000*	*0.840*	*0.670*	*0.2*	*0.58*	*3.667*	*0*
	Plastic	*536.059*	*1.000*	*0.750*	*1*	*0.58*	*3.667*	*855.0148431*
	Metal	*88.592*	*1.000*	*0.000*	*0*	*0.58*	*3.667*	*0*
	Glass	*66.569*	*1.000*	*0.000*	*0*	*0.58*	*3.667*	*0*
	Other	*310.824*	*0.900*	*0.000*	*0*	*0.58*	*3.667*	*0*
Other (specify)								
							Total	***867.5751788***

1 For default data and relevant equations on the dry matter content in MSW and other types of waste, see Section 5.3.3 in Chapter 5.

2 For default data and relevant equations on the fraction of carbon, see Section 5.4.1.1 in Chapter 5.

3 For default data and relevant equations on the fraction of fossil carbon, see Section 5.4.1.2 in Chapter 5.

4 The amount MSW can be calculated in the previous sheet "Estimation of Total Amount of Waste Open-burned". See also Equation 5.7.

5 Users may either enter all MSW incinerated in the MSW row or the amount of waste by composition by adding the appropriate rows.

6 All relevant fractions of fossil C should be included. For consistency with the CH_4 and N_2O sheets, the total amount open-burned should be reported here. However, the fossil CO_2 emissions from MSW should be reported only once (either for total MSW or the components).

d. Perhitungan Emisi CO2 dari Insinerasi Limbah Cair Fosil (Tabel 5.4)

Tabel 5.4 *CO2 emissions from incineration of fossil liquid waste*

Sector	**Waste**				
Category	**Incineration and Open Burning of Waste**				
Category Code	**4C1**				
Sheet	**I of I Estimation of CO_2 emissions from incineration of fossil liquid waste**				
Type of Waste	A	B	C	D	E
	Total Amount of Fossil Liquid Waste Incinerated (Weight) Gg Waste	Fossil Carbon Content of Fossil Liquid Waste CL (fraction)	Oxidation Factor for Fossil Liquid Waste of type i OF (fraction)	Conversion Factor 44/12	Fossil CO_2 Emissions (Gg CO_2)
					E= A x B x C x D
Lubricants					
Solvents					
Waste oil					
Other (specify)					
				Total	

e. Perhitungan Emisi CH4 dari Insinerasi Limbah (Tabel 5.5)

Tabel 5.5 *CH4 emissions from Incineration of Waste*

Sector	***Waste***		
Category	***Incineration and Open Burning of Waste***		
Category Code	***4C1***		
Sheet	***I of I Estimation of CH_4 emissions from Incineration of Waste***		
Type of Waste	*A*	*B*	*C*
	Amount of Waste Incinerated (Wet Weight) [1] *(Gg Waste)*	*Methane Emission Factor* *(kg CH_4/Gg Wet Waste) [1]*	*Methane Emissions* *(Gg CH_4)*
			C= A x B x 10^{-6} [2]
Municipal Solid Waste	*0*	*237*	*0.000*
Industrial solid waste	*0*	*237*	*0.000*
Hazardous waste	*0*	*237*	*0.000*
Clinical waste	*0*	*237*	*0.000*
Sewage sludge	*0*	*237*	*0.000*
Other (specify)	*0*	*237*	*0.000*
		Total	***0.000***

1 If the total amount of waste is expressed in terms of dry waste, the CH_4 emission factor needs to refer to dry weight instead.

2 Factor of 10^{-6} as emission factor is given in kg /Gg waste incinerated on a wet weight basis.

f. Perhitungan Emisi CH4 dari Pembakaran Limbah secara Terbuka (Tabel 5.6)

Tabel 5.6 *CH4 emissions from Open Burning of Waste*

Sector	***Waste***		
Category	***Incineration and Open Burning of Waste***		
Category Code	***4C2***		
Sheet	***I of I Estimation of CH_4 emissions from Open Burning of Waste***		
Type of Waste	*F*	*G*	*H*
	Total Amount of Waste Open-burned (Wet Weight) [1,2]	*Methane Emission Factor*	*Methane Emissions*
	(Gg Waste)	*(kg CH_4/Gg Wet Waste) [2]*	*(Gg CH_4)*
			$H= F \times G \times 10^{-6}$ [3]
Municipal Solid Waste	*5005.223742*	*6500*	*32.534*
Other (specify)			
		Total	***32.534***

1 Total amount of MSW open-burned is obtained by estimates in the Worksheet "Total amount of waste open-burned".

2 If the total amount of waste is expressed in term of dry waste, the CH_4 emission factor needs to refer to dry weight instead.

3 Factor of 10^{-6} as emission factor is given in kg /Gg waste incinerated on a wet weight basis.

g. Perhitungan Emisi N2O dari Insinerasi Limbah (Tabel 5.7)

Tabel 5.7 *N2O emissions from Incineration of Waste*

Sector	***Waste***		
Category	***Incineration and Open Burning of Waste***		
Category Code	***4C1***		
Sheet	***I of I Estimation of N_2O emissions from Incineration of Waste***		
Type of Waste	*A*	*B*	*C*
	Total Amount of Waste Incinerated (Wet Weight [1])	*Nitrous Oxide Emission Factor*	*Nitrous Oxide Emissions*
	(Gg Waste)	*(kg N_2O/Gg Wet Waste) [1]*	*(Gg N_2O)*
			$C= A \times B \times 10^{-6}$ [2]
Municipal Solid Waste	*0.000*	*221*	*0.000*
Industrial solid waste	*0.000*	*100*	*0.000*
Hazardous waste	*0.000*		*0.000*
Clinical waste	*0.000*		*0.000*
Sewage sludge	*0.000*	*990*	*0.000*
Other (specify)	*0.000*		*0.000*
		Total	***0.000***

1 If the total amount of waste is expressed in terms of dry waste, the CH_4 emission factor needs to refer to dry weight instead.

2 Factor of 10^{-6} as emission factor is given in kg /Gg waste incinerated on a wet weight basis.

h. Perhitungan Emisi N2O dari Pembakaran Limbah secara Terbuka (Tabel 5.8)

Tabel 5.8 *N_2O emissions from Open Burning of Waste*

Sector	***Waste***		
Category	***Incineration and Open Burning of Waste***		
Category Code	***4C2***		
Sheet	***I of I Estimation of N_2O emissions from Open Burning of Waste***		
Type of Waste	*F*	*G*	*H*
	Total Amount of Waste Open-burned (Wet Weight) [1,2] *(Gg Waste)*	*Nitrous Oxide Emission Factor* *(kg N_2O/Gg Dry Waste) [2]*	*Nitrous Oxide Emissions* *(Gg N_2O)*
			$H = F \times G \times 10^{-6}$ [3]
Municipal Solid Waste	*5005.223742*	*150*	*0.751*
Other (specify)			
		Total	***0.751***

1 Total amount of MSW open-burned is obtained by estimates in the Worksheet "Total amount of waste open-burned".

2 If the total amount of waste is expressed in terms of dry waste, a fraction of dry matter should not be applied.

3 Factor of 10^{-6} as emission factor is given in kg /Gg waste incinerated on a wet weight basis.

VI. METODOLOGI PENGHITUNGAN EMISI GRK DARI KEGIATAN PENGOLAHAN/PEMBUANGAN LIMBAH CAIR

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan estimasi GRK dari limbah cair rumah tangga adalah: (1) Pemilihan metode; (2) Pemilihan faktor emisi; (3) Pemilihan data aktivitas; (4) *Time series consistency* dan (5) Tingkat ketidakpastian.

6.1 Limbah Cair Domestik

a. Pemilihan Metoda (Tier) dalam penghitungan emisi CH4 dari limbah cair

Tier 1:
Estimasi-estimasi dari metode Tier 1 berdasarkan pada metode IPCC FOD yang sebagian besar menggunakan data aktivitas *default* dan parameter-parameter *default*. Metode Tier 1 cocok untuk perhitungan dengan parameter data yang terbatas.

Tier 2:
Metode ini sama dengan metode Tier 1, tetapi membutuhkan faktor emisi spesifik dan data aktivitas spesifik. Misalnya pada metode Tier 2, faktor emisi spesifik untuk sistem pengolahan spesifik pada perhitungan dapat tidak dipertimbangkan. Jumlah lumpur yang dihilangkan untuk insinerasi, *landfill*, dan lahan pertanian dapat dipertimbangkan pada metode Tier 2.

Tier 3:
Metode ini dapat digunakan pada negara dengan data yang baik dan telah menggunakan metode yang sangat baik.Negara dengan metode yang sangat baik dapat didasarkan atas data spesifik dari fasilitas pengolahan limbah cair.

b. Penghitungan Tingkat Emisi CH_4 dari Pengolahan Limbah Cair Domestik

Emisi CH4 dari Limbah Cair Kota dihitung dengan menggunakan formula berikut.

$$\text{Emisi CH4} = [\Sigma_{I,j} (Ui * Tij * EFj)] (TOW - S) - R$$

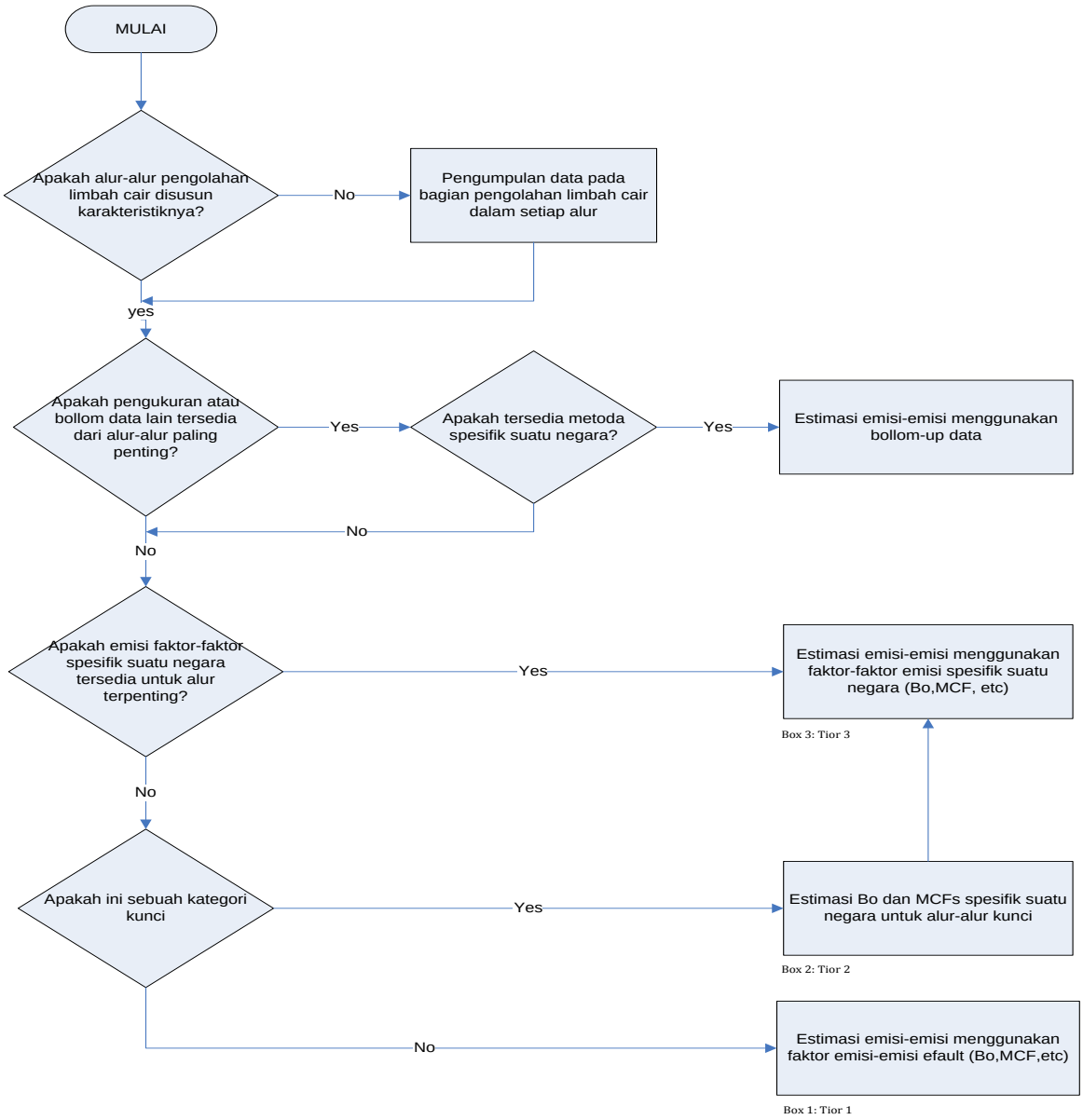
dengan faktor emisi:

$$EFj = Bo * MCFj$$

dimana:

Emisi-emisi CH_4	=	emisi-emisi CH_4 dalam tahun inventori, kg CH4/th
TOW	=	total organik dalam limbah cair dalam tahun inventori, kg BOD/th
S	=	komponen organik diambil sebagai lumpur dalam tahun inventori, kg BOD/th
Ui	=	fraksi populasi dalam grup income i dalam tahun inventori

Ti,j	=	derajad pemanfaatan dari saluran atau sistem pengolahan/pembuan, *j*, untuk tiap fraksi grup pendapatan *i* dalam tahun inventori.
i	=	grup pendapatan: perkotaan, pendapatan tinggi perkotaan dan pendapatan rendah perkotaan
j	=	tiap saluran atau sistem pengolahan/ pembuangan
EFj	=	faktor emisi, kg CH_4 / kg BOD
R	=	jumlah dari pemulihan CH_4 dalam tahun inventori, kg CH_4/th
Bo	=	kapasitas maksimum produksi CH_4 (kg CH_4/kg BOD) dengan default maksimum kapasitas produksi CH_4 untuk limbah cair perkotaan 0.6 kg CH_4/kg BOD atau 0.25 kg CH_4/kg COD
MCFj	=	faktor koreksi metan (fraksi).



Gambar 6.1 *Decision Tree* Pemilihan Metodologi (Tier) Penghitungan Tingkat Emisi GRK Kegiatan Pengolahan Limbah Cair Domestik

c. Penghitungan emisi N_2O limbah cair perkotaan

$$\text{Emisi N2O} = \text{Neffluent} * \text{EF effluent} * 44/28$$

dimana:

EmisiN$_2$O =emisi-emisi N_2O dalam tahun inventori, kg N_2O/th

N EFLUEN =nitrogen dalam pengaliran air limbah dilepaskan ke lingkungan air, kg N/th

EF EFLUEN =EF untuk emisi-emisi N_2O dari pelepasan ke limbah cair, kg N2O-N/kg N

Faktor 44/28 = adalah konversi dari kg N_2O-N ke kg N_2O.

Inventarisasi GRK pengolahan limbah cair domestik mencakup CH_4 dan N_2O. N_2O dihitung mengikuti metodologi pada Sub-bab 4.3.6 sedangkan CH_4 dihitung sebagai:

$$\text{Emisi } CH_4 = \left[\sum_{i,j}\left(U_i * Ti,j * EF_j\right)\right]\left(TOW - S\right) - R$$

$$EF_j = Bo * MCF_j$$

dimana:

Emisi CH_4 = CH_4 yang diemisikan dalam tahun inventori, kg CH_4/tahun

Ui = Fraksi populasi dalam grup income i pada tahun inventori

$T_{i,j}$ = Tingkat pemanfaatan sistem atau saluran pembuangan/pengolahan, *j*, tiap fraksi grup pendapatan *i* pada tahun inventori

i = Grup pendapatan: masyarakat pedesaan, urban pendapatan tinggi dan rendah

j = Jenis sistem atau saluran pengolahan/pembuangan

TOW = Senyawa organik total limbah cair pada tahun inventori, kg BOD/tahun;

$$TOW = P*BOD*0.001*I*365;\ P = \text{populasi}$$

dimana:

BOD = Biological oxygen demand (*country specific*), default (Indonesia) 35–40 g/pop/hari

I = Faktor koreksi untuk BOD industri tambahan yang dibuang ke selokan (sewer), dimana default untuk collected 1.25 sedangkan un-collected 1.00

S = Lumpur komponen organik yang dipisahkan pada tahun inventori, kg BOD/tahun

R = Jumlah CH_4 yang dapat diambil pada tahun inventori, kg CH_4/tahun

EFj = Faktor emisi, kg CH_4/kg BOD

MCFj = Faktor koreksi metana, fraksi

Bo = Kapasitas produksi maksimum CH_4 (kg CH_4/kg BOD), default kapasitas produksi CH_4 maksimum limbah cair perkotaan 0.6 kg CH_4/kg BOD atau 0.25 kg CH_4/kg CO

d. Penentuan Faktor Emisi

Faktor emisi merupakan fungsi potensi maksimum produksi CH_4 dan faktor koreksi CH_4 yang dirumuskan dengan persamaan berikut ini.

$$EF_j = B_o * MCF_j$$

dimana:

Efj	=	faktor emisi, kg CH_4 / kg BOD
Bo	=	kapasitas maksimum produksi CH_4, kg CH_4/kg BOD dengan *default* maksimum: kapasitas produksi CH_4 untuk limbah cair rumah tangga 0.6 kg CH_4/kgBOD atau 0.25 kg CH_4/kg COD
J	=	tiap saluran atau sistem pengolahan/ pembuangan
MCFj	=	faktor koreksi metan (fraksi), lihat **Tabel 6.2.**

6.2 Penghitungan Tingkat Emisi GRK dari Pengolahan Limbah Cair Industri

Inventarisasi GRK pengolahan limbah cair industri mencakup CH_4 dan N_2O.

a. Penghitungan emisi CH_4

$$\text{Emisi } CH_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i) EF_i - R_i] \qquad EF_j = Bo * MCF_j$$

imana:

Emisi CH_4	=	CH_4 yang diemisikan dalam tahun inventori, kg CH_4/tahun
TOW	=	Senyawa organic total yang degradable dalam limbah cair industri i, kg COD/tahun
S	=	Lumpur komponen organik yang dipisahkan pada tahun inventori, kg COD/tahun
i	=	Sektor industri
j	=	Tiap jenis sistem atau saluran pengolahan/pembuangan
R	=	Jumlah CH_4 yang dapat diambil pada tahun inventori, kg CH_4/tahun
EFj	=	Faktor emisi per jenis system/saluranpembuangan/pengolahan, kg CH_4/kg BOD
MCFj	=	Faktor koreksi metana, fraksi
Bo	=	Kapasitas produksi maksimum CH_4,kg CH_4/kg COD

$$\mathbf{TOW = Pi*Wi*COD}$$

dimana:

Pi	=	Produk industri total untuk sektor industry *i*, ton/tahun
Wi	=	Jumlah limbah cair yang dihasilkan, m3/ton produk
COD	=	Chemical oxygen demand (plant specific),

Angka default untuk pembentukan limbah cair industri dan besarnya COD setiap industri disampaikanpada Tabel 6.2

Tabel 6.1 Nilai *default* MCF untuk Limbah Cair

Tipe Pengolahan dan Sistem Aliran		Penjelasan	MCF[1]	Interval
Tanpa Perlakuan	Laut, Sungai, Danau	Sungai dengan kandungan bahan organik berkonsentrasi tinggi dapat bersifat anaerobic	0.1	0 - 0.2
	Tempat Pembuangan	Terbuka dan Tertutup	0.5	0.4-0.8
	saluran Pembuangan (Terbuka atau Tetutup)	Alirannya cepat, bersih (terdapat CH_4 dalam jumlah yang sedikit)	0	0
Perlakuan	Pabrik Pengolahan Secara Aerobik dan Terpusat	Sistem harus baik. Sejumlah CH_4 dihasilkan dari kolam penampungan	0	0 - 0.1
		Sistem yang tidak baik. Penampungan yang berlebihan	0.3	0.2 - 0.4
	Pengolahan Lumpur Secara Anaerobik	Rekoveri CH_4 tidak dipertimbangkan	0.8	0.8 - 1.0
	Reaktor Anaerobik	Rekoveri CH_4 tidak dipertimbangkan	0.8	0.8 - 1.0
	Danau di Pinggir Laut (lagoon) yang Dangkal	kedalaman kurang dari 2 meter, menggunakan pertimbangan para ahli	0.2	0 - 0.3
	Danau di Pinggir Laut (lagoon) yang Dalam	kedalaman lebih dari 2 meter	0.8	0.8 - 1.0
	Sistem Pembusukan	Terdapat setengah BOD dalam tangki penampungan	0.5	0.5
	Kakus	Musim kering, air tanah lebih rendah dari kakus, keluarga kecil (3-5 orang)	0.1	0.05-0.15
		Musim Kering, air tanah lebih rendah dari kakus, komunitas (beberapa orang)	0.5	0.4-0.6
		Musim basah, air tanah lebih tinggi dari kakus	0.7	0.7-1.0
		Pengendapan secara teratur dapat digunakan untuk pupuk	0.1	0.1

[1]Berdasarkan pertimbangan dari para ahli

Tabel 6.2 Angka default IPCC 2006 untuk laju pembentukan limbah dan COD industri

Industry Type	*Wastewater Generation W*	*Range for W*	*COD*	*COD Range*
	(m^3/ton)	*(m^3/ton)*	*(kg/m^3)*	*(kg/m^3)*
Alcohol Refining	24	16 - 32	11	5 - 22
Beer & Malt	6.3	5.0 - 9.0	2.9	2 - 7
Cofee	NA	NA	9	3 - 15
Dairy Products	7	3 - 10	2.7	1.5 - 5.2
Fish Processing	NA	8 - 18	2.5	
Meat & Poultry	13	8 - 18	4.1	2 - 7
Organic Chemicals	67	0 - 400	3	0.8 - 5
Petroleum Refineries	0.6	0.3 - 1.2	1.0	0.4 - 1.6
Plastics & Resins	0.6	0.3 - 1.2	3.7	0.8 - 5
Pulp & Paper (combined)	162	85 - 240	9	1 - 15
Soap & Detergents	NA	1.0 - 5.0	NA	0.5 - 1.2
Starch Production	9	4 - 18	10	1.5 - 42
Sugar Refining	NA	4 - 18	3.2	1 - 6
Vegetable Oils	3.1	1.0 - 5.0	NA	0.5 - 1.2
Vegetables, Fruits & juices	20	7 - 35	5.0	2 - 10
Wine & Vinegar	23	11 - 46	1.5	0.7 - 3.0
Notes : NA = Not Available				
Source : Doorn et al. (1997)				

b. Penghitungan Emisi N_2O

Limbah cair dapat menjadi sumber CH_4 ketika mengalami proses digester *anaerobic* pada saat diolah atau dibuang. Juga dapat menjadi sumber N_2O dan CO_2. Merujuk IPCC 2006 GL, inventarisasi GRK tidak mencakup emisi CO_2 dari limbah cair karena merupakan *biogenic origin*. N_2O dapat dihitung mengikuti persamaan:

$$\text{Emisi N2O} = \text{N effluent} * \text{EF effluent} * 44/28$$

dimana:

Emisi N_2O = N2O pada tahun inventori, kG N2O/tahun

Neffluent = Jumlah nitrogen dalam efluen yang dilepas ke lingkungan, kG N/tahun

EFefluent = Faktor emisi N_2O dari limbah cari, kG N2O-N/kG N

Faktor 48/12 = Konversi kG N_2O-N ke kg N_2O

$$N_{EFFLUENT} = (P * Protein * F_{NPR} * F_{NON-CON} * F_{IND-COM}) - N_{SLUDGE}$$

dimana:

P = Jumlah populasi

Protein = Konsumsi protein per kapita per tahun, kG/orang/tahun

F_{NPR} = Fraksi nitrogen di dalam protein, default = 0.16 kGN/kG protein

$F_{NON-CON}$ = Faktor untuk protein yang tidak dikonsumsi yang masuk dalam limbah

$F_{IND-COM}$ = Faktor untuk protein co-discharged ke dalam limbah industri dan komersial

N_{SLUDGE} = Nitrogen yang dikeluarkan bersama lumpur (default = 0), kG N/tahun

$$N_2O_{PLANTS} = P * T_{PLANT} * F_{IND-COM} * EF_{PLANT}$$

dimana:

N_2O_{plants} = N_2O pengolahan limbah terpadu pada tahun inventori, kG N2O/tahun

T_{plant} = Tingkat penggunaan pengolahan limbah terpadu, %

$F_{IND-COM}$ = Fraksi protein co-discharge dari industri dan komersial (default = 1.25)

E_{FPLANT} = Faktor emisi, 3.2 g N_2O per kapita per tahun

6.3 Pengelolaan Data Penghitungan Emisi GRK dari Limbah Cair

a. CH4 dari limbah cair

- ***Time Series Consistency***

Sama halnya dengan limbah cair rumah tangga, penghilangan lumpur dan rekoveri CH4 sebaiknya diestimasi secara konsisten sepanjang tahun pada jangka tahun tertentu.Rekoveri metan sebaiknya dipertimbangkan jika data spesifik mencukupi.Jumlah rekoveri metan sebaiknya dikurangi dari produksi metan seperti pada Persamaan penghitungan emisi GRK.

- **Tingkat Ketidakpastian**

Pada estimasi perhitungan emisi dari limbah cair industri terdapat beberapa parameter yang sulit untuk didapatkan nilai kepastiannya (tingkat ketidakpastian).Tingkat ketidakpastian beberapa parameter tersebut ditampilkan pada Tabel 6.3.

b. N2O dari limbah cair

- ***Time Series Consistency***

Jika estimasi emisi sistem terpusat, maka perlu dilakukan perubahan sepanjang waktu tertentu.Potensi pemisahan lumpur seharusnya dilakukan secara konsisten sepanjang tahun dalam jangka waktu tertentu.

- **Tingkat Ketidakpastian**

Tingkat ketidakpastian dalam estimasi emisi N_2O dari proses pengolahan limbah cair terpusat ditampilkan pada Tabel 6.4

Tabel 6.3. Standar Tingkat Ketidakpastian untuk Limbah Cair Industri

Parameter		Tingkat kepastian
Faktor Emisi	Kapasitas Maksimum Produksi CH_4 (Bo)	± 30%
	Fraksi Pengolahan Secara Anaerobik (MCF)	Tingkat ketidakpastian dipengaruhi oleh teknologi yang digunakan dan sebaiknya menggunakan pertimbangan para ahli dan harus dalam rentang 0-1
Data Aktivitas	Produksi Industri (P)	± 25% menggunakan pertimbangan dari para ahli agar lebih tepat nilai tingkat ketidakpastian
	Limbah Cair/Unit Produksi (W)	Nilainya sangat tidak pasti karena prosedur yang digunakan dapat berbeda pada setiap pabrik dan setiap negara. Parameter produk (W*COD) diharapkan memiliki tingkat ketidakpastian yang kecil. Satuan tingkat ketidakpastian berupa kg COD/ton produk dan disarankan bernilai <50%, >100%
	COD/Unit Limbah Cair (COD)	
sumber : Pertimbangan Para Ahli		

Tabel 6.4 Standar Tingkat Ketidakpastian Estimasi Emisi N_2O

Parameter			Nilai Standar	Interval
Faktor Emisi	$EF_{EFFLUENT}$	Faktor emisi (kg N_2O-N/Kg-N)	0.005	0.0005-0.25
	EF_{PLANTS}	Faktor emisi (g N_2O/orang/th)	3.2	2 hingga 8
Data Aktivitas	P	Jumlah orang	tergantung daerah/negara	± 10%
	Protein	Konsumsi protein kapita per tahun	tergantung daerah/negara	± 10%
	F_{NPR}	Fraksi nitrogen di dalam protein (kg/N/kg protein)	0.16	0.15 - 0.17
	T_{PLANT}	Derajat pemanfaatan pabrik pengolahan limbah cair	tergantung daerah/negara tersebut	± 20%
	$F_{NON-CON}$	Faktor untuk protein yang tidak dikonsumsi	1.1 untuk negara tanpa sistem pembuangan sampah	1.0 - 1.5
			1.4 untuk negara dengan sistem pembuangan sampah	
	$F_{IND-COM}$	Faktor untuk nitrogen industri yang dibuang di saluran pembuangan. Untuk negara dengan jumlah pabrik pengolahan	1.25	1.0 - 1.5
Sumber : Expert Judgemnent (Pertimbangan Para Ahli)				

6.4 Tata Cara Penggunaan Template Limbah Cair Domestik

Langkah-langkah penentuan emisi GRK limbah cair domestik dan limbah cair industri:

Langkah 1. Penentuan bahan organik dalam limbah cair domestik yang dapat terdegradasi (Tabel 6.5)

Langkah 2 . Faktor emisi CH4 untuk Limbah Cair Domestik (Tabel 6.6)

Langkah 3. Estimasi emisi CH4 dari Limbah Cair Domestik (Tabel 6.7)

Tabel 6.5 Penentuan Bahan Organik dari Limbah Cair Domestik Yang dapat Terdegradasi

Sector	***Waste***			
Category	***Domestic Wastewater Treatment and Discharge***			
Category Code	***4D1***			
Sheet	***1 of 3 Estimation of Organically Degradable Material in Domestic Wastewater***			
STEP 1				
	A	*B*	*C*	*D*
Region or City	*Population* *(P)* *cap*	*Degradable organic component* *(BOD)* *(kg BOD/cap.yr)* [1]	*Correction factor for industrial BOD discharged in sewers* *(I)* [2]	*Organically degradable material in wastewater* *(TOW)* *(kg BOD/yr)*
				D = A x B x C
Indonesia	*218,868,791*	*14.6*	*1*	*3,195,484,349*
			Total	***3,195,484,349***

1 g BOD/cap.day x 0.001 x 365 = kg BOD/cap.yr
2 Correction factor for additional industrial BOD discharged into sewers, (for collected the default is 1.25, for uncollected the default is 1.00).

Tabel 6.6 Faktor emisi CH_4 untuk Limbah Cair Domestik

Sector	***Waste***		
Category	***Domestic Wastewater Treatment and Discharge***		
Category Code	***4D1***		
Sheet	***2 of 3 Estimation of CH_4 emission factor for Domestic Wastewater***		
STEP 2			
	A	*B*	*C*
Type of treatment or discharge	*Maximum methane producing capacity* *(B_0)* *(kg CH_4/kgBOD)*	*Methane correction factor for each treatment system* *(MCF_j)*	*Emission factor* *(EF_j)* *(kg CH_4/kg BOD)*
			C = A x B
Untreated System			
Sea, river, lake discharge	*0.6*	*0.1*	*0.06*
Stagnant sewer	*0.6*	*0.5*	*0.3*
Flowing sewer (open/closed)	*0.6*	*0*	*0*
Treated System			
centralized, aerobic treatment plant	*0.6*	*0*	*0*
centralized, aerobic treatment plant (not well managed)	*0.6*	*0.3*	*0.18*
Anaerobic digester for sludge	*0.6*	*0.8*	*0.48*
Anaerobic shallow lagoon	*0.6*	*0.8*	*0.48*
Anaerobic deep lagoon	*0.6*	*0.2*	*0.12*
Septic system	*0.6*	*0.5*	*0.3*
Latrine (dry climate, ground water table lower than latrine, small family 3-5 persons)	*0.6*	*0.1*	*0.06*
Latrine (dry climate, ground water table lower than latrine, communal)	*0.6*	*0.5*	*0.3*
Latrine (wet climate/flush water use, ground water table higher than latrine)	*0.6*	*0.7*	*0.42*
Latrine (regular sediment removal for fertilizer)	*0.6*	*0.1*	*0.06*

Tabel 6.7 Estimasi emisi CH4 dari Limbah Cair Domestik

Sector	***Waste***
Category	***Domestic Wastewater Treatment and Discharge***
Category Code	***4D1***
Sheet	***3 of 3 Estimation of CH_4 emissions from Domestic Wastewater***

STEP 3									
		A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
Income group	***Type of treatment or discharge pathway***	*Fraction of population income group* *(U_i)* *(fraction)*	*Degree of utilization* *(T_{ij})* *(fraction)*	*Emission Factor* *(EF_j)* *(kg CH_4/kg BOD)*	*Organically degradable material in wastewater* *(TOW)* *(kg BOD/yr)*	*Sludge removed* *(S)* *(kg BOD/yr)*	*Methane recovered and flared* *(R)* *(kg CH_4/yr)*	*Net methane emissions* *(CH_4)* *(kg CH_4/yr)*	*Net methane emissions* *(CH_4)* *(Gg CH_4/yr)*
				Sheet 2 of 3	*Sheet 1 of 3*			*G = [(A x B x C) x (D -E)] - F*	
Rural	*Septic tank*	*0.54*	*0.11*	*0.30*					
	Latrine	*0.54*	*0.20*	*0.06*					
	Other	*0.54*	*0.35*	*0.06*					
	Sewer	*0.54*	*0.00*	*0.30*					
	None	*0.54*	*0.34*	*0.00*					
Urban high income	*Septic tank*	*0.12*	*0.88*	*0.30*					
	Latrine	*0.12*	*0.03*	*0.06*					
	Other	*0.12*	*0.05*	*0.06*					
	Sewer	*0.12*	*0.04*	*0.06*					
	None	*0.12*	*0.00*	*0.00*					
Urban low income	*Septic tank*	*0.34*	*0.80*	*0.30*					
	Latrine	*0.34*	*0.10*	*0.06*					
	Other	*0.34*	*0.07*	*0.06*					
	Sewer	*0.34*	*0.01*	*0.06*					
	None	*0.34*	*0.02*	*0.00*					
							Total		

Tabel 6.8 Total bahan organik pada limbah cair setiap industri yang dapat terdegradasi

Sector	***Waste***						
Category	***Domestic Wastewater Treatment and Discharge***						
Category Code	***4D1***						
Sheet	***1 of 2 Estimation of nitrogen in effluent***						
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*H*
	Population *(P)*	*Per capita protein consumption* *(Protein)*	*Fraction of nitrogen in protein* *(F_{NPR})*	*Fraction of non-consumption protein* *($F_{NON-CON}$)*	*Fraction of industrial and commercial co-discharged protein* *($F_{IND-COM}$)*	*Nitrogen removed with sludge (default is zero)* *(N_{SLUDGE})*	*Total nitrogen in effluent* *($N_{EFFLUENT}$)*
Units	*(people)*	*(kg/person/ year)*	*(kg N/kg protein)*	*(-)*	*(-)*	*(kg)*	*kg N/year)*
							H = (A x B x C x D x E) – F
Indonesia	*218,868,791*	***20.174***	*0.16*	*1.1*	*1.25*	*0*	*971,379,310*
						Total	*971,379,310*

Tabel 6.9 Faktor Emisi CH4 untuk Limbah Cair Industri

Sector	***Waste***					
Category	***Domestic Wastewater Treatment and Discharge***					
Category Code	***4D1***					
Sheet	***2 of 2 Estimation of emission factor and emissions of indirect N_2O from Wastewater***					
	A	*B*	*C*	*D*	*E*	
	Nitrogen in effluent ($N_{EFFLUENT}$) *(kg N/year)*	*Emission factor* *(kg N_2O-N/kg N)*	*Conversion factor of kg N_2O-N into kg N_2O* *44/28*	*Emissions from Wastewater plants (default = zero)* *(kg N_2O-N/year)*	*Total N_2O emissions* *(kg N_2O-N/year)*	*(Gg N_2O-N/year)*
					E= A x B x C – D	
	971,379,309.709	*0.005*	*1.571*	*0.000*	*7,632,266.005*	***7.632266005***

Tabel 6.10 Emisi CH4 dari Limbah Cair Industri

Sector	***Waste***			
Category	***Industrial Wastewater Treatment and Discharge***			
Category Code	***4D2***			
Sheet	***1 of 3 Total Organic Degradable Material in wastewater for each industry sector***			
STEP 1				
	A	*B*	*C*	*D*
Industry Sectors	*Total industry product* *(P_i)* *($t_{product}$/yr)*	*Wastewater generated* *(W_i)* *($m^3/t_{product}$)*	*Chemical Oxygen Demand* *(COD_i)* *(kgCOD/m³)*	*Total organic degradable material in wastewater for each industry sector* *(TOW_i)* *(kgCOD/yr)*
				D = A x B x C
Alcohol refining	*38,104.668*	*24*	*11*	*10,059,632.388*
Beer & Malt	*154,519.075*	*6.3*	*2.9*	*2,823,063.499*
Coffee	*108,547.793*		*9*	*0.000*
Dairy Products	*387,620.539*	*7*	*2.7*	*7,326,028.191*
Fish Processing	*870,114.118*		*2.5*	*0.000*
Meat & Poultry	*2,513,003.000*	*13*	*4.1*	*133,943,059.900*
Organic Chemicals		*67*	*3*	*0.000*
Petroleum Refineries	*48,730,389.022*	*0.6*	*1*	*29,238,233.413*
Plastics & Resins		*0.6*	*3.7*	*0.000*
Pulp & Paper (combined)	*14,917,099.000*	*162*	*9*	*21,749,130,342.000*
Soap & Detergents	*1,348,785.051*			*0.000*
Starch Production	*62,257.000*	*12*	*10*	*7,470,840.000*
Sugar Refining	*233,689.041*		*3.2*	*0.000*
Vegetable Oils	*8,390,483.000*	*3.1*		*0.000*
Vegetable, Fruits & Juices	*15,476,355.448*	*20*	*5*	*1,547,635,544.786*
Wine & Vinegar		*23*	*1.5*	*0.000*
			Total	*23,487,626,744.177*

Tabel 6.11 Estimasi Kandungan Nitrogen pada Effluent

Sector	***Waste***		
Category	***Industrial Wastewater Treatment and Discharge***		
Category Code	***4D2***		
Sheet	***2 of 3 Estimation of CH_4 emission factor for Industrial Wastewater***		
STEP 2			
	A	*B*	*C*
Type of treatment or discharge	*Maximum Methane Producing Capacity (B_0) (kg CH_4/kg COD)*	*Methane Correction Factor for the Treatment System (MCF_j) (-)*	*Emission Factor (EF_j) (kg CH_4/kg BOD)*
			C = A x B
Untreated			
Sea, river, and lake discharge	*0.25*	*0.1*	*0.25*
Treated			
Anaerobic treatment plant	*0.25*	*0*	*0*
Aerobic treatment plant	*0.25*	*0.3*	*0.075*
Anaerobic digester for sludge	*0.25*	*0.8*	*0.2*
Anaerobic reactor (e.g. UASB, Fixed Film Reactor)	*0.25*	*0.8*	*0.2*
Anaerobic shallow lagoon	*0.25*	*0.2*	*0.05*
Anaerobic deep lagoon	*0.25*	*0.8*	*0.2*

Tabel 6.12 Estimasi Faktor Emisi dan Tingkat Emisi Indirect N2O dari Limbah Cair

Sector	***Waste***						
Category	***Industrial Wastewater Treatment and Discharge***						
Category Code	***4D2***						
Sheet	***3 of 3 Estimation of CH_4 emissions from Industrial Wastewater***						
STEP 3							
		A	*B*	*C*	*D*	*E*	
Industrial sector *Units*	*Type of treatment or discharge pathway*	*Total organic degradable material in wastewater for each industry sector* *(TOW_i) (kg COD/yr)*	*Sludge removed in each industry sector* *(S_i) (kg COD/yr)*	*Emission factor for each treatment system* *(EF_i) (kg CH_4/kgBOD)*	*Recovered CH_4 in each industry sector* *(R_i) (kg CH_4/yr)*	*Net methane emissions* *(CH_4) (kg CH_4/yr)*	*(CH_4) (kg CH_4/yr)*
		Sheet 1 of 3		*Sheet 2 of 3*		*E = [(A – B) x C] – D*	
Alcohol refining	*Anaerobic shallow lagoon*		*0*	*0.050*	*0*		
Beer & Malt	*Aerobic treatment plant*		*0*	*0.075*	*0*		
Coffee	*Aerobic treatment plant*		*0*	*0.075*	*0*		
Dairy Products	*Anaerobic shallow lagoon*		*0*	*0.050*	*0*		
Fish Processing	*Aerobic treatment plant*		*0*	*0.075*	*0*		
Meat & Poultry	*Aerobic treatment plant*		*0*	*0.075*	*0*		
Organic Chemicals	*Aerobic treatment plant*		*0*	*0.075*	*0*		
Petroleum Refineries	*Aerobic treatment plant*		*0*	*0.075*	*0*		
Plastics & Resins	*Aerobic treatment plant*		*0*	*0.075*	*0*		
Pulp & Paper (combined)	*Aerobic treatment plant*		*0*	*0.075*	*0*		
Soap & Detergents	*Aerobic treatment plant*		*0*	*0.075*	*0*		
Starch Production	*Anaerobic shallow lagoon*		*0*	*0.050*	*0*		
Sugar Refining	*Anaerobic shallow lagoon*		*0*	*0.050*	*0*		
Vegetable Oils	*Anaerobic shallow lagoon*		*0*	*0.050*	*0*		
Vegetable, Fruits & Juices	*Anaerobic shallow lagoon*		*0*	*0.050*	*0*		
Wine & Vinegar	*Aerobic treatment plant*		*0*	*0.075*	*0*		
					Total		

6.5 Pengelolaan Data

a. *Time series consistency*

Metode dan data yang digunakan untuk estimasi CH_4 dari limbah cair tidak mengalami perubahan (sama) setiap tahunnya. Mengenai faktor koreksi metan (MCF) untuk sistem pengolahan yang berbeda sebaiknya tidak berubah dari tahun ke tahun.Jika terjadi perubahan mengenai bagian pengolahan limbah cair pada sistem pengolahan yang berbeda maka sebaiknya dilakukan penyesuaian dan dokumentasi.

Penghilangan lumpur dan rekoveri CH_4 sebaiknya diestimasi secara konsisten sepanjang tahun pada jangka tahun tertentu. Rekoveri metan sebaiknya dipertimbangkan jika data spesifik mencukupi dan jumlah rekoveri metan sebaiknya dikurangi dari produksi metan**.** Secara umum, estimasi limbah cair tidak mengalami perubahan secara signifikan seiring pertambahan tahun.

b. Tingkat Ketidakpastian

Beberapa parameter yang dipercaya sangat tidak pasti antara lain:

a. Derajat limbah cair di negara berkembang yang diolah pada kakus, *septic tanks*, atau saluran pembuangan, untuk populasi perkotaan dan populasi pedesaan (T,i,j)

b. Fraksi saluran pembuangan terbuka yang bersifat anaerobik dan dapat mengemisi CH_4. Hal tersebut dipengaruhi oleh waktu dan suhu, serta faktor lainnya termasuk adanya kemungkinan komonen yang berbahaya terhadap bakteri anaerob.

c. Jumlah TOW industri dengan sistem saluran pembuangan terbuka atau tertutup untuk setiap negara berkembang sangat sulit untuk dihitung jumlahnya.

c. *Waste Stream* dan Limbah Cair Industri

Produksi CH_4 dari limbah cair industri didasarkan atas konsentrasi komponen organik yang dapat hancur, volume limbah cair, kecenderungan akan sektor industri untuk mengolah limbah cairnya dengan sistem anaerobik. Berdasarkan kriteria tersebut, umumnya sumber limbah cair industri dengan potensi produksi gas CH_4 dapat dibedakan menjadi: (1) Pabrik *pulp and paper; (2)* Rumah pemotongan hewan; (3) Produksi alkohol, bir, tepung; (4) Produksi kimia organik; dan (5) Proses minuman dan makan (produk sehari-hari, minyak sayur, buah dan sayuran, pabrik pengalengan, pembuatan jus, dan lain-lain).

DAFTAR PUSTAKA

IPCC (2006).*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 5 - Waste*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

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

Lampiran 1.
Perbaikan Tingkat Ketelitian Data Berat Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

Lampiran 1. Perbaikan Tingkat Ketelitian Data Berat Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA)

1. PENENTUAN BERAT TIMBUNAN SAMPAH DI TPA

Estimasi emisi GRK dari TPA didasarkan pada data aktifitas (berat sampah di TPA) dan faktor emisi. Untuk mendapatkan data aktivitas yang akurat, idealnya penentuan berat sampah didasarkan pada hasil penimbangan (menggunakan jembatan timbang di TPA). Namun, mayoritas TPA di Indonesia tidak memiliki jembatan timbang. Jumlah sampah masuk TPA (tanpa jembatan timbang) diperkirakan dari catatan volume sampah diangkut setiap kendaraan pengangkut sampah yang masuk TPA.

Umumnya catatan volum tersebut berdasarkan perkiraan petugas TPA merujuk ukuran kendaraan dan penuh atau tidaknya sampah dalam kendaraan. Pada kasus lain, volume sampah dianggap sama dengan volume truk (hanya berdasarkan jumlah kendaraan masuk TPA). Manual ini menyediakan pedoman untuk memperbaiki kualitas data, terutama data berat timbunan sampah di TPA baik yang memiliki jembatan timbang maupun tidak, serta penentuan Densitas Bulk sampah.

1.1 TPA Dilengkapi Jembatan Timbang

Berat sampah yang ditimbun di TPA adalah selisih berat kendaraan berisi sampah yang masuk TPA dikurangi berat kendaraan kosong yang keluar TPA (setelah unloading). Untuk meningkatkan ketelitian, penimbangan kendaraan sampah di TPA idealnya dilakukan dua kali, yaitu saat masuk (kendaraan berisi/mengangkut sampah) dan keluar (kendaraan dalam keadaan kosong) dari TPA. Gambar jembatan timbang yang berada di lokasi TPA disampaikan pada Gambar L.1.1

Apabila dari segi kepraktisan dan keselamatan mengakibatkan penimbangan dua kali sulit dilakukan, penimbangan dilakukan sekali saja, yaitu pada saat kendaraan sampah memasuki area TPA. Tetapi kendaraan kosong perlu secara berkala ditimbang ulang (setidaknya 1 bulan sekali). Hal yang perlu diperhatikan dan menjadi catatan dalam pengoperasian jembatan timbang di TPA adalah bahwa jembatan timbang perlu dikalibrasi secara berkala. Sertifikat hasil kalibrasi perlu diarsip dengan baik.

Kalibrasi yang dimaksud disini adalah uji pengukuran standar untuk menghasilkan pengukuran yang valid (1 kg hasil penimbangan benar-benar bernilai 1 kg). Kalibrasi ini biasanya dilakukan oleh lembaga yang ter-akreditasi.

Gambar L.1.1 Jembatan timbang yang berada di lokasi TPA

Untuk keperluan operasional TPA, volume sampah yang dibawa oleh suatu kendaraan yang masuk TPA perlu dicatat. Basis perhitungan volume adalah kapasitas/volum kendaraan dan persentasi volume aktual berdasarkan pengamatan visual (misal: 75% dari kapasitas, 125% dari kapasitas). Data volume sampah yang telah masuk TPA dapat digunakan untuk memperkirakan umur operasi dan perencanaan TPA.

Gabungan data berat dan volum sampah yang dibawa suatu kendaraan dapat digunakan untuk menentukan **bulk density** sampah yang masuk TPA. Data bulk density tersebut dapat digunakan untuk faktor konversi bagi TPA yang tidak memiliki jembatan timbang (hanya memiliki data volum).

1.2 Metode Penentuan *Bulk Density* Sampah

Data jumlah sampah yang ditimbun di TPA umumnya tercatat sebagai data dalam satuan volume bukan berat. Konversi data volume menjadi data berat memerlukan faktor konversi (*bulk density*) representative yang ditentukan berdasarkan karakteristik sampah masing-masing TPA.

$$\text{Berat sampah}\left(\text{kg}\right)=\text{volume sampah}\left(\text{m}^3\right)\text{ x bulk density}\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \quad \text{..... 3.1}$$

Bulk density merupakan hasil rata-rata rasio berat terhadap volume sampah yang masuk TPA. *Bulk density* ini ditentukan melalui sebuah survey yang dilakukan di TPA yang dilengkapi jembatan timbang pada waktu yang sesuai waktu operasional TPA.

Metode Survey:

- Berat sampah masuk TPA diperkirakan dari penimbangan kendaraan yang berisi sampah yang masuk TPA dikurangi berat kendaraan kosong
- Berat sampah masuk TPA diperkirakan dari penimbangan kendaraan berisi sampah masuk TPA dikurangi berat kendaraan kosong.
- Volum sampah diperkirakan berdasarkan volum bak/container kendaraan yang masuk TPA dan pengamatan visual (% volum sampah dalam bak)
- Volum bak/container diukur secara langsung

Prosedur pelaksanaan survey:

- Menimbang kendaraan pengangkut sampah, yaitu:
  - Berat kendaraan + sampah yang masuk TPA
  - Berat kosong kendaraan (kendaraan akan meninggalkan TPA ditimbang kembali)
- Mengukur volume kendaraan pengangkut sampah
- Memperkirakan volume sampah aktual berdasarkan pengamatan visual (prosen volume sampah di dalam kendaraan sampah)
- Mencatat keterangan kendaraan, yaitu nomor identitas kendaraan yang menunjukkan keterangan lokasi (kecamatan/kelurahan) dan sumber sampah (pasar, rumah tangga, jalan dan perkantoran, dll). Data identitas kendaraan harus diarsip dengan baik, begitu halnya apabila terdapat perubahan nomor kendaraan juga perlu diarsip dengan baik. Begitu pula tipe kendaraan (*dump truck*, *arm-roll*, dll), dan cuaca saat penimbangan (hujan / tidak hujan).
- Memperkirakan *bulk density*:

  Bulk density = rata-rata (berat sampah/volume sampah) ……. (3.2)

- Prosedur Penentuan Nilai Bulk Density:

  a. Menimbang kendaraan pengangkut sampah: (a) berat kendaraan + sampah masuk TPA dan (b) berat kendaraan kosong (keluar TPA)

  b. Mengukur volume bak/container kendaraan sampah

  c. Memperkirakan volum sampah aktual berdasarkan pengamatan visual (prosen volum sampah dalam bak)

Berdasarkan hasil uji penentuan *bulk density* yang dilaksanakan diTPA yang memiliki jembatan timbangm yaitu hanya di TPA Karya Jaya-Palembang pada 28 November 2011. Berdasarkan perhitungan rata-rata dari 70 kendaraan pengangkut sampah diperoleh nilai *bulk density* sebesar 0.347 ton/m3. Format pencatatan hasil survey dan perhitungan bulk density dapat dilihat pada Tabel L.1.1 dan L.1.2.

Tabel L.1.1 Format survey bulk density

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
No. Kenda-raan (ID)	Asal Sampah	Jenis Sampah Dominan	Tipe Kenda-raan	Kapa-sitas Volume	Ukuran bak	Perki-raan Volume Sampah	Berat sebelum (berisi sampah)	Berat sesudah (ko-song)	Cuaca saat menim-bang	Catatan
				m3	m x m x m	fraksi	KGram	KGram		
	(daerah/ keca-matan/ kelu rahan)	(pasar/ RT/ kantor/ dll)		(dari spesi-fikasi kenda-raan)	(pan-jang x lebar x tinggi)	(misal: 1 penuh rata)			(hujan/ tdk hujan)	
102	Ilir Barat 1	TPS	Dump Truck A		6.85 (m^3)	0.95	6240	3690	TIDAK hujan	
32	Ilir Barat 1	RT	Arm Roll C	7.25		0.8	5610	3400	TIDAK hujan	
80	Kalidoni	Pasar	Arm Roll A		7.89 (m^3)	0.9	6570	3720	TIDAK hujan	

Tabel L.1.2 Hasil perhitungan Bulk Density berdasarkan tipe truk dan Sumber/Jenis Sampah

	Pasar	RT	perkantoran/jalan	TPS / mix
AR A	0.401 n = 1	0.306 n = 3; r = 0.255 - 0.366	0.324 n = 1	0.339 n = 3; r = 0.312 - 0.369
AR B	0.323 n = 1	0.373 n = 3; r = 0.275 - 0.470	- n = 0	0.201 n = 2; r = 0.167 - 0.235
AR C	0.305 n = 2; r = 0.299 - 0.311	0.359 n = 7; r = 0.245 - 0.488	- n = 0	- n = 0
DT A	0.380 n = 8; r = 0.326 - 0.454	0.495 n = 3; r = 0.438 - 0.582	- n = 0	0.421 n = 7; r = 0.328 - 0.523
DT B	0.357 n = 4; r = 0.273 - 0.430	0.310 n = 5; r = 0.260 - 0.397	0.435 n = 1	0.325 n = 14; r = 0.218 - 0.465

Keterangan: DT = dump truck; AR = arm roll; n = jumlah data; r = range

1.3 TPA Tanpa Jembatan Timbang

Data kendaraan yang berisikan sampah dan sumber sampah perlu dicatat. Basis perhitungan volume adalah kapasitas (volume) kendaraan (berdasarkan spesifikasi) dan persentase volume aktual berdasarkan pengamatan visual (misal: 75% dari kapasitas, 125% dari kapasitas). Konversi data volume menjadi data berat sampah menggunakan persamaan (3.2) dan faktor konversi (*bulk density* sampah). *Bulk density* sampah diperoleh melalui survey di TPA yang memilki jembatan timbang.

2. MANAJEMEN DATA SAMPAH

2.1 Manajemen Data Sampah di TPA

<u>TPA dilengkapi jembatan timbang</u>

Data yang dikumpulkan dan dicatat di TPA meliputi:

- Tanggal dan waktu kedatangan truk sampah
- Identitas truk sampah– identitas haruslah menunjukkan jenis kendaraan, volume truk, dan berat kendaraan, serta sumber sampah yang dibawa truk. Data berat harus secara periosik di-update melalui penambangan langsung
- Berat truk + sampah masuk TPA
- Sampah insidental dari kendaraan pribadi harus dicatat.
- Estimasi volum sampah (dari persentase volume truk yang terisi sampah)
- Hasil survey komposisi dan dry matter content surveys (jika ada)

Manajemen Data Limbah:

- Pencatatan data: data limbah dicatat di log-book harian (hand written or in computer)
- Pengolahan data: penjumlahan data berat dan volume per hari dan per bulan
- Pelaporan: operator TPA menyampaikan laporan data bulanan berisi berat sampah, dan volume sampah ke Kabuaten/kota (Dinas Kebersihan dan atau BLH Kbupaten); hasil survey komposisi dan dry matter content (jika ada). Salinan lapran harus disimpan di TPA. Pengiriman laporan secara langsung atau dengan kurir.

TPA Tanpa Jembatan Timbang:

Data yang dikumpulkan dan dicatat di TPA meliputi:

- Tanggal dan waktu kedatangan truk sampah
- Identitas truk sampah– identitas haruslah menunjukkan jenis kendaraan, volume truk, dan berat kendaraan, serta sumber sampah yang dibawa truk. Data berat harus secara periosik di-update melalui penambangan langsung
- Estimasi volum sampah (dari persentase volume truk yang terisi sampah)
- Sampah incidental dari kendaraan pribadi harus dicatat.
- Hasil survey komposisi dan dry matter content surveys (jika ada)

Manajemen data sampah:

- Pencatatan data: data limbah dicatat di log-book harian (tulis tangan atau di komputer)
- Pengolahan data: penjumlahan data berat dan volume per hari dan per bulan
- Pelaporan: operator TPA menyampaikan laporan data bulanan berisi berat sampah, dan volume sampah ke Kabuaten/kota (Dinas Kebersihan dan atau BLH Kbupaten); hasil survey komposisi dan dry matter content (jika ada). Salinan lapran harus disimpan di TPA. Pengiriman laporan secara langsung atau dengan kuriri.

2.2 Manajemen data sampah di Kota/Kabupaten

Data yang dikumpulkan dan dicatat di Kota/kabupaten meliputi:

- Catatan bulanan berat dan atau volume berat sampah yang dilaporkan TPA
- Catatan bulanan banyaknya truk yang mengrim sampah ke TPA (sebagai dasar penetapan upah sewa truk)
- Data Bulk density sampah TPA (dari survey di TPA lain yang memiliki jembatan timbang)
- Berat dan/atau volume sampah di TPS, dan lokasi-lokasi lain terkait penanganan sampah (composting, incineration, open burning, pembuangan ke Sungai dll.). Data ini harus didapatkan melalui survey.
- Hasil survey komposisi dan dry matter content (jika ada).
- Data penganan sampah di Kabupaten/Kota
- Hasil survey pembangkitan sampah dan komposisinya (jika ada)
- Hasil survey mengenai 4R (jika ada)
- Hasil dari berbagai macam survey yang terkait sampah (jika ada)

Manajemen Data Sampah:

- Pencatatan data: data sampah dicatat di log-book bulanan (tulis tangan atau komputer).
- Pengolahan data: kompilasi data sampah (volume dan berat) dari semua SWDS, TPS dan sistem penanganan sampah lainnya dan menghasilkan waste stream tahunan tingkat kabupaten/kota.
- Pelaporan: laporan tahunan dari kabupaten/kota ke provinsi berisi data berat dan volume dari semua TPA, waste stream (volume dan berat), fasilitas penanganan sampah, hasil aktivitas 4R, perubahan fasilitas penanganan sampah (TPA, TPS, pengomposan dll) dan rencana-rencanan perbaikan sistem, hasil survey komposisi sampah dan dry matter content (jika ada). Salinan laporan harus disimpan baik di kabupaten/kota.

2.3 Manajemen Data Sampah di BLH Provinsi

Data yang dikumpulkan dan dicatat di BLH Provinsi meliputi:

- Data pembangkitan dan komposisi sampah provinsi.
- Data berat dan volume sampah dari seluruh SWDS di semua kabupaten/kota (berdasarkan laporan dari kabupaten/kota)
- Data bulk density data (dari laporan kabupaten/kota)
- Hasil survey komposisi dan dry matter content (jika ada).
- Data waste stream dari semua kabupaten/kota
- Hasil-hasil survey terkait limbah (jika ada)
- Rencana-rencana perbaikan fasilitas atau perubahan sistem penanganan sampah dari laporan kabupaten/kota

Manajemen data sampah:

- Pencatatan data: data sampah dicatat di log-book bulanan (dengan komputer).
- Pengolahan data: kompilasi data sampah (volume dan berat) dan jenis-jenis sistem penanganan sampah dari seluruh kabupaten/kota, dan menghasilkan waste steam tahunan skala provinsi.
- Pelaporan: laporan dari from BLH Province ke Kementrian Lingkungan Hidup termasuk data berat dan volume sampah dari semua kabupaten/kota, hasil survey komposisi dan dry matter content (jika ada), waste stream (volume dan berat), fasilitas penanganan limbah, hasil-hasil aktivitas 4R, perubahan fasilitas penanganan limbah (TPA, TPS, pengomposan dll) dan rencana-rencana perubahan untuk pernaikan sistem. Salinan laporan disimpan baik di BLH provinsi

Lampiran 2.
Penentuan Karakteristik Sampah

Lampiran 2. Penentuan Karakteristik Sampah

1. PELAKSANAAN SURVEY KOMPOSISI SAMPAH DI TPA

1.1 Definisi Komposisi Sampah

Komposisi sampah adalah suatu parameter yang menunjukkan fraksi dari berat basah atau berat kering komponen-komponen sampah. Pada manual survey komposisi sampah ini, komposisi sampah dinyatakan dalam fraksi (persen) berat basah dari komponen-komponen sampah. Merujuk standar pelaksanaan survey komposisi sampah berdasarkan IPCC 2006 GL, komposisi sampahdiklasifikasikan menjadi 11 komponen sedangkan berdasarkan pedoman yang dikeluarkan oleh SNI 19-3964-1994, komposisi sampah diklasifikasikan menjadi hanya 9 komponen.

Berdasarkan pengalaman *pilot project* di Sumatera Utara dan Sumatera Selatan, diketahui bahwa fraksi komponen *nappies* relatif signifikan jumlahnya. Dikarenakan *nappies* memiliki nilai DOC (*degradable organic carbon*) yang berbeda dibandingkan dengan kertas dan karton, maka spada Manual ini *nappies* diklasifikasikan sebagai komponen tersendiri yang terpisah seperti yang terdapat dalam IPCC GL. Oleh karena itu, manual ini mengklasifikasikan komponen sampah menjadi 11 komponen.

Tabel L.2.1 Klasifikasi Komponen Sampah

No	IPCC 2006 GL	SNI 19-3964-1994	Manual Survey Komposisi Sampah dan Kandungan Bahan Kering
1.	Sampah makanan	Sampah makanan	Sampah makanan
2.	Sampah kebun dan taman	Kayu dan sampah taman	Sampah kebun dan taman
3.	Kayu	-	Kayu
4.	Kertas dan karton	Kertas, karton dan nappies	Kertas dan karton
5.	Tekstil	Tekstil/produk tekstil	Tekstil
6.	Nappies (*disposable diapers*)	-	Nappies (*disposable diapers*)
7.	Karet dan kulit	Karet dan kulit	Karet dan kulit
8.	Plastik	Plastik	Plastik
9.	Logam	Logam	Logam
10.	Gelas (keramik dan tembikar)	Gelas	Gelas (keramik dan tembikar)
11.	Lain-lain (abu, debu, sampah elektronik, dll)	Lain-lain	Lain-lain (abu, debu, sampah elektronik, dll)

(*) Komponen sampah (1) sampai (7) memiliki nilai DOC di landfill

Pada bagian berikut ini dijelaskan karakteristik masing-masing komponen

a. Sampah Makanan

Material sampah yang terklasifikasi sebagai sampah makanan meliputisampah dapur (sampah mentah atau masak), sayuran, buah-buahan, bungkus makanandari daun pisang, kulit buah, dll.

b. Sampah Kebun dan Taman

Material sampah yang terklasifikasi sebagaisampah kebun dan tamanterdiri dari daun, ranting/batang pohon dari perawatan taman/halaman, dan lain-lain.

c. Sampah Kayu

Material sampah yang terklasifikasi sebagaisampah kayumeliputi kayu bekasfurniture, kayu bangunan (pagar, kusen, dll).

d. Sampah Kertas dan Karton

Material sampah yang terklasifikasi sebagaisampahkertas dan kartonterdiri darikertas koran, kertas pembungkus, barang cetakan, buku tulis, karton, kertas tissue, dan sejenisnya.

e. Sampah Kain dan Produk Tekstil

Material sampah yang terklasifikasi sebagai sampah kain dan produk tekstil meliputi pakaian bekas, selimut bekas, majun, kain perca, lap, pel, tas/sepatu dari kain, kasur/bantal bekas dan lain-lain.

f. Sampah *Nappies*

Material sampah yang terklasifikasi sebagai *nappies* meliputi tampon, *disposable diapers*, pembalut dan sejenisnya.

g. Sampah Karet dan Kulit

Material sampah yang terklasifikasi sebagai sampah karet dan kulit meliputi sisa karet busa, ban bekas, sarung tangan karet, tas/sepatu dari karet atau kulit, dan lain-lain.

h. Sampah Plastik

Material sampah yang terklasifikasi sebagaisampah plastik terdiri daribotol plastik, kemasan dari plastik, kantong kresek, ember plastik, gantungan baju dan barang dari plastik lainnya.

i. Sampah Logam

Material sampah yang terklasifikasi sebagai sampah logam terdiri dari besi bekas perkakas, rangka furniture, kawat, potongan logam, can (kaleng minuman), dan lain-lain.

j. Sampah Gelas

Komponen sampah gelas terdiri dari: pecahan gelas, piring dan barang-barang keramik, botol gelas, lampu, dan barang-barang dari gelas/keramik lainnya.

k. Sampah Lain-Lain (*Inert*)

Material sampah yang terklasifikasi sebagai komponen sampah lain-lain meliputi komponen yang tidak termasuk dalam klasifikasi di atas, diantaranya: tanah, abu, batu, bongkahan bangunan, barang-barang elektronik bekas, dan lain-lain.

1.2 Klasifikasi Sumber Sampah

Jenis sampah diklasifikasikan berdasarkan sumber sampah yang pada umumnya diklasifikasikan dalam 4 kelompok yaitu: sampah pasar, sampah perumahan, sampah perkantoran, dan sampah dari kegiatan konstruksi. Identifikasi sumber sampah perlu dilakukan secara seksama karena untuk mendapatkan sampel yang mewakili komposisi sampah TPA. Pengambilan sampel didasarkan pada volume masing-masing jenis sampah yang masuk TPA (lihat sub-bab 3.5). Jika memungkinkan, TPA yang disurvey meliputi TPA yang menangani sampah pusat kota dan TPA yang melayani sampah dari pinggiran kota.

1.3 Penentuan Komposisi

Penentuan komposisi sampah dilakukan berdasarkan sampel sampah sebanyak 1 m^3 yang dianggap mewakili komposisi sampah yang ditimbun di TPA. Komposisi sampah ditentukan berdasarkan penimbangan komponen-komponen sampel sampah yang dipilah dari 1 m^3 sampel (tanpa reduksi volume sampel). Metoda ini merujuk pada metodologi di IPCC 2006 GL. Alasan rasional penentuan komposisi sampah berdasarkan 1 m^3sampeltanpapengecilan volume adalah untuk menghindari bias jika volume sampel terlalu kecil, dimana pada keadaan ini operator memiliki kecenderungan untuk memilih jenis sampah tertentu.

1.4 Frekuensi Sampling

Frekuensi sampling sampah yang ideal adalah tiap hari selama 8 hari berturut-turut (hari Senin hingga Senin berikutnya) untuk setiap musim (musim hujan dan

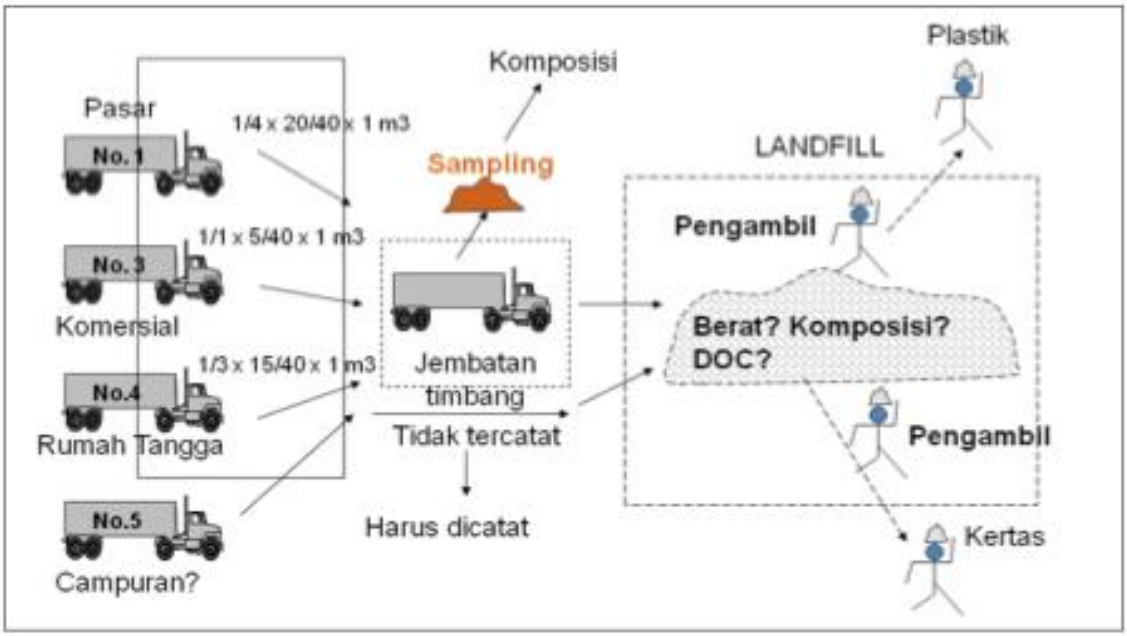
kemarau). Apabila terdapat keterbatasan waktu dan sumberdaya, alternatif pengambilan sampel adalah sebanyak 2 hari (Senin dan Kamis) untuk setiap musim. Sampel hari Senin diharapkan memberikan informasi mengenai sampah selama akhir pekan sedangkan sample hari Kamis dianggap mewakili sampah hari kerja (Senin hingga Rabu).

1.5 Pengambilan Sampel (*Sampling*)

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan sampling sampah, yaitu:

- Lokasi pengambilan sampel sampah adalah di lahan landfill, yaitu di tempat dimana truk menumpahkan sampah.
- Sampel sampah segera diambil setelah truk menumpahkan sampah sebelum pelaksanaan pemadatan sampah.
- Alternatif titik pengambilan sampel yaitu dari truk sampah langsung. Hal ini dilakukan hanya apabila terjadi hal di luar prediksi, misal: alat berat tidak beroperasi sehingga antrian truk menjadi panjang dan akan memakan waktu yang sangat lama jika menunggu truk membuang sampah. Pengambilan sampel langsung dari truk juga mungkin akan terjadi di TPA *rural* yang hanya menerima pembuangan sampah dari truk yang sedikit jumlahnya sehingga untuk menunggu datangnya truk akan lama. Dengan demikian, pengambilan sampel dilakukan dengan cara mendatangi truk dan mengambil sampel langsung dari truk tersebut.
- Pengambilan sampel dari suatu truk harus acak (*random*) dari beberapa titik dan langsung (tidak boleh dipilah terlebih dahulu).
- Total volume sampel sampah yang diambil dalam 1 x sampling adalah 1 m^3. Sampel 1 m^3 ini diperoleh dari beberapa truk yang datang pada hari pengambilan sampel.
- Pengambilan sampel menggunakan box berukuran 200 liter yang diberi tanda garis yang menunjukkan volume @ 25 liter atau @ 10 liter.
- Setiap kali pengambilan sampel sampah dengan box 200 liter, sampel segera dimasukkan ke box 1 m^3 sampai penuh, untuk memastikan bahwa pada akhir pengambilan sampel total sampel yang diambil adalah 1 m^3.
- Untuk menghemat waktu danagar tidak terlalu lama menunggu sampai box 1 m^3 terisi penuh, pemilahansampahdapat dilakukan langsung setelah terkumpul sampel dengan box 200 liter; dengan catatan jumlah sampel harus selalu dicatat hingga total sampel sampah yang diambil adalah 1 m^3. Cara ini lebih efisien waktu, namun harus dilakukan dalam pencatatan yang detail dan akurat agar dapat dipastikan total sampel yang dikumpulkan mencapai 1 m^3.

- Volume sampel yang diambil dari satu truk dengan jenis sampah tertentu (misal sampah pasar, sampah perumahan dll) bergantung pada frekuensi kedatangan truk tersebut ke landfill; makin banyak volume suatu jenis sampah yang datang ke landfill makin banyak sampel yang diambil dari jenis sampah tersebut. Frekuensi kedatangan truk sampah diperoleh dari catatan log book landfill. Gambaran situasi proses penimbunan sampah di TPA disampaikan pada Gambar L.2.1.



Gambar L.2.1. Situasi Penimbunan Sampah di TPA

Perhitungan persentase sampel berdasarkan kedatangan truk:

- Misal rata-rata kedatangan truk per hari adalah sebagai berikut:

  Pasar : 8 truk dengan jumlah muatan sampah 20 ton
  Perumahan : 5 truk dengan jumlah muatan sampah 15 ton
  Perkantoran : 4 truk dengan jumlah muatan sampah 5 ton
  Total = 40 ton

- Jadi prosentasi sampel:

$$Pasar = \frac{20}{40} \times 100 = 50\%$$

$$Perumahan = \frac{15}{40} \times 100 = 37.5\%$$

$$Perkantoran = \frac{5}{40} \times 100 = 12.5\%$$

- Jadi volume sampel dari <u>setiap</u> truk yang berasal dari:

$$Pasar = \frac{1}{8} \times 50\% \times 1m^3 = 0.0625m^3 \rightarrow Total = 8 \times 0.0625m^3 = 0.5m^3$$

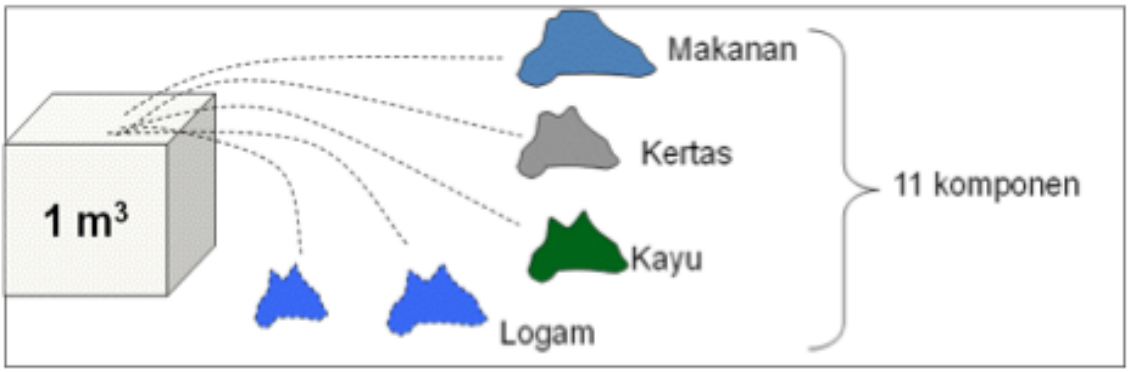
$$Perumahan = \frac{1}{5} \times 37.5\% \times 1m^3 = 0.075m^3 \rightarrow Total = 5 \times 0.075m^3 = 0.375m^3$$

$$Perkantoran = \frac{1}{4} \times 12.5\% \times 1m^3 = 0.03125m^3 \rightarrow Total = 4 \times 0.03125m^3 = 0.125m^3$$

Masing-masing sampel yang diambil tersebut di atas (dengan box 200 liter) segera dimasukkan ke dalam box 1 m^3, sehingga dapat dipastikan bahwa total volume sampel adalah 500 liter + 375 liter + 125 liter = 1000 liter (1 m^3).

1.6 Pemilahan Sampel Sampah

- Pemilahan sampah dilakukan mengikuti klasifikasi 11komponen sampah sebagaimana disebutkan di atas (lihat Gambar L.2.2).



Gambar L.2.2 Pemilahan Sampah

- Apabila sampah terdiri dari beberapa komponen, maka cara pemilahannya:
  - Sedapat mungkin diusahakan memisahkan komponen-komponennya
  - Apabila sulit dipisahkan berdasar komponen, maka dimasukkan dalam kategori komponen yang paling dominan.

1.7 Penimbangan Sampah

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penimbangan sampah, yaitu:

- Sampah yang telah dipilah menurut komponennya masing-masing dimasukkan ke dalam kantong plastik (25 – 50 kg) untuk penimbangan.
- Penimbangan menggunakan timbangan 50 – 100 kg, misalnya timbangan yang biasa digunakan untuk penimbangan beras (lihat Gambar L.2.3)

Gambar L.2.3 Penimbangan Komponen Sampah

1.8 Perhitungan Komposisi

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perhitungan komposisi, yaitu sebagai berikut:

- Komposisi sampah dinyatakan dalam persen berat basah masing-masing komponen
- Misal hasil penimbangan sebagai disampaikan pada Tabel L.2.2.

Table L.2.2 Contoh Hasil Penimbangan Komponen Sampah

Tipe Sampah	Berat basah, kg
(1). Makanan	70.75
(2). Kayu	*trace*
(3). Sampah Kebun dan Taman	51.40
(4). Kertas + karton	28.80
(5). Nappies	17.45
(6). Kain dan Produk Tekstil	7.00
(7). Karet dan Kulit	2.40
(8). Plastik	27.00
(9). Logam	0.80
(10). Gelas	4.60
(11) Lain-lain (inert)	2.20
Total	212.40

- Persen berat masing-masing komponen dihitungdari berat sampah dan berat total sampah. Misalnya untuk limbah makanan:

$$\% \, berat = \frac{70.75}{212.40} * 100\% =$$
$$= 33\%$$

- Komposisi sampah untuk contoh di atas adalah:

Tabel L.2.3 Contoh Laporan Komposisi Sampah

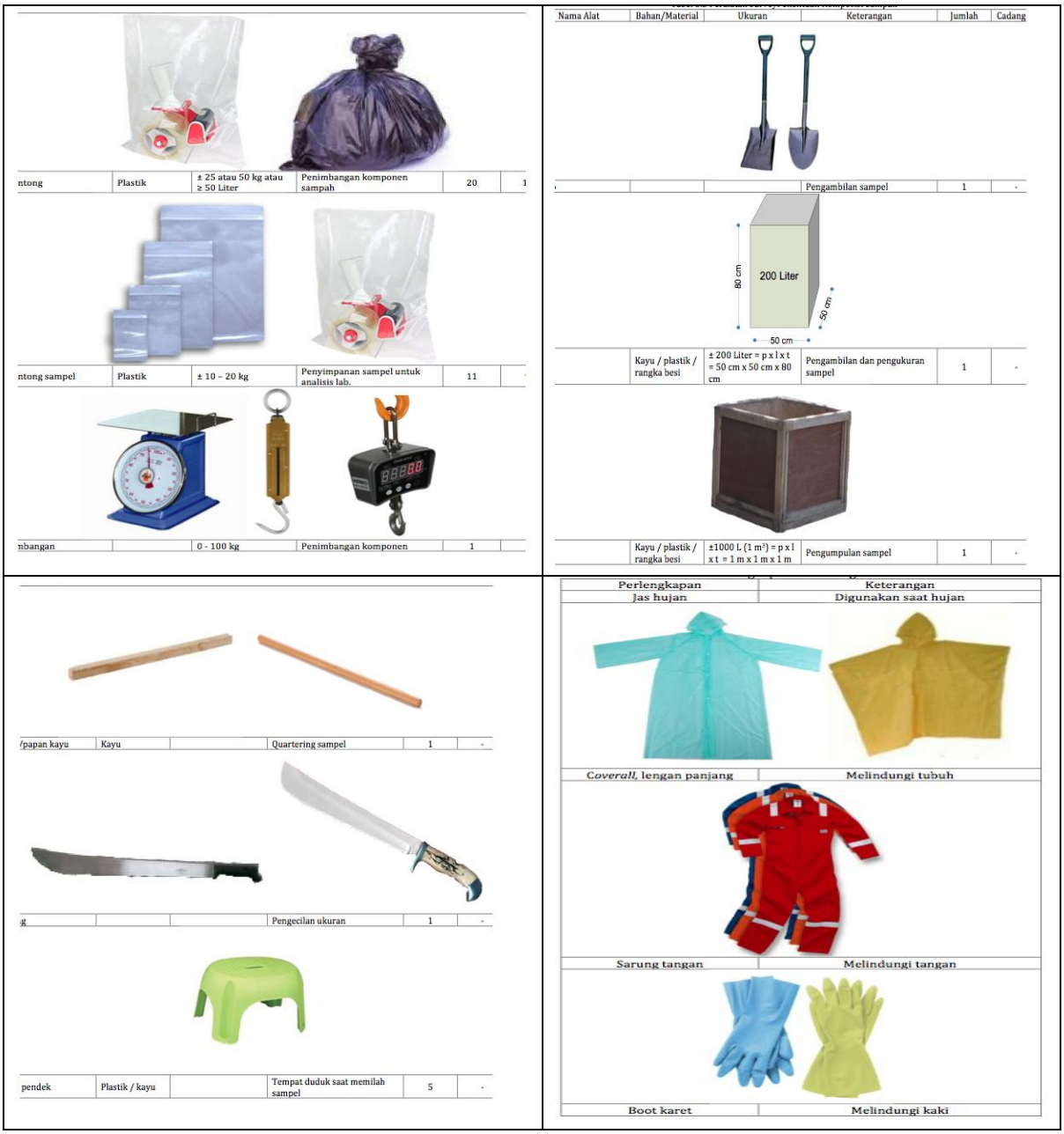
Tipe Sampah	Berat basah, kg	% Berat basah
(1). Makanan	70.75	33.31
(2). Kayu	*trace*	-
(3). Sampah Kebun dan Taman	51.40	24.20
(4). Kertas + karton	28.80	13.56
(5). Nappies	17.45	8.22
(6). Kain dan Produk Tekstil	7.00	3.30
(7). Karet dan Kulit	2.40	1.13
(8). Plastik	27.00	12.71
(9). Logam	0.80	0.38
(10). Gelas	4.60	2.17
(11) Lain-lain (inert)	2.20	1.04
Total	212.40	100

1.9 Faktor Koreksi

Estimasi emisi GRK didasarkan pada banyaknya sampah yang mengandung DOC yang ditimbun di TPA. Karena adanya kegiatan pemulung di TPA, tidak semua sampah yang tercatat masuk TPA akan tertimbun di TPA. Beberapa komponen sampah yang diambil oleh pemulung mengandung DOC yaitu sampah kertas, kayu, kain, karet/kulit dan plastik. Oleh karena itu untuk memperbaiki akurasi estimasi emisi GRK dari sampah TPA perlu dilakukan koreksi dengan memperhitungkan banyaknya sampah yang diambil oleh pemulung. Untuk menentukan faktor koreksi perlu dilakukan estimasi banyaknya sampah yang diambil pemulung dengan cara interview dengan bandar/ pengumpul sampah yang manampung hasil kegiatan pemulung.

1.10 Peralatan Survey Komposisi Sampah di TPA

Peralatan survey dalam penentuan komposisi sampah mencakup peralatan sebagaimana disampaikan pada Tabel L.2.5.



ntong	Plastik	± 25 atau 50 kg atau ≥ 50 Liter	Penimbangan komponen sampah	20	1
ntong sampel	Plastik	± 10 – 20 kg	Penyimpanan sampel untuk analisis lab.	11	
nbangan		0 - 100 kg	Penimbangan komponen	1	

Nama Alat	Bahan/Material	Ukuran	Keterangan	Jumlah	Cadang
			Pengambilan sampel	1	-
	Kayu / plastik / rangka besi	± 200 Liter = p x l x t = 50 cm x 50 cm x 80 cm	Pengambilan dan pengukuran sampel	1	-
	Kayu / plastik / rangka besi	±1000 L (1 m³) = p x l x t = 1 m x 1 m x 1 m	Pengumpulan sampel	1	-

/papan kayu	Kayu		Quartering sampel	1	-
g			Pengecilan ukuran	1	-
pendek	Plastik / kayu		Tempat duduk saat memilah sampel	5	-

Perlengkapan	Keterangan
Jas hujan	Digunakan saat hujan
Coverall, lengan panjang	Melindungi tubuh
Sarung tangan	Melindungi tangan
Boot karet	Melindungi kaki

Gambar L.2.4 Peralatan survey dan penentuan komposisi sampah

1.11 Personil

Sebelum pelaksanaan survey, personil pelaksana perlu mendapatkan pengarahan dan pelatihan terlebih dahulu. Jumlah kebutuhan minimum personil beragam tiap tahapan atau tugas, dimana secara umum dijelaskan dalam tabel berikut.

Tabel L.2.4 Penugasan Personil dan Estimasi Waktu

Tahap / Tugas	Jumlah Minimum Personil	Estimasi Waktu
Pengambilan sampel sampah	4 dilakukan oleh minimum 4 oranguntuk mengantisipasi waktu *peak time* datangnya truk pengangkut sampah di TPA.	± 3 - 4 jam atau tergantung jam kedatangan truk sampah
Pemilahan sampel sampah	±10 dilakukan oleh±10 orang untuk mengoptimalkan proses pemilahan sampah sesuai dengan klasifikasi 11 komponen sampah.	± 2 – 3 jam
Penimbangan komponen sampah	2 dilakukan minimum oleh 2 orang dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kesalahanpenimbangan maupun kesalahan pembacaan nilai hasil penimbangan.	± 30 menit
Quartering komponen sampah	4 dilakukan oleh minimum 4 orang untuk masing-masing komponen sampah yang di-quartering.	± 1 jam

1.12 Pelaporan

Hasil survey komposisi dilaporkan dalam bentuk tabel komposisi sampah. Data mentah untuk menghasilkan tabel komposisi juga dilampirkan dalam laporan.

2. PENENTUAN KANDUNGAN BAHAN KERING

2.1 Definisi Kandungan Bahan Kering

Kandungan bahan kering adalah fraksi (persen) berat kering dari suatu komponen sampah basah, yang dihitung dari rasio berat kering terhadap berat basah komponen sampah tersebut. Kandungan bahan kering ini ditentukan untuk setiap jenis komponen sampah yang dianggap memiliki kandungan air.

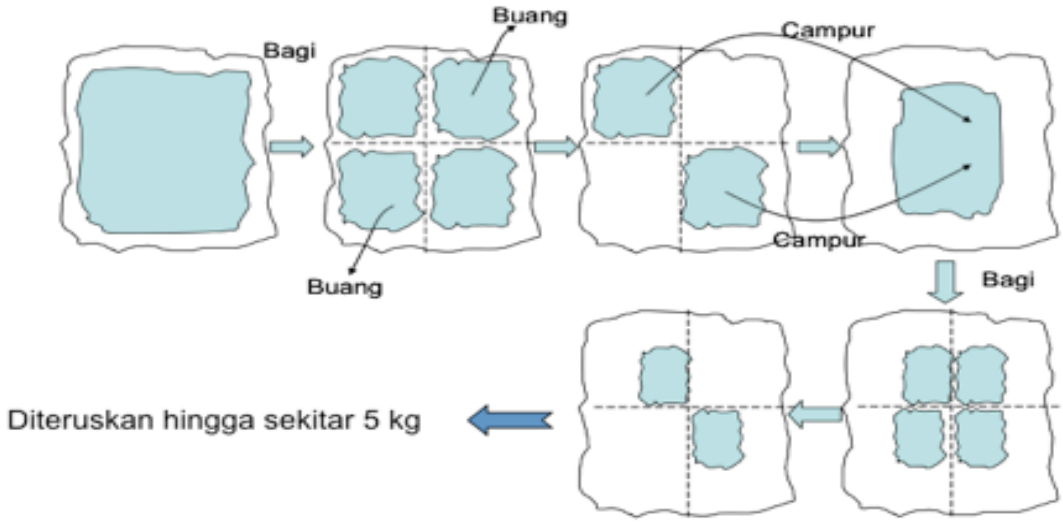
2.2 Pendekatan Untuk Penentuan Kandungan Bahan Kering

Kandungan bahan kering suatu komponen sampah ditentukan dengan pendekatan *gravimetry*, yaitu melalui penimbangan berat suatu sampel yang representatif.

2.3 Metode Sampling

- Sampel untuk penentuan kandungan bahan kering diambil dari sampel yang digunakan pada penentuan komposisi sampah.
- Basis penentuan kandungan bahan kering adalah per jenis komponen sampah. Tidak semua komponen sampah memiliki kandungan air. Berdasarkan IPCC2006 GL (Tabel 2.4, halaman 15, bab 2, volume 5), data *defaultdry matter content*(kandungan bahan kering) sampah plastik, gelas, dan logam adalah 100% meskipun pada kenyataannya kandungan bahan kering komponen-komponen ini tidaklah 100%, terutama pada musim hujan. Bagaimanapun, komponen-komponen tersebut tidak berkontribusi kepada pembentukan metana (nilai DOC komponen-komponen tersebut adalah 0), dengan demikian, penentuan kandungan bahan kering hanya diterapkan untuk komponen-komponen sampah berikut:
  - Sampah makanan
  - Kayu
  - Kebun dan taman
  - Kertas dan karton
  - Nappies
  - Kain dan produk tekstil
  - Karet dan kulit
- Berat sampel untuk penentuan kandungan bahan kering suatu komponen sampah adalah sekitar ± 5 kG yang diambil dari sampel penentuan komposisi sampah dengan cara pengurangan berat sampel. Pengurangan berat sampel untuk masing-masing komponen sampah dilakukan dengan pendekatan “quartering” , yaitu dengan cara:

- ambil seluruh sampel komponen sampah tertentu (misal sampah makanan atau yang lainnya) dari sampel yang digunakan pada penentuan komposisi sampah;
- aduk sampel komponen sampah hingga tercampur rata, jika ada sampel yang berukuran besar maka sampel tersebut harus dikecilkan/dipotong-potong kemudian campurkan kembali ke sampel semula;
- setelah teraduk rata bagi sampel tersebut menjadi empat bagian yang relatif sama (lihat Gambar 4.1), kemudian singkirkan dua bagian sampel yang terletak diagonal, sisa dua bagian lainnya dicampur satu sama lain dan diaduk hingga tercampur rata;
- ulangi prosedur pengecilan ukuran sampel dengan cara membaginya menjadi empat bagian dan menyingkirkan dua bagian yang terletak diagonal seperti yang dijelaskan sebelumnya sampai sampel yang tersisa adalah sekitar ± 5 kG (lihat Gambar 4.1).
-



Gambar L.2.5 Ilustrasi Prosedur Pengurangan Ukuran Sampel.

Gambar L.2.6. Sampel @ ± 5 kG yang Dibawa ke Laboratorium.

2.4 Metode Penentuan Kandungan Bahan Kering

- Penentuan bahan kering dilaksanakan di laboratorium yang memiliki *dry oven* yang dapat mencapai temperatur pengeringan sekitar 110°C.
- Temperatur pengeringan adalah 105-110°C. Pengeringanpada temperatur lebih rendah, contoh 85°C, untuk menghindari dekomposisi dan karbonisasi dapat dilakukan namun akan memakan waktu yang lebih lama.
- 7 sampel (berhubungan dengan komponen yang memiliki DOC) @5 kG dibawa ke laboratorium menggunakan kantong sampel yang terpisah.
- Penentuan kandungan bahan kering suatu komponen sampah dilakukan dengan jalan penentuan kandungan air dari sampah tersebut. Kandungan bahan kering dihitung dengan persamaan berikut:

  Kandungan bahan kering (%-berat) = 100% - kandungan air (%-berat)

  Kandungan air = berat air dalam sampah/berat basah sampah

  Berat air dalam sampah = berat sampah basah – berat sampah kering
- Penentuan kandungan air dilakukan dengan pendekatan 'gravimetry'
- Prosedur penentuan kandungan bahan kering untuk suatu komponen adalah
  - Siapkan 3 cawan/tray/*plates* sampel dan keringkan dalam oven pada temperatur 105 – 110 ^{o}C untuk menghilangkan kandungan air dari cawan/*plates*/*dishes*.

- Timbang cawan/tray/*plates* dalam keadaan dingin (simpan dalam *desiccator*)
- Pengeringan dan penimbangan dilakukan hingga diperoleh berat yang stabil, catat berat cawan/tray/*plates* kosong tersebut (A gram)
- Dari sampel ±5 kG, ambil sekitar ±1 kG dengan metode "quartering"
- Selanjutnya sampel ±1 kG dibagi menjadi tiga bagian yang relatif sama beratnya dan letakkan masing-masing bagian pada cawan sampel yang telah kering dan ditimbang beratnya
- Timbang cawan berisi sampel tersebut dan catat beratnya (B gram)
- Masukkan cawan berisi sampel ke dalam oven pada temperatur 105 – 110 ^{o}C selama 2 (dua) jam untukmenghilangkan kandungan air. Pengeringan pada temperatur lebih rendah, contoh 85°C, untuk menghindari dekomposisi dan karbonisasi dapat dilakukan namun akan memakan waktu yang lebih lama.
- Setelah 2 jam keluarkan cawan berisi sampel dan masukkan ke dalam *desiccator* hingga dingin, kemudian timbang berat cawan berisi sampel.
- Masukkan kembali cawan berisi sampel ke dalam oven pada temperatur 105 – 110 ^{o}C selama 1 jam, kemudian keluarkan, dinginkan dalam *desiccator*, dan timbang.
- Jika berat cawan belum konstan, ulangi prosedur pengeringan tersebut di atas (selama 1 jam) hingga berat cawan berisi sampel konstan.
- Catat berat akhir cawan berisi sampel kering (C gram)
- Kandungan air dalam suatu komponen sampah dihitung dengan persamaan:

  % kandungan air = (B – C) / (B – A) x 100%
- Kandungan bahan kering dalam suatu komponen sampah dihitung dengan persamaan: **Kandungan bahan kering = (100% - % kandungan air)**

Gambar L.2.7. Ilustrasi Penimbangan Berat Basah dan Berat Kering Sampel

- Terapkan prosedur penentuan kandungan bahan kering tersebut di atas untuk masing-masing komponen sampah.

2.5 Peralatan Penentuan Kandungan Bahan Kering

Peralatan untuk penentuan kandungan bahan kering di laboratorium diperlihatkan pada Tabel 4.1. Operator pelaksana di laboratorium harus mengenakan perlengkapan pelindung diri sesuai untuk pekerjaan tersebut sebagaimana disampaikan pada gambar berikut.

Peralatan	Ukuran / Spesifikasi	Keterangan	Jumlah
Cutter / gunting		Pengecilan ukuran	1 atau lebih
Oven	Mampu mencapai temperatur ±110 °C	Pengeringan	1
		*3 sampel untuk komponen yang sama harus diuji bersama secara simultan (triplo)	
Cawan/tray sampel	kapasitas ± 0.3 - 0.5 kg sampel	Pengeringan	3 atau lebih*
Timbangan analitik	Kapasitas 1 kg	Penimbangan	1
Desiccator	Besar	Stabilisasi berat	1 (minimal)
Klem kayu		Memegang cawan/tray panas	2 atau lebih

Gambar L.2.7. Peralatan Survey Kandungan Bahan Kering

2.6 Personil

Dalam kegiatan reguler, personil pelaksana penentuan kandungan bahan kering adalah analis kimia dengan supervisi oleh staf dari BLH Provinsiatau Kabupaten/Kota. Sebelum pelaksanaan kegiatan tersebut personil pelaksana perlu mendapatkan pelatihan terlebih dahulu.

Penentuan kandungan bahan kering dilakukan di laboratorium uji dengan personil sebanyak minimum 2 orang, untuk mencegah terjadinya kesalahan akibat kelelahan dan kelalaian pekerja/laboran.

Gambar L.2.8. Perlengkapan Pelindung Personil di Laboratorium

2.7 Pelaporan

Hasil penentuan kandungan bahan kering dilaporkan dalam bentuk tabel. Data mentah untuk penentuan komposisi sampah harus disertakan sebagai lampiran laporan.

Tabel L.2.5 Contoh Tabel Pelaporan Kandungan Bahan Kering

Komponen Sampah	% Kandungan Bahan Kering
(1). Makanan	58.82
(2). Kayu	-
(3). Sampah Kebun dan Taman	59.56
(4). Kertas + karton	58
(5). Nappies	35
(6). Kain dan Produk Tekstil	65
(7). Karet dan Kulit	85.62
(8). Plastik	71.17
(9). Logam	98.97
(10). Gelas	84.07
(11) Lain-lain (inert)	91.48

2.8 Penentuan Bulk Doc Komponen Sampah yang ditimbun di TPA

Contoh perhitungan nilai DOC *bulk* berdasarkan data hasil survey komposisi (W_i, fraksi komponen) dan kandungan bahan kering (dm, *dry matter content*). Namun, di Indonesia belum terdapat DOC_i basis berat kering.

Pada dasarnya, DOC_i dapat ditentukan melalui *ultimate analysis* (*dry base*) komponen elementer C, H, N, O, S, dan abu. Apabila *ultimate analysis* untuk komponen elementer belum dilakukan, maka angka DOC_i yang dibutuhkan dapat merujuk nilai *default* IPCC 2006 GL (Tabel L.2.7). Tabel L.2.8. berikut ini menampilkan contoh perhitungan *DOC bulk*.

Tabel L.2.7. Angka Default DOCi Masing-Masing Komponen Sampah [IPCC 2006 GL]

MSW component	Dry matter content in % of wet weight [1]	DOC content in % of wet waste		DOC content in % of dry waste		Total carbon content in % of dry weight		Fossil carbon fraction in % of total carbon	
	Default	Default	Range	Default	Range [2]	Default	Range	Default	Range
Paper/cardboard	90	40	36 - 45	44	40 - 50	46	42 - 50	1	0 - 5
Textiles [3]	80	24	20 - 40	30	25 - 50	50	25 - 50	20	0 - 50
Food waste	40	15	8 - 20	38	20 - 50	38	20 - 50	-	-
Wood	85 [4]	43	39 - 46	50	46 - 54	50	46 - 54	-	-
Garden and Park waste	40	20	18 - 22	49	45 - 55	49	45 - 55	0	0
Nappies	40	24	18 - 32	60	44 - 80	70	54 - 90	10	10
Rubber and Leather	84	(39) [5]	(39) [5]	(47) [5]	(47) [5]	67	67	20	20
Plastics	100	-	-	-	-	75	67 - 85	100	95 - 100
Metal [6]	100	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Glass [6]	100	-	-	-	-	NA	NA	NA	NA
Other, inert waste	90	-	-	-	-	3	0 - 5	100	50 - 100

Tabel L.2.8. Contoh Perhitungan DOC *Bulk*

Komponen Sampah	A	B	C	D
	W i	dm	DOC i	DOC
	fraksi komponen	*dry matter content*	(dalam % berat kering)	D = A x B x C
(1). Makanan	33.31%	58.82%	38%	0.074
(2). Kayu	-	-	50%	
(3). Sampah Kebun dan Taman	24.20%	59.56%	49%	0.071
(4). Kertas + karton	13.56%	58.00%	44%	0.035
(5). Nappies	8.22%	35.00%	60%	0.017
(6). Kain dan Produk Tekstil	3.30%	65.00%	30%	0.006
(7). Karet dan Kulit	1.13%	85.62%	47%	0.005
(8). Plastik	12.71%	71.17%	0%	0.000
(9). Logam	0.38%	98.97%	0%	0.000
(10). Gelas	2.17%	84.07%	0%	0.000
(11). Lain-lain (inert)	1.04%	91.48%	0%	0.000
			Total = DOC *Bulk*	**0.208**

Lampiran 3.
Deskripsi Kategori Emisi Gas Rumah Kaca Pengelolaan Limbah

Lampiran 3. Deskripsi Kategori Emisi Gas Rumah Kaca KegiatanPengelolaan Limbah

Kode	Kategori	Cakupan Kategori
(1)	(2)	(3)
4	**WASTE**	
4 A	**Pembuangan Akhir Sampah Padat (*Solid Waste Disposal*)**	Metana dihasilkan dari dekomposisi mikroba secara anaerob bahan organik di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Padat. Karbondioksida (CO2) juga dihasilkan tetapi CO2 yang berasal dari biogenic atau sumber-sumber limbah organik dicakup dalam Sektor AFOLU. Emisi gas-gas halogen seharusnya dihitung dalam Sektor IPPU. Penyimpanan karbon dalam waktu yang lama di TPA dilaporkan sebagai suatu komponen informasi. Pembuangan Akhir Sampah Padat mencakup Sampah Padat Perkotaan (Municipal Solid Waste) dan Limbah Padat Industri (Industrial Solid Waste).
		a. <u>Sampah Padat Perkotaan (</u>Municipal Solid Waste), yang berasal dari Rumah Tangga, Taman dan Kebun, Bangunan Komersial, dan Pasar.
		<u>b. Limbah Padat Industri (</u>Industrial Solid Waste), yang dibagi ke dalam tiga kelompok:
		1. Limbah Industri Agro (Non-B3), *Sludges Waste Water Treatment* (Sludge WWT), *Hazardous Solid Waste* (Limbah Padat B3), dan *Chemical Wastes* (Limbah Kimia). Limbah Padat Industri Non-B3 mencakup cangkang Sawit, kulit singkong, kulit buah-buahan, kulit kelapa dari pabrik minyak kelapa
		2. *Clinical waste* (Limbah Rumah Sakit atau Apotek)
		3. *Other Wastes* (limbah-limbah padat lainnya)
4 A 1	**TPA yang dikelola atau sanitary landfill** (*Managed Waste Disposal Sites)*	Suatu TPA yang dikelola (sanitary landfill) harus memiliki penempatan sampah yang terkendali (sampah langsung ditempatkan pada area pembuangan khusus, pengendalian terhadap kegiatan pemulung dan kebakaran) serta mencakup paling tidak: bahan penutup, kompaksi mekanik, atau perataan limbah. Kategori ini dapat dibagi lagi menjadi aerobik dan anaerobik.
4 A 2	**Tempat Pembuangan Sampah Padat yang tidak dikelola atau open dumping** (*Unmanaged Waste Disposal Sites)*	TPA jenis ini merupakan TPA yang tidak termasuk pada kategori di atas (4 A 1) yaitu TPA yang dikelola. TPA kategori ini dapat dikelompokkan pada TPA yang dalam dan TPA yang dangkal (mengacu pada ketinggian permukaan air laut)
4 A 3	**Tempat Pembuangan Sampah Padat yang tidak dapat dikategorikan** *(Uncategorised Waste Disposal Sites)*	Emisi berasal dari tempat pembuangan sampah padat yang tidak dapat dikategorikan "dikelola" maupun "tidak dikelola". Mixture of above 4 A1 and 4 A2. Countries that do not have data on division of managed/ unmanaged may use this category.

Lampiran 3. Lanjutan

Kode	Kategori	Cakupan Kategori
(1)	(2)	(3)
4 B	**Pengolahan Limbah Padat secara Biologi** : (***Biological Treatment of Solid Waste***)	Pengkomposan limbah padat dan pengolahan secara biologi lainnya. Emisi dari fasilitas biogas (penguraian /dekomposisi secara anaerobik) yang menghasilkan energi harus dilaporkan pada Sektor Energi (1A4)
4 C	**Pembakaran Sampah dengan Insinerator dan secara Terbuka** (***Incineration and Open Burning of Waste***)	Pembakaran sampah melalui insinerator dan pembakaran sampah secara terbuka, namun tidak mencakup fasilitas pengubah sampah menjadi energi. Emisi dari sampah yang dibakar untuk menghasilkan energi dilaporkan pada Sektor Energi (1A). Emisi dari pembakaran limbah pertanian dilaporkan pada Sektor AFOLU (3C1). Seluruh GRK non-CO2 sebagaimana limbah fosil harus dilaporkan dalam kategori ini.
4 C 1	**Pembakaran Sampah melalui Insinerator** *(Waste Incineration)*	Pembakaran limbah padat atau sampah yang dilakukan di fasilitas insinerator yang dikendalikan. Di Indonesia, praktek insinerator hampir tidak ada. Pemerintah melarang pembakaran terbuka maupun insinerator melalui UU 18/2008.
4 C 2	**Pembakaran Sampah secara Terbuka** (*Open Burning of Waste)*	Pembakaran sampah yang dilakukan secara terbuka dimana emisinya langsung ke udara terbuka atau di tempat penimbunan sampah terbuka
4 D	**Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah** (**Waste water Treatment and Discharge)**	Metana dihasilkan dari dekomposisi anaerob dari bahan organik melalui bakteria di fasilitas pembuangan dan berasal dari proses makanan dan fasilitas industri lainnya selama pengolahan air limbah. N_2O juga dihasilkan oleh bakteri (denitrifikasi dan nitrifikasi) di pengolahan dan pembuangan air limbah.
4 D 1	**Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Rumah Tangga** (*Domestic Wastewater Treatment and Discharge)*	Pengolahan dan pembuangan limbah cair dan lumpur sludge dari rumah tangga dan sumber-sumber komersial (termasuk kotoran manusia) melalui: pengumpulan sistem pembuangan dan sistem pengolahan air limbah, pembuangan terbuka kotoran manusia atau langsung ke lingkungan, laguna anaerob, reaktor anaerob dan pembuangan ke dalam permukaan air. Sementara emisi dari lumpur sludge yang dibuang ke SDWS dilaporkan di bawah kategori 4A .
		Data berdasarkan: (1) kelompok pendapatan penduduk (*rural*, *urban low income*, *urban high income*); dan (2) tipe pengolahan atau jalur pembuangan limbah (septic tank, latrine = WC langsung ke sungai atau lingkungan, other, sewer, none); (3) Fraksi dari kelompok pendapatan penduduk; dan (4) derajat atau tingkat pemanfaatan (%)
4 D 2	**Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Industri** (*Industrial Wastewater Treatment and Discharge)*	Pengolahan dan pembuangan limbah cair dan sludge dari proses industri seperti pemrosesan makanan, tekstil, atau produksi pulp & paper. Pengolahan dan Pembuangan air limbah industri ini juga termasuk laguna anaerob, reaktor anaerob, dan pembuangan ke dalam permukaan air. Sementara pelepasan limbah cair industri ke dalam pembuangan limbah cair rumah tangga dilaporkan pada bagian 4D1 – *Domestic Wastewater Treatment and Discharge* .
		Lumpur limbah cair yang dapat dipisahkan (Kgram BOD/thn)
4 E	**Lainnya (*Other*)**	Pelepasan Gas-gas Rumah Kaca dari kegiatan penanganan limbah selain yang tercakup dalam kategori 4A hingga 4D.

Lampiran 4.
Tabel Pelaporan (*Common Reporting Format*) Hasil Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Kegiatan Penglolaan Limbah

Lampiran 1.1 Tabel Basis Data Kegiatan Pengelolaan Limbah (Waste)

Kategori		CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOC	SO2
		(Gg)						
4 A	**Pembuangan Akhir Sampah Padat (*Solid Waste Disposal*)**							
4 A 1	**TPA yang dikelola atau sanitary landfill** (*Managed Waste Disposal Sites)*							
4 A 2	**Tempat Pembuangan Sampah Padat yang tidak dikelola atau open dumping** (*Unmanaged Waste Disposal Sites)*							
4 A 3	**Tempat Pembuangan Sampah Padat yang tidak dapat dikategorikan** *(Uncategorised Waste Disposal Sites)*							
4 B	**Pengolahan Limbah Padat secara Biologi** : (***Biological Treatment of Solid Waste*)**							
4 C	**Pembakaran Sampah melalui Insinerator dan Pembakaran Sampah secara Terbuka (*Incineration and Open Burning of Waste*)**							
4 C 1	**Pembakaran Sampah melalui Insinerator** *(Waste Incineration)*							
4 C 2	**Pembakaran Sampah secara Terbuka** (*Open Burning of Waste)*							
4 D	**Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (Wastewater Treatment and Discharge)**							
4 D 1	**Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Rumah Tangga** (*Domestic Wastewater Treatment and Discharge)*							
4 D 2	**Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Industri** (*Industrial Wastewater Treatment and Discharge)*							
4 E	**Lainnya (*Other*)**							

Lampiran 1.2 Tabel Basis Data Kegiatan Pengelolaan Limbah (Waste): Emisi CO2, CH4, N2O

Kategori		Tipe data aktivitas	Unit	Faktor Emisi			Emisi		
				CO2	CH4	N2O	CO2	CH4	N2O
				(Gg/unit data aktivitas)			(Gg)		
4 A	**Pembuangan Akhir Sampah Padat** (***Solid Waste Disposal***)								
4 A 1	**TPA yang dikelola atau sanitary landfill** (*Managed Waste Disposal Sites)*								
4 A 2	**Tempat Pembuangan Sampah Padat yang tidak dikelola atau open dumping** (*Unmanaged Waste Disposal Sites)*								
4 A 3	**Tempat Pembuangan Sampah Padat yang tidak dapat dikategorikan** *(Uncategorised Waste Disposal Sites)*								
4 B	**Pengolahan Limbah Padat secara Biologi** : (***Biological Treatment of Solid Waste***)								
4 C	**Pembakaran Sampah melalui Insinerator dan Pembakaran Sampah secara Terbuka** (***Incineration and Open Burning of Waste***)								
4 C 1	**Pembakaran Sampah melalui Insinerator** *(Waste Incineration)*								
4 C 2	**Pembakaran Sampah secara Terbuka** (*Open Burning of Waste)*								
4 D	**Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (Wastewater Treatment and Discharge)**								
4 D 1	**Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Rumah Tangga** (*Domestic Wastewater Treatment and Discharge)*								
	Emisi CH4								
	Emisi N2O								

Lampiran 1.2 Lanjutan

Kategori		Tipe data aktivitas	Unit	Faktor Emisi			Emisi		
				CO2	CH4	N2O	CO2	CH4	N2O
				(Gg/unit data aktivitas)			(Gg)		
4 D 2	**Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Industri** (*Industrial Wastewater Treatment and Discharge)*								
	Emisi CH4								
	Emisi N2O								
4 E	**Lainnya (*Other*)**								

Lampiran 1.3 Tabel Basis Data Kegiatan Pengelolaan Limbah (Waste): Recoveri CH4

Kategori		Unit	CH4	
		Gg CH_4	Pembakaran (*Flared*)	Recoveri Energi
4 A	**Pembuangan Akhir Sampah Padat (*Solid Waste Disposal*)**			
4 B	**Pengolahan Limbah Padat secara Biologi** : (***Biological Treatment of Solid Waste***)			
4 D	**Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah (Wastewater Treatment and Discharge)**			
4 D 1	**Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Rumah Tangga** (*Domestic Wastewater Treatment and Discharge)*			
4 D 2	**Pengolahan dan Pembuangan Air Limbah Industri** (*Industrial Wastewater Treatment and Discharge)*			
4 E	**Lainnya (*Other*)**			

Lampiran 5.
Lembar Kerja (*Worksheet*)
Penghitungan Emisi GRK
Pengelolaan Limbah

Lampiran 5.1 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4A-Penimbunan Limbah Padat untuk Memperkirakan Faktor DOC

	Sektor	**Limbah**	
	Kategori	**Penimbunan Limbah Padat (*Solid Waste Disposal*)**	
	Kode Kategori	**4A**	
	Lembar	**1 dari 2 Memperkirakan Faktor DOC (*Degradable Organic Carbon*)**	
	A	B	C
Jenis Sampah	W i	DOC i	DOC
		(Gg C/Gg sampah)	
			C = A x B
Sisa Makanan			
Kertas/Kardus			
Kayu			
Tekstil			
Karet/Kulit			
Plastik			
Logam			
Gelas			
Lainnya			
TOTAL			

Lampiran 5.2 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4A-Penimbunan Limbah Padat untuk mengestimasi Emisi CH_4 dari TPA

Sektor		**Limbah**										
Kategori		**Penimbunan Limbah Padat (*Solid Waste Disposal*)**										
Kode Kategori		**4A**										
Lembar		**1 dari 2 Mengestimasi Emisi CH_4 dari TPA**										
		A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*	*I*	*J*	*K*
Type of Site	***City***	*Total*	*DOC*	*DOC f*	*Methane Correction Factor*	*DDOCmd*	*F (fraction of CH4 by volume, in generated landfill gas)*	*Conversion Ratio (16/12)*	*CH4 Generated*	*CH4 Recovered (R)*	*Oxidation*	*CH4*
		Annual									*Factor (Ox)*	*emitted*
		MSW										
		Disposed										
		to SWDSs										
		(Gg MSW)				*(Gg)*				*(Gg)*		*(Gg)*
						E = A x B x C x D			*H = E x F x G*			*J = (H - I) x (1 -J)*
Managed-anaerobic												
Managed-semi-aerobic												
Unmanaged-deep (> 5 m waste) and/or high water table												
Unmanaged - shallow (< 5 m waste)												
Uncategorised SWDS												

Lampiran 5.3 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4B-Pengolahan Limbah Padat secara Biologi (Pengomposan, Anaerobik Digester) untuk mengestimasi Emisi CH_4 dari Pengolahan Limbah Padat secara Biologi

Sektor		**Limbah**				
Kategori		**Pengolahan Limbah Padat secara Biologi (Pengomposan, Anaerobik Digester)**				
Kode Kategori		**4B**				
Lembar		**1 dari 1 Estimasi emisi CH_4 dari Pengolahan limbah Padat Secara Biologi**				
		STEP 1	**STEP 2**		**STEP 3**	
		A	B	C	D	E
Sistem Pengola-han secara Biologi	**Kategori sampah dan nama daerah**	Jumlah total sampah yg diolah secara biologi dlm satu tahun	Faktor emisi	Gas metana yg dihasilkan selama setahun (Gross)	Gas metana yg direkoveri/ flare dlm setahun	Gas metana yg dihasilkan selama setahun (Net)
		(Gg)	(g CH_4/kg sampah yg diolah)	(Gg CH_4)	(Gg CH_4)	(Gg CH_4)
				C= (A x B) x10^{-3}		E = (C - D)
Pengom-posan	Limbah Padat Domestik					
Anaerobik digester pada fasilitas biogas						
					Total	**0**

Lampiran 5.4 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4B-Pengolahan Limbah Padat secara Biologi (Pengomposan, Anaerobik Digester) untuk mengestimasi Emisi N_2O dari Pengolahan Limbah Padat secara Biologi

Sektor		**Limbah**		
Kategori		**Pengolahan Limbah Padat secara Biologi (Pengomposan, Anaerobik Digester)**		
Kode Kategori		**4B**		
Lembar		**1 dari 1 Estimasi emisi N2O dari Pengolahan Limbah Padat Secara Biologi**		
		STEP 1	**STEP 2**	
		A	B	C
Sistem Pengolahan secara Biologi	**Kategori sampah dan nama daerah**	Jumlah total sampah yg diolah secara biologi dlm satu tahun	Faktor emisi	Emisi N2O dlm satu tahun (Net)
		(Gg)	(g N_2O/kg sampah yg diolah)	(Gg N_2O)
				C = A x B x (10^(-3))
Pengomposan	Limbah Padat Domestik			
Anaerobik digester pada fasilitas biogas				
			diasumsikan diabaikan	
Total				**0,000**

Lampiran 5.5 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4C – 1 - Insinerasi dan Pembakaran Terbuka untuk mengestimasi emisi CO2 dari Insinerasi Sampah

Sektor		**Limbah**						
Kategori		**Insinerasi dan Pembakaran Terbuka**						
Kode Kategori		**4C1**						
Lembar		**1 dari 1 Estimasi emisi CO_2 dari Insinerasi Sampah**						
		A	B	C	D	E	F	G
Jenis Sampah		Jumlah Total Sampah yg diinsine-rasi (berat basah)	Fraksi materi kering	Fraksi karbon dlm materi kering	Fraksi fosil karbon dlm total karbon	Faktor oksidasi	Faktor kon-versi	Emisi CO2 Fosil
			Dm	CF	FCF	OF		
		(Gg Waste)	(fraksi)	(fraksi)	(fraksi)	(fraksi)	44/12	(Gg CO_2)
								G= A x B x C x D x E x F
Limbah Domestik Perkotaan[4,5]								
Komposisi	Fraksi							
Sisa Makanan								
Kertas/Kar-dus								
Kayu								
Tekstil								
Karet/Kulit								
Plastik								
Logam								
Gelas								
Lainnya								
Limbah padat industri								
Limbah B3								
Limbah Rumah Sakit								
Lumpur dari IPAL								
Lainnya								

Lampiran 5.6 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4C – 1 - Insinerasi dan Pembakaran Terbuka untuk mengestimasi emisi CO_2 dari Insinerasi Limbah Likuid Fosil

Sektor	**Limbah**				
Kategori	**Insinerasi dan Pembakaran Terbuka**				
Kode Kategori	**4C1**				
Lembar	**1 dari 1 Estimasi Emisi CO2 dari Insinerasi Limbah Likuid Fosil**				
Jenis limbah	A	B	C	D	E
	Jumlah total limbah likuid fosil yang diinsenerasi (berat) Gg limbah	Fraksi karbon fosill dalam limbah likuid fosil CL (fraksi)	Faktor oksidasi untuk limbah likuid fosil jenis i OF (fraksi)	Faktor konversi 44/12	Emisi CO_2 fosil (Gg CO_2)
					E= A x B x C x D
Pelumas/Lubricants					
Pelarut/Solvents					
Limbah oli/Waste oil					
Lainnya					
				Total	

Lampiran 5.7 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4C – 1 - Insinerasi dan Pembakaran Terbuka untuk mengestimasi Emisi CH4 dari Insinerasi Sampah

Sektor	**Limbah**		
Kategori	**Insenerasi dan Pembakaran Terbuka**		
Kode Kategori	**4C1**		
Lembar	**1 dari 1 Estimasi CH4 dari Insinerasi Sampah**		
Jenis limbah	A	B	C
	Jumlah limbah yang diinsinerasi (berat basah) (Gg sampah)	Faktor emisi gas metana (kg CH_4/Gg sampah basah)	Emisi gas metana (Gg CH_4)
			C= A x B x 10^{-6} [2]
Limbah padat domestik			
Limbah industri			
Limbah B3			
Limbah rumah sakit			
Limbah lumpur dari IPAL			
Lainnya			
		Total	

Lampiran 5.8 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4C – 1 - Insinerasi dan Pembakaran Terbuka untuk mengestimasi emisi N_2O dari Insinerasi Sampah

Sektor	**Limbah**		
Kategori	**Insinerasi dan Pembakaran Terbuka**		
Kode Kategori	**4C1**		
Lembar	**1 dari 1 Estimasi N2O dari Insinerasi Sampah**		
Jenis limbah	A	B	C
	Jumlah total limbah yang diinsenerasi (berat basah) (Gg limbah)	Faktor emisi N2O (kg N_2O/Gg limbah basah)	Emisi N2O (Gg N_2O)
			C= A x B x 10^{-6} [2]
Limbah padat domestik			
Limbah industri			
Limbah B3			
Limbah rumah sakit			
Limbah lumpur dari IPAL			
Lainnya			
		Total	

Lampiran 5.9 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4C – 1 - Insinerasi dan Pembakaran Terbuka untuk mengestimasi Jumlah Sampah Dibakar Terbuka

Sektor	**Limbah**					
Kategori	**Insenerasi dan Pembakaran Terbuka**					
Kode Kategori	**4C1**					
Lembar	**1 dari 1 Estimasi Jumlah Sampah Dibakar Terbuka**					
STEP 1						
	A	B	C	D	E	F
Kota/ Kabupaten	Penduduk	Fraksi penduduk yg membakar sampah	Timbulan sampah perkapita	Fraksi jumlah sampah yg terbakar dari total sampah yg dibakar, jika terbakar semua fraksinya = 1	Jumlah hari dlm setahun 365	Jumlah total sampah yg dibakar terbuka
	P	P_{frac}	MSW_P	B_{frac}		MSWB
	(orang)	(fraksi)	(kg sampah/ orang/ hari)	(fraksi)	(day)	(Gg/yr)
						F = A x B x C x D x E
					Total	**-**

Lampiran 5.10 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4C – 2 - Insinerasi dan Pembakaran Terbuka untuk mengestimasi emisi CO_2 dari Pembakaran Terbuka

Sektor	**Limbah**
Kategori	**Insinerasi dan Pembakaran Terbuka**
Kode Kategori	**4C2**
Lembar	**1 dari 1 Estimasi Emisi CO_2 dari Pembakaran Terbuka**

STEP 1		**STEP 2**						
		F	G	H	I	J	K	L
Jenis Sampah		Jumlah sampah yg dibakar terbuka (berat basah) (Gg sampah)	Fraksi materi kering Dm (fraction)	Fraksi karbon dlm materi kering CF (fraction)	Fraksi fosil karbon dlm total karbon FCF (fraction)	Faktor oksidasi OF (fraction)	Faktor konversi 44/12	Emisi CO_2 Fosil (Gg CO_2)
		F = (A x B x C x D) [4]						L= F x G x H x I x J x K
Limbah Padat Domestik								
Kompo-sisi	Sisa Makanan							
	Kertas/ Kardus							
	Kayu							
	Tekstil							
	Karet/ Kulit							
	Plastik							
	Logam							
	Gelas							
	Lainnya							
Lainnya								
							Total	

Lampiran 5.11 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4C – 2 - Insinerasi dan Pembakaran Terbuka untuk mengestimasi emisi CH_4 dari Pembakaran Terbuka

Sektor	**Limbah**		
Kategori	**Insinerasi dan Pembakaran Terbuka**		
Kode Kategori	**4C2**		
Lembar	**1 dari 1 Estimasi Emisi CH_4 dari Pembakaran Terbuka**		
Jenis sampah	F	G	H
	Jumlah total sampah yg dibakar terbuka (berat basah) (Gg sampah)	Faktor emisi gas metana (kg CH_4/Gg berat basah)	Emisi gas metana (Gg CH_4)
			H= F x G x 10^{-6}
Limbah padat domestik	0		
Lainnya			
		Total	
Catatan: Faktor emisi gas metana = 6500 g/ton sampah berat basah			

Lampiran 5.12 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4C – 2 - Insinerasi dan Pembakaran Terbuka untuk mengestimasi emisi N_2O dari Pembakaran Terbuka

Sektor	**Limbah**		
Kategori	**Insinerasi dan Pembakaran Terbuka**		
Kode Kategori	**4C2**		
Lembar	**1 dari 1 Estimasi Emisi N2O dari Pembakaran Terbuka**		
Jenis Sampah	F	G	H
	Jumlah total sampah yg dibakar terbuka (berat basah) (Gg sampah)	Faktor emisi N_2O (kg N_2O/Gg sampah kering)	Emisi N_2O (Gg N_2O)
			H= F x G x 10^{-6}
Municipal Solid Waste	0		
Other (specify)			
		Total	
Catatan: Faktor emisi N2O = 0,15 g N2O/kg materi kering			

Lampiran 5.13 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4D –1 - IPAL Domestik untuk mengestimasi Materi yang Terdegradasi Secara Organik di IPAL Domestik

Sektor	**Limbah**			
Kategori	**IPAL domestik**			
Kode Kategori	**4D1**			
Lembar	**1 dari 3 Estimasi Materi yang Terdegradasi secara Organik di IPAL Domestik**			
STEP 1				
Kota/ Kabupaten	A	B	C	D
	Penduduk (P) orang	Komponen organik terdegradasi (BOD) (kg BOD/orang.tahun)	Faktor koreksi untuk BOD industri yang masuk ke IPAL domestik, jika masuk = 1,25 jika tidak =1. (I)	Materi organik terdegradasi di dalam IPAL (TOW) (kg BOD/tahun)
				D = A x B x C
			Total	
Catatan: g BOD/orang.hari x 0.001 x 365 = kg BOD/orang.tahun Komponen organik terdegradasi = 40 g/orang.hari				

Lampiran 5.14 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4D –1 - IPAL Domestik untuk mengestimasi Faktor Emisi CH_4 untuk IPAL Domestik

Sektor	**Limbah**		
Kategori	**IPAL domestik**		
Kode Kategori	**4D1**		
Lembar	**2 dari 3 Estimasi Faktor Emisi CH4 untuk IPAL domestik**		
STEP 2			
Jenis pengolahan	A Kapasitas produksi CH4 maksimum (B_0) (kg CH_4/kgBOD)	B Faktor koreksi gas metana untuk tiap sistem pengolahan (MCF_j)	C Faktor emisi (EF_j) (kg CH_4/kg BOD) C = A x B
Sistem tidak terolah			
Dibuang ke laut, sungai dan danau			
Saluran (sewer) yang stagnan			
Sewer yang mengalir (saluran terbuka atau tertutup)			
Sistem terolah			
IPAL aerob terpusat			
IPAL aerob terpusat (tidak dikelola baik)			
Anaerobik digester untuk pengolahan lumpur			
Laguna (lagoon) anaerob dangkal			
Laguna (lagoon) anaerob dalam			
Sistem septik (tangki septik)			
Latrine/cubluk (iklim kering, muka air tanah lebih rendah dari latrine, keluarga kecil 3-5 orang)			
Latrine/cubluk (iklim kering, muka air tanah lebih rendah dari latrine, komunal)			
Latrine/cubluk (iklim basah/menggunakan air bilasan, muka air tanah lebih tinggi dari latrine)			
Latrine/cubluk (pemanfaatan sedimen untuk pupuk secara reguler)			

Lampiran 5.15 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4D –1 - IPAL Domestik untuk mengestimasi Faktor Emisi CH_4 dari Limbah Cair Domestik

Sektor		**Limbah**							
Kategori		**IPAL domestik**							
Kode Kategori		**4D1**							
Lembar		**3 dari 3 Estimasi Emisi CH_4 dari Limbah Cair Domestik**							
STEP 3									
		A	B	C	D	E	F	G	H
Grup income	**Jenis pengo-lahan**	Fraksi grup income	Tingkat penggunaan	Faktor emisi	Materi organik terdegradasi di limbah cair	Lumpur yang diambil (sludge removed)	Gas metana yang direkoveri dan dibakar	Emisi gas metana (Net)	Emisi gas metana (Net)
		(U_i)	(T_{ij})	(EF_j)	(TOW)	(S)	(R)	(CH_4)	(CH_4)
		(fraksi)	(fraksi)	(kg CH_4/kg BOD)	(kg BOD/ tahun)	(kg BOD/ tahun)	(kg CH_4/ tahun)	(kg CH_4/yr)	(Gg CH_4/yr)
				Lembar 2 dari 3	Lembar 1 dari 3			G = [(A x B x C) x (D -E)] - F	
Pedesa-an	Tangki septik								
	Latrine / cubluk								
	Lainnya								
	Saluran / Sewer								
	Laut, sungai, dll								
Perkotaan penda-patan tinggi	Tangki septik								
	Latrine / cubluk								
	Lainnya								
	Saluran / Sewer								
	Laut, sungai, dll								
Perkotaan penda-patan rendah	Tangki septik								
	Latrine / cubluk								
	Lainnya								
	Saluran / Sewer								
	Laut, sungai, dll								
							Total		

Lampiran 5.16 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4D –1 - IPAL Domestik untuk mengestimasi Nitrogen di Effluent

Sektor	**Limbah**						
Kategori	**IPAL Domestik**						
Kode Kategori	**4D1**						
Lembar	**1 dari 2 Estimasi Nitrogen di Effluen**						
	A	B	C	D	E	F	H
	Pendu-duk (P)	Konsumsi (Protein)	Fraction of nitrogen in protein (F_{NPR})	Fraction of non-consumption protein ($F_{NON-CON}$)	Fraction of industrial and commercial co-discharged protein ($F_{IND-COM}$)	Nitrogen removed with sludge (default is zero) (N_{SLUDGE})	Total nitrogen in effluent ($N_{EFFLUENT}$)
units	(people)	(kg/person/year)	(kg N/kg protein)	(-)	(-)	(kg)	kg N/year)
							H = (A x B x C x D x E) – F
Tier 1 IPCC							
						Total	

Lampiran 5.17 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4D –1 - IPAL Domestik untuk mengestimasi Faktor Emisi dan Emisi Tidak Langsung N_2O dari Limbah Cair

Sektor	**Limbah**					
Kategori	**IPAL domestik**					
Kode Kategori	**4D1**					
Lembar	**2 dari 2 Estimasi faktor emisi dan emisi tidak langsung N_2O dari limbah cair**					
	A	B	C	D	E	
	Nitrogen di effluen ($N_{EFFLUENT}$) (kg N/tahun)	Faktor emisi (kg N_2O-N/kg N)	Faktor konversi kg N_2O-N menjadi kg N_2O 44/28	Emisi dari IPAL (default = nol) (kg N_2O-N/tahun)	Total emisi N_2O (kg N_2O-N/tahun)	(Gg N_2O-N/tahun)
					E= A x B x C – D	
	0,000	0,005	1,571	0,000	0,000	**0**

Lampiran 5.18 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4D –2 - *Industrial Wastewater Treatment and Discharge* untuk TOW (*Total Organic Degradable Material in Wastewater*) setiap Sektor Industri (Lembar 1)

Sektor	**Waste**			
Kategori	***Industrial Wastewater Treatment and Discharge***			
Kode Kategori	**4D2**			
Lembar	**1 of 3** ***Total Organic Degradable Material in wastewater for each industry sector***			
STEP 1				
	A	B	C	D
Industry Sectors	Total industry product (P_i) (t $_{product}$/yr)	Wastewater generated (W_i) (m^3/t $_{product}$)	Chemical Oxygen Demand (COD_i) (kgCOD/m^3)	Total organic degradable material in wastewater for each industry sector (TOW_i) (kgCOD/yr)
				D = A x B x C
Alcohol refining				
Beer & Malt				
Coffee				
Dairy Products				
Fish Processing				
Meat & Poultry				
Organic Chemicals				
Petroleum Refineries				
Plastics & Resins				
Pulp & Paper (combined)				
Soap & Detergents				
Starch Production				
Sugar Refining				
CPO Mills				
Vegetable, Fruits & Juices				
Wine & Vinegar				
			Total	

Lampiran 5.19 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4D –2 - Industrial Wastewater Treatment and Discharge untuk mengestimasi Faktor Emisi CH4 dari Limbah Cair Industri (Lembar 2)

Sektor	**Waste**		
Kategori	**Industrial Wastewater Treatment and Discharge**		
Kode Kategori	**4D2**		
Lembar	**2 of 3 Estimation of CH_4 emission factor for Industrial Wastewater**		
STEP 2			
	A	B	C
Type of treatment or discharge	*Maximum Methane Producing Capacity* *(B_0)* *(kg CH_4/kg COD)*	*Methane Correction Factor for the Treatment System* *(MCF_j)* *(-)*	*Emission Factor* *(EF_j)* *(kg CH_4/kg BOD)*
			C = A x B
Untreated			
Sea, river, and lake discharge			
Treated			
Anaerobic treatment plant			
Aerobic treatment plant			
Anaerobic digester for sludge			
Anaerobic reactor (e.g. UASB, Fixed Film Reactor)			
Anaerobic shallow lagoon			
Anaerobic deep lagoon			

Lampiran 5.20 Lembar Kerja/Worksheet Penghitungan Emisi GRK Kategori 4D –2 - Industrial Wastewater Treatment and Discharge untuk mengestimasi Faktor Emisi CH4 dari Limbah Cair Industri (Lembar 3)

Sektor	**Waste**						
Kategori	**Industrial Wastewater Treatment and Discharge**						
Kode Kategori	**4D2**						
Lembar	**3 of 3 Estimation of CH_4 emissions from Industrial Wastewater**						
STEP 3							
		A	B	C	D	E	
Industrial sector	*Type of treatment or discharge pathway*	*Total organic degradable material in wastewater for each industry sector*	*Sludge removed in each industry sector*	*Emission factor for each treatment system*	*Recovered CH_4 in each industry sector*	*Net methane emissions*	
		(TOW_i)	*(S_i)*	*(EF_i)*	*(R_i)*	*(CH_4)*	*(CH_4)*
Units		*(kg COD/yr)*	*(kg COD/yr)*	*(kg CH_4/kgCOD)*	*(kg CH_4/yr)*	*(kg CH_4/yr)*	*(kg CH_4/yr)*
		Sheet 1 of 3		*Sheet 2 of 3*		*E = [(A – B) x C] – D*	
Alcohol refining	*Anaerobic shallow lagoon*						-
Beer & Malt	*Aerobic treatment plant*						-
Coffee	*Aerobic treatment plant*						-
Dairy Products	*Anaero-bic shallow lagoon*						-
Fish Processing	*Aerobic treat-ment plant*						-
Meat & Poultry	*Aerobic treat-ment plant*						-
Organic Chemicals	*Aerobic treat-ment*						-

Sektor	**Waste**						
Kategori	**Industrial Wastewater Treatment and Discharge**						
Kode Kategori	**4D2**						
Lembar	**3 of 3 Estimation of CH_4 emissions from Industrial Wastewater**						
STEP 3							
		A	B	C	D	E	
Industrial sector	*Type of treatment or discharge pathway*	*Total organic degradable material in wastewater for each industry sector*	*Sludge removed in each industry sector*	*Emission factor for each treatment system*	*Recovered CH_4 in each industry sector*	*Net methane emissions*	
		(TOW_i)	*(S_i)*	*(EF_i)*	*(R_i)*	*(CH_4)*	*(CH_4)*
Units		*(kg COD/yr)*	*(kg COD/yr)*	*(kg CH_4/kgCOD)*	*(kg CH_4/yr)*	*(kg CH_4/yr)*	*(kg CH_4/yr)*
		Sheet 1 of 3		*Sheet 2 of 3*		*E = [(A – B) x C] – D*	
	plant						
Petroleum Refineries	*Aerobic treat-ment plant*						-
Plastics & Resins	*Aerobic treat-ment plant*						-
Pulp & Paper (combined)	*Aerobic treat-ment plant*						-
Soap & Detergents	*Aerobic treat-ment plant*						-
Starch Production	*Anaero-bic shallow lagoon*						-
Sugar Refining	*Anaero-bic shallow lagoon*						-
CPO Mills	*Anaero-bic shallow lagoon*						-
Vegetable, Fruits &	*Anaero-bic*	-					-

Sektor	**Waste**						
Kategori	**Industrial Wastewater Treatment and Discharge**						
Kode Kategori	**4D2**						
Lembar	**3 of 3 Estimation of CH_4 emissions from Industrial Wastewater**						
STEP 3							
		A	B	C	D	E	
Industrial sector	*Type of treatment or discharge pathway*	*Total organic degradable material in wastewater for each industry sector*	*Sludge removed in each industry sector*	*Emission factor for each treatment system*	*Recovered CH_4 in each industry sector*	*Net methane emissions*	
		(TOW_i)	*(S_i)*	*(EF_i)*	*(R_i)*	*(CH_4)*	*(CH_4)*
Units		*(kg COD/yr)*	*(kg COD/yr)*	*(kg CH_4/kgCOD)*	*(kg CH_4/yr)*	*(kg CH_4/yr)*	*(kg CH_4/yr)*
		Sheet 1 of 3		*Sheet 2 of 3*		*E = [(A – B) x C] – D*	
Juices	*shallow lagoon*						
Wine & Vinegar	*Aerobic treat-ment plant*	-					-
					Total		