

Setyo Prabowo, Pranoto, Sri Budiastuti. (2019). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Tempat Pemrosesan akhir (TPA) di Jawa Tengah. *Jurnal Bioeksperimen*. Vol. 5 (1) Pp. 21-33. Doi: 10.23917/bioeksperimen.v5i1.2795

ESTIMASI EMISI GAS RUMAH KACA YANG DIHASILKAN DARI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR (TPA) DI JAWA TENGAH

Setyo Prabowo¹; Pranoto²; Sri Budiastuti³

¹Pascasarjana Ilmu Lingkungan

²Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

³Pascasarjana Ilmu Lingkungan

Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta 57126

Email : prabowiblh@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini perhitungan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada sektor limbah padat domestik. Tujuan perhitungan ini adalah untuk memprediksi proyeksi emisi tanpa tindakan apa pun untuk mengurangi GRK, dan untuk menentukan target dan rencana aksi untuk menurunkan tingkat emisi pada 2010-2020. Perhitungan limbah padat domestik GRK ini didasarkan pada metode yang dikembangkan oleh IPCC pada tahun 2006. Salah satu faktor limbah padat yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi GRK adalah landfill. Provinsi Jawa Tengah terdiri dari 35 kota / wilayah yang memiliki 57 tempat pembuangan sampah dengan kontrol landfill dan tipe open dumping. Komposisi TPA di Jawa Tengah adalah 9 TPA kontrol dan 48 Dumping Terbuka. Jenis limbah manajemen di TPA mendistribusikan perbedaan tingkat emisi. Pada 2010-2020 tingkat emisi yang dihasilkan oleh tipe kontrol TPA adalah 117,99 Gg CO₂ e dan dengan pembuangan terbuka adalah 1948,18 Gg CO₂ e. Hasil penelitian menyatakan bahwa mitigasi kemampuan pemerintah kota / daerah untuk menurunkan tingkat emisi pada pengembangan landfill pada tipe landfill kontrol adalah 9,35%, sehingga untuk mengurangi tingkat emisi melalui limbah padat minimal dari sumber dengan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) tindakan dan teknologi.

Kata kunci: Limbah Padat, TPA, GRK

Abstract

In this research Green House Gas (GHG) emission calculation on domestic solid waste sector. The purpose of this calculation is to predict emission projection without any action to reduce GHG, and to determine the target and action plan to decrease emission level at 2010-2020. This GHG domestic solid waste calculation base on an method which is develop by IPCC at 2006. One of many solid waste factor that contribute on the increase of emission GHG level is landfills. Central Java province consist of 35 city/region have 57 landfills with control landfill and open dumping type. The composition of landfills in Central Java is 9 Control landfill and 48 Open Dumping. The management waste type on landfill distribute difference level of emission. At 2010-2020 the emission level that produce by control landfill type is 117,99 Gg CO₂e and by open dumping is 1948.18 Gg CO₂e. Base on result of this research, the capability mitigation action of city/region government to decrease emission level on landfills development at control landfill type is 9.35%, so to decrease emission level trough solid waste minimize from the source with 3R (Reduce, Reuse, Recycle) action and technology.

Keywords: Solid Waste, Landfill, GHG

Pendahuluan

Wilayah Provinsi Jawa Tengah berada pada 5°40' - 8°30' Lintang Selatan dan 108°30' - 111°30' Bujur Timur. Secara administratif wilayah Provinsi Jawa Tengah berbatasan dengan Samudera Hindia dan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta di sebelah selatan; Provinsi Jawa Barat di sebelah barat; Provinsi Jawa Timur di sebelah timur, dan Laut

Jawa di sebelah utara. Provinsi Jawa Tengah terbagi menjadi 29 kabupaten dan 6 kota, dan terdiri dari 573 kecamatan yang meliputi 7810 desa dan 767 kelurahan dengan luas wilayah sebesar 3,254,412 Ha atau 25.04% dari luas Pulau Jawa. Pertumbuhan jumlah penduduk di Jawa Tengah dari tahun ke tahun sebesar 0.01 % akan berpengaruh pada jumlah timbulan sampah (Hezhong T, et al., 2013). Menurut Undang-Undang Nomor 18 tahun 2008

tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sampah yang timbul dari aktivitas manusia telah menjadi salah satu masalah lingkungan utama dan menyebabkan pencemaran serta ancaman bagi kesehatan manusia (Vyas P, 2011).

Keberadaan sampah tidak hanya mengganggu sanitasi tetapi juga berpengaruh pada perubahan iklim. Wilayah Jawa Tengah tidak luput dari dampak perubahan iklim. Penyebab dari perubahan iklim tidak lain dikarenakan keberadaan emisi Gas Rumah Kaca. GRK merupakan gas-gas yang memiliki efek rumah kaca, seperti gas Karbon Dioksida (CO_2), Metana (CH_4), Dinitrogen Mono Oksida (N_2O), Hidro Fluorocarbon (HFCs), Sulfur Hexaflorida (SF_6) dan Perfluoro Karbon (PFCs) (KLHK, 2012). Beberapa gas tersebut memiliki efek rumah kaca lebih besar daripada gas lainnya. Sebagai contoh, gas CH_4 memiliki efek 25 kali lebih besar dibanding dengan gas CO_2 (Solomon et al., 2007).

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya sejak mulai dihasilkan pada sumber, pemilahan, pewadahan, pengumpulan, pemindahan/pengangkutan, pengolahan. TPA merupakan tempat dimana sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya dan merupakan upaya akhir. Hasil penelitian terbaru di lokasi TPA yang dilakukan di Kota Pekalongan tahun 2013 oleh GIZ, komposisi jenis sampah sebagian besar berupa sampah organik yakni sebesar 61,37% yang akan mengalami proses dekomposisi secara anaerobik menjadi gas CH_4 , CO_2 , dan sejumlah kecil gas N_2 , H_2 , H_2S , H_2O . Contoh reaksi di bawah ini menunjukkan proses dekomposisi secara aerobik dan anaerobik. Pada kondisi aerobik (reaksi yang terjadi pada proses pengomposan) tidak dihasilkan CH_4 . Sebaliknya, pada kondisi anaerobik (reaksi yang terjadi di dalam TPA), satu mol organik dikonversi menjadi tiga mol CH_4 dan jumlah produksi CO_2 adalah sama untuk kedua kondisi tersebut (Suprihatin.dkk, 2008). Berikut reaksi dekomposisi sampah secara aerobik dan anaerobik :

(i) Bahan organik $\longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (kondisi aerobik)

(ii) Bahan organik $\longrightarrow \text{CO}_2 + \text{CH}_4$ (kondisi anaerobik)

Gas CH_4 adalah salah satu gas rumah kaca utama, kedua setelah gas CO_2 dalam kontribusinya terhadap pemanasan global. Konsentrasi gas CH_4 di atmosfer telah meningkat sekitar 0,6 % per tahun dan memiliki lebih dari dua kali lipat selama dua abad terakhir. CH_4 merupakan salah satu GRK yang memiliki peran penting di atmosfer namun juga sebagai pencemar lingkungan. Gas CH_4 merupakan komponen utama dari gas alam yang dapat menjadi sumber energi yang berharga. Dikarenakan gas CH_4 adalah sumber energi dan GRK, maka mengurangi emisi gas CH_4 dari TPA secara ekonomi akan menguntungkan. Sebaliknya, konsentrasi atmosfer gas CO_2 meningkat sekitar 0.4 % per tahun. Gas CH_4 memiliki masa tinggal di atmosfer lebih singkat daripada gas rumah kaca lainnya yakni sekitar 11 tahun di atmosfer, sedangkan gas CO_2 masa tinggalnya sekitar 120 tahun. Karena gas CH_4 memiliki tingkat bahaya 21 kali lebih besar dari pada gas CO_2 dan masa tinggal di atmosfer relatif pendek maka stabilisasi gas CH_4 akan berdampak langsung pada perubahan iklim (Mark Orlic and Tom Kerr, 1996). Perlu diketahui bahwa emisi gas CO_2 yang dihasilkan berasal dari sumber alam (misal makanan, kebun, kertas dan limbah kayu) yang terjadi di TPA tidak dipertimbangkan sebagai emisi GRK karena sebagai biogenik (Jensen and Pipatti, 2002).

Menurut Karagiannidis et al (2007), produksi gas CH_4 di TPA biasanya dimulai 6 s.d 12 bulan setelah sejak ditempatkan, kemudian meningkat hingga maksimum sesaat setelah penutupan TPA dan secara bertahap menurun selama periode 30-50 tahun. Menurut Tchobanoglous et al., (1993) 1 ton sampah domestik dapat memproduksi hingga 300 m^3 biogas dan biogas yang utama terdiri dari gas CH_4 , CO_2 dengan konsentrasi gas CH_4 pada biogas sebesar 35 - 60%.

Menurut Sudrajat (2006), tipe TPA di Indonesia saat ini baru ada 2, yakni sistem urug terkendali (*control landfill*) dan tanpa urug (*open dumping*), kedua tipe tersebut juga terdapat di wilayah Jawa Tengah. Jumlah TPA di Jawa Tengah dipastikan lebih dari 35 lokasi mengingat 1 Kabupaten dapat memiliki TPA lebih dari 1 lokasi. Ketersediaan informasi data pengelolaan

sampah domestik seperti tipe TPA, jumlah sampah terangkut, pola distribusi pengelolaan sampah, komposisi sampah sangat sulit diperoleh dan sering kali menyebabkan banyak kalangan kesulitan untuk menghitung besarnya emisi GRK sampah domestik (Bappenas, 2016).

Kondisi TPA di Jawa Tengah diperkirakan sebagian besar masih menggunakan sistem *open dumping* yang akan berkontribusi sebagai penyumbang emisi gas CH₄ yang cukup besar. Sebagai bentuk upaya mendukung Pemerintah Indonesia yang sudah berkomitmen menurunkan emisi s.d. 2020 oleh Mantan Presiden Susilo Bambang Yudoyono, maka perlu ditetapkan target penurunan emisi GRK sektor sampah (TPA) di wilayah Jawa Tengah. Sebelum menetapkan target penurunan emisi GRK, maka perlu dilakukan perhitungan emisi tanpa adanya kegiatan penurunan yang kita sebut dengan istilah BAU (*Business as Usual*) dengan tahun dasar mulai 2010. Untuk melakukan perhitungan BAU diperlukan data-data sampah terangkut, pola distribusi pengelolaan sampah, jenis pengelolaan sampah di TPA (Bappenas, 2016). Pedoman yang digunakan untuk menghitung adalah Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Sektor Limbah (KLH, 2012).

Penelitian ini ingin melihat : 1) bagaimana pengaruh pengelolaan sampah di TPA terhadap emisi GRK di Jawa Tengah? dan 2) Jenis pengelolaan sampah yang berkontribusi pada penurunan emisi GRK dan berapa capaian penurunan emisi GRK s.d. tahun 2020.

Penelitian bertujuan untuk menganalisis pengaruh pengelolaan sampah di TPA terhadap emisi GRK di Jawa Tengah; 2) mengkaji besarnya emisi GRK yang terbentuk di TPA tahun 2010-2020

Material dan Metode

Penelitian ini dilakukan di 35 Kabupaten/ Kota Provinsi Jawa Tengah. Penelitian dilaksanakan pada Tanggal 18 Januari 2017 sampai 21 Juni 2017.

Sampel yang digunakan mencakup proyeksi penduduk tahun 2010-2020, sistem pengelolaan sampah, karakteristik dan komposisi sampah di TPA, jumlah timbulan sampah yang dihasilkan, jumlah sampah terangkut.

Teknik Pengumpulan Data dilakukan melalui pengumpulan sampel/data primer maupun sekunder melalui kuisisionier, data sampling, observasi lapangan, dan *indepth interview*.

Tahapan Penelitian

Identifikasi sumber penghasil emisi GRK subsektor sampah dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang pengenalan kegiatan yang mempengaruhi emisi GRK. Identifikasi dimaksud meliputi berikut.

1. Komposisi jenis sampah di TPA. Terdapat 11 jenis sampah yang diperlukan untuk menentukan laju pembentukan emisi CH₄. Data komposisi sampah di TPA dengan jumlah 11 komponen baru tersedia di Palembang dan Medan yang merupakan hasil pendataan yang dilakukan oleh KLH bekerja sama dengan JICA tahun 2011 (KLHK, 2015) dan di Kota Pekalongan tahun 2013 (GIZ, 2013).
2. Jumlah sampah yang dihasilkan tahun 2010-2020.
Jumlah sampah diperoleh melalui proyeksi penduduk oleh BPS yang dikalikan dengan jumlah sampah yang dihasilkan per kapita.
3. Jumlah sampah yang terangkut ke TPA dan sistem pengelolaan sampah di TPA.
Jumlah sampah yang terangkut di TPA tahun 2010 digunakan untuk mengetahui prosentase sampah yang terolah di TPA dan digunakan sebagai tahun dasar untuk menghitung besarnya emisi dihasilkan mulai tahun 2010. Sistem pengelolaan sampah di TPA berdasarkan pedoman dari IPCC 2006 dapat diklasifikasikan sebagai berikut.
 - a. Terkelola dengan baik – anaerob (*Sanitary Landfill*) : memiliki sistem penempatan sampah yang baik (sel khusus), kontrol terhadap pemulung, dilakukan penutupan secara rutin dengan tanah penutup, kompaksi secara mekanis.
 - b. Terkelola dengan baik - semi aerob (*Control Landfill*) : memiliki sistem penempatan sampah yang baik (sel khusus), tanah penutup, sistem

- penyaluran lindi, struktur pondasi, dan sistem ventilasi.
- c. Tidak terkelola/tanpa pengurugan (*Unmanaged Deep/Open Dumping*) kondisi anaerobik. TPA jenis ini memiliki ketinggian > 5 m.
 - d. Tidak terkelola/ tanpa pengurugan (*Unmanaged Shallow/Open Dumping*) kondisi aerobik. TPA jenis ini memiliki ketinggian < 5 m.
 - e. Tidak terkategori: TPA liar/ tidak terkontrol dengan kriteria dibuang ke sungai, dikubur.

1. Identifikasi pola pengelolaan sampah di masyarakat

Pola pengelolaan sampah dapat diketahui berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Pemerintah Kabupaten/Kota pada tahun 2010-2013 melalui Program Percepatan Sanitasi Permukiman (PPSP). Data pengelolaan sampah di masyarakat diperoleh di Kabupaten/Kota untuk mengetahui pengelolaan sampah selain dengan TPA.

- a. Perhitungan BAU Emisi GRK
Perhitungan BAU emisi GRK menggunakan referensi dari Bappenas yakni Pedoman Teknis Perhitungan Baseline Emisi GRK Sektor Pengolahan Limbah yang mengadopsi dari standar perhitungan IPCC (Bappenas, 2016) berupa kalkulator excel. Perhitungan BAU untuk mengetahui besarnya emisi GRK yang dihasilkan tanpa adanya kegiatan mitigasi/penurunan emisi. Pedoman ini bertujuan untuk memperkirakan jumlah emisi GRK dengan metodologi yang disepakati secara internasional. Model perhitungan IPCC 2006 telah digunakan di banyak negara berkembang (Weitz et al., 2008), (Wangyao et al., 2009). Prinsip perhitungan IPCC 2006 sektor sampah domestik dibagi menjadi beberapa kategori sebagai berikut.
 - 1) Pembuangan sampah padat (*Solid Waste Disposal*);
Kegiatan ini mencakup

pembuangan sampah ke TPA (*Managed Disposal Site*), penumpukan sampah di tanah terbuka/lahan kosong (*Unmanaged Disposal Site*), dan pembuangan sampah di sungai, penguburan sampah (*Uncategorized*).

Menghitung total sampah terurai yang ditimbun di TPA dengan persamaan sebagai berikut.

$$DDOC_m = W * DMC * DOC * DOC_f * MCF$$

Dimana.

- DDOC_m : Total sampah terurai yang ditimbun di TPA, Gg
 W : Total sampah yang ditimbun di TPA, Gg
 DOC : Fraksi sampah mudah terurai, Gg C/Gg sampah
 DOC_f : Fraksi DOC terdekomposisi
 MCF : Faktor koreksi CH₄ untuk dekomposisi aerob di TPA sebelum kondisi anaerob terbentuk

Potensi dihasilkannya gas CH₄ dari sampah yang ditimbun di TPA dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$Lo = DDOC_m * F * 16/12$$

Dimana.

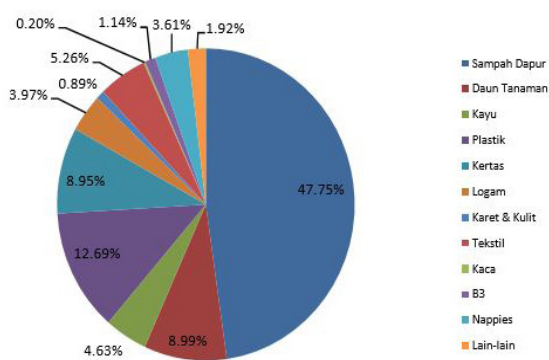
- Lo : Potensi emisi CH₄ Gg
 F : Fraksi emisi CH₄ yang dihasilkan di TPA
 16/12 : Rasio berat molekul CH₄/C

Hasil dan Pembahasan

1. Komposisi Sampah

Komposisi sampah diperlukan untuk menentukan *Degradable Organic Carbon* (DOC) akan berpengaruh pada tingkat emisi CH₄ yang dihasilkan sampah. Pada setiap sampah biasanya besarnya DOC tergantung pada komposisi (% berat)

dan *Dry Matter Content/DMC* (kandungan berat kering). Idealnya komposisi sampah di TPA diukur pada masing-masing TPA. Namun keterbatasan anggaran maka dapat menggunakan hasil survey yang dilakukan oleh KLH di TPA Medan, Palembang pada tahun 2011 dan hasil survey yang dilakukan GIZ di Kota Pekalongan tahun 2013. Pada penelitian ini penulis menggunakan data komposisi sampah Kota Pekalongan yang mana pola konsumsi masyarakat di Kabupaten/Kota lainnya tidak jauh berbeda dengan yang dihasilkan di Kota Pekalongan daripada menggunakan data komposisi sampah di Medan dan Palembang. Berikut gambar 1 data komposisi sampah di TPA Kota Pekalongan :



Grafik 1. Komposisi Sampah

Berdasarkan gambar di atas, komposisi sampah dapur tetap yang tertinggi diantara sampah lainnya yakni 47,75 %, hal ini mengingat sampah dapur/makanan dihasilkan dari sisa kebutuhan sehari-hari dari rumah tangga, pasar dan restoran/warung.

2. Degradable Organic Carbon (DOC)

Karakteristik yang akan menentukan laju pembentukan emisi gas CH_4 pada proses degradasi komponen organik/karbon pada sampah adalah DOC. Angka DOCi tiap jenis komponen sampah di Indonesia belum ada penelitian sehingga penulis merujuk pada angka default IPCC 2006. Komponen sampah yang mengandung DOC adalah makanan, kertas, pembalut/nappies, kayu, kain/tekstil, karet&kulit. DOC merupakan hasil perkalian antara DOCi dengan komposisi sampah di

TPA. Berikut tabel 1 hasil perhitungan DOC dari sampah yang dihasilkan :

Tabel 1 *Degradable Organic Carbon (DOC)*

No	Jenis Sampah	Nilai DOC
1	Makanan	0,216
2	Kertas,Pembalut	0,041
3	Kayu	0,025
4	Kain	0,016
5	Karet&Kulit	0,003
6	Plastik	0,000
7	Logam	0,000
8	Kaca	0,000

Sumber : hasil perhitungan, 2017

3. Fraksi DOC Terdekomposisi (DOC_f)

Selain DOC, fraksi DOC_f yang dapat terkomposisi pada kondisi anaerobik perlu diketahui. Fraksi DOC_f terdekomposisi adalah estimasi fraksi DOC yang mengalami dekomposisi di TPA, hal ini disebabkan tidak semua senyawa karbon organik pada sampah dapat dengan mudah terurai atau terurai secara lambat pada kondisi anaerob. Nilai DOC_f yang umum digunakan adalah 0,5 (IPCC 2006).

4. Fraksi Emisi CH_4 yang dihasilkan di TPA (simbol F)

Sampah yang terdapat di TPA akan menghasilkan gas dengan komposisi CH_4 sebesar 50%. Komposisi sampah yang didominasi oleh minyak (*fat and oil*) dalam jumlah besar akan memiliki fraksi emisi gas CH_4 lebih besar dari 50%. Hal ini yang menjadikan angka 50% sebagai data default (IPCC, 2006).

6. Faktor Koreksi CH_4 /Methana Correction Factor (MCF)

Setiap TPA memiliki sistem pengelolaan yang berbeda-beda, faktor koreksi CH_4 ini menunjukkan bahwa TPA terbuka (*Open Dumping*) akan menghasilkan gas CH_4 yang lebih sedikit dibandingkan TPA yang terkelola dengan baik. Hal ini disebabkan pada TPA terbuka, sampah yang terletak pada bagian atas akan mengalami dekomposisi secara aerobik. Nilai MCF terdiri dari 4 kategori yang disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Faktor Koreksi CH₄

No	Tipe TPA	Nilai MCF
1	TPA Sanitary Landfill	1,0
2	TPA Control Landfill	0,5
3	TPA Open Dumping > 5 mtr	0,8
4	TPA Open Dumping < 5 mtr	0,4
5	TPA Liar (pembuangan sampah di sungai, penguburan sampah)/ (Uncategorized).	0,6

Sumber : IPCC, 2006

Untuk diketahui bahwa pengelolaan sampah apabila dilakukan dengan sistem *sanitary landfill* akan menghasilkan CH₄ lebih besar dibandingkan dengan sistem *open dumping*. Namun apabila gas CH₄ yang dihasilkan melalui *sanitary landfill* dapat dimanfaatkan sebagai energi maka dianggap tidak ada CH₄ yang diemisikan. Hal ini berbeda dengan

emisi yang dihasilkan dari sistem *open dumping* yang memiliki dampak lebih kecil CH₄ dibandingkan *sanitary landfill*. Namun pada kondisi *open dumping* sulit dilakukan penangkapan CH₄ mengingat tidak terdapat konstruksi yang jelas dari TPA dan dampak yang ditimbulkan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, sedangkan sesuai guideline IPCC 2006 bahwa pengelolaan sampah dengan cara dibuang ke sungai dan dikubur termasuk dalam kategori pengelolaan TPA liar/*uncategorized*.

7. Pola Pengelolaan Sampah

Berdasarkan hasil inventarisasi TPA di 35 Kabupaten/Kota, terdapat 57 TPA yang digunakan untuk memproses sampah. Dari ke 57 TPA belum ada yang menggunakan sistem *sanitary landfill* dan umumnya masih menggunakan pemrosesan sistem *control landfill* dan *open dumping*.

Tabel 3. Pola Pengelolaan Sampah

No	Pola Pengelolaan Sampah	%
1	Unmanaged Shallow/TPA open dumping < 5mtr	0,58
2	Unmanaged Deep/TPA open dumping > 5 mtr	10,78
3	Control landfill	2,11
4	Sanitary landfill	0,00
5	Dikubur/Uncategory	9,71
6	Dibuang ke sungai/Uncategory	9,18
7	Dibiarkan saja	5,49
8	Dibuang ke lahan kosong	15,79
9	Dibakar	41,41
10	Lain-lain	4,95

Sumber : hasil pengolahan data, 2017

Selain dikelola di TPA, juga terdapat aktivitas lain pengelolaan sampah di masyarakat yang merupakan hasil identifikasi program PPSP tahun 2010-2013 dari 35 Kabupaten/Kota (Tabel 3). Berdasarkan tabel di atas, penulis akan mengitung besarnya emisi yang dihasilkan dari kegiatan TPA yakni *open dumping* (*unmanaged shallow*, *unmanaged deep*) dan *control landfill*. Menurut IPCC 2006, kategori *unmanaged shallow* meliputi sampah yang dibuang di TPA dengan kondisi terbuka ketebalan sampah < 5 mtr, sampah dibuang di lahan kosong dan

dibiarkan saja dengan total *unmanaged shallow* sebesar 21,59 %.

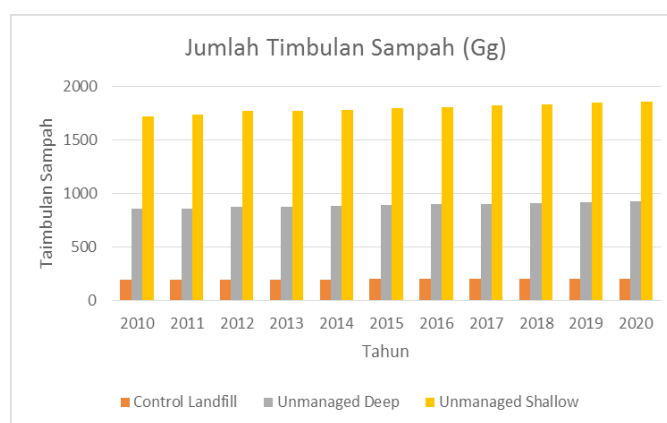
8. Timbulan sampah 2010-2020

Guna mengetahui pengaruh sampah terhadap terbentuknya emisi GRK, maka perlu dihitung jumlah timbulan sampah yang dihasilkan tahun 2010-2020 melalui proyeksi penduduk dari BPS (Bappenas, 2016) yakni jumlah timbulan sampah yang dihasilkan per kapita sebesar 0.25 ton. Berikut tabel 4 dan grafik 1 proyeksi jumlah penduduk dan jumlah timbulan sampah di TPA tahun 2010-2020.

Tabel 4 Jumlah Timbulan Sampah

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Jumlah Pengelolaan Sampah (Gg/tahun)		
		Control Landfill	Unmanaged Deep	Unmanaged Shallow
2010	32.382.657	192,78	855,56	1719,89
2011	32.643.612	194,33	862,46	1733,75
2012	33.270.207	198,06	879,01	1767,03
2013	33.264.339	198,03	878,86	1766,72
2014	33.522.663	199,57	885,68	1780,44
2015	33.774.100	201,06	892,33	1793,79
2016	34.019.100	202,52	898,80	1806,80
2017	34.257.900	203,94	905,11	1819,49
2018	34.490.800	205,33	911,26	1831,85
2019	34.718.200	206,68	917,27	1843,93
2020	34.940.100	208,01	923,13	1855,72

Sumber : Hasil perhitungan, 2017



Grafik 2. Jumlah Timbulan Sampah

Berdasarkan grafik 2 di atas, jumlah sampah yang dikelola melalui TPA *open dumping* tipe *unmanaged shallow* lebih banyak dibandingkan dengan TPA tipe *control landfill* maupun TPA *open dumping* tipe *unmanaged deep*. Hasil dari identifikasi jumlah TPA sebanyak 57 menunjukkan tipe *unmanaged deep* sebesar 77.19%, tipe *unmanaged shallow* sebesar 7.01% dan tipe *control landfill* sebesar 15.79%. Kondisi ini sama juga terjadi di negara berkembang lainnya bahwa tipe TPA *unmanaged deep* sebesar 58.3 % (Kyiv, 2004).

Business as Usual (BAU) Emisi GRK

1. BAU Emisi GRK dari TPA *Open Dumping* Tipe *Unmanaged Shallow*

TPA *open dumping* tipe *unmanaged shallow* merupakan kondisi TPA *open dumping* dengan ketebalan sampah < 5 mtr mulai dari dasar s.d. permukaan atas sampah. Data ketebalan sampah di TPA diperoleh berdasarkan *quisionier* yang

dibagikan ke instansi yang menangani kebersihan Kabupaten/Kota sekaligus dilakukan peninjauan langsung di lapangan. Dengan menggunakan Kalkulator Excel resmi dari Bappenas, maka jumlah emisi dari TPA *unmanaged shallow* dapat diketahui. Perlu diketahui pada pengelolaan sampah di TPA hanya mengemisikan CH₄ (KLH, 2012). TPA *open dumping* tipe *unmanaged shallow* memiliki prinsip pengelolaan sampah dengan tumpukan terbuka, tanpa ada pemadatan, dan tidak memenuhi persyaratan teknis TPA. Ketebalan sampah akan mempengaruhi pembentukan CH₄ melalui perbedaan akses udara dan kepadatan sampah. Sampah dengan ketebalan <5 m umumnya membusuk secara aerobik, menghasilkan sedikit gas CH₄ (IPCC 1996). Besarnya MCF TPA *open dumping* tipe *unmanaged shallow* adalah 0,4. Berikut tabel 5 besarnya emisi gas CH₄ atau CO₂e yang dihasilkan dari tipe *unmanaged shallow*.

Tabel 5. Emisi Tipe *Unmanaged Shallow*

Tahun	Jumlah Emisi	
	Gg CH ₄	Total Gg CO ₂ ,eq
2010	36,34	763,07
2011	37,12	779,52
2012	37,88	795,49
2013	38,73	813,24
2014	39,43	828,09
2015	40,12	842,42
2016	40,77	856,20
2017	41,40	869,44
2018	42,01	882,14
2019	42,59	894,34
2020	43,15	906,07

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

Pada tabel di atas merupakan total hasil perhitungan seluruh jenis sampah yang berpengaruh pada terbentuknya emisi CH₄. Dengan menggunakan tool kalkulator excel Bappenas, maka dapat diketahui besarnya emisi yang dihasilkan dari TPA *open dumping* tipe *unmanaged shallow* s.d. tahun 2020 untuk gas CH₄ sebesar 43,15 Gg atau sebesar 906,07 Gg CO₂e.

2. BAU Emisi GRK dari TPA Open Dumping Tipe Unmanaged Deep

TPA *open dumping* tipe *unmanaged deep* merupakan kondisi TPA dengan ketebalan sampah > 5 mtr mulai dari dasar s.d. permukaan atas sampah.

Produksi gas CH₄ lebih banyak dikarenakan lapisan sampah di bagian atas mencegah akses udara ke lapisan bawah menciptakan kondisi anaerobik (Kyiv, 2004). Besarnya MCF *open dumping* tipe *unmanaged deep* adalah 0,8. Jumlah emisi yang dihasilkan dari tipe *unmanaged deep* lebih besar daripada *Unmanaged Shallow*. Sebagai contoh hasil perhitungan dari tipe *unmanaged deep* dan *unmanaged shallow* pada tahun 2020 masing-masing sebesar 901,45 Gg CO₂,eq dan 906,07 Gg CO₂,eq. Berikut tabel 6 .hasil perhitungan jumlah emisi yang dihasilkan dari TPA *open dumping* tipe *unmanaged deep*

Tabel 5 Emisi Tipe Unmanaged Deep

Tahun	Jumlah Emisi	
	Gg CH ₄	Total Gg CO ₂ ,eq
2010	36,15	759,18
2011	36,93	775,55
2012	37,69	791,43
2013	38,53	809,10
2014	39,23	823,88
2015	39,91	838,13
2016	40,56	851,84
2017	41,19	865,01
2018	41,79	877,65
2019	42,37	889,79
2020	42,93	901,45

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

3. BAU Emisi GRK dari TPA *Control Landfill*

Pengelolaan sampah dengan TPA *control landfill* merupakan pengelolaan sampah dengan sistem pengurangan sampah dengan media tanah/lapisan plastik sekurang-kurangnya 7 hari sesuai Permen PU No. 3 Tahun 2013. TPA *control landfill* dirancang khusus untuk dengan desain teknis yang tepat, yang memungkinkan pengelolaan sampah yang terkontrol. Pengelolaan sampah yang baik memastikan bahwa sampah dipadatkan untuk

meminimalkan penggunaan ruang hampa. Semua faktor ini dapat mendorong perkembangan dan pemeliharaan kondisi anaerobik yang cepat di dalam TPA dan dapat dimanfaatkan gas CH_4 yang dihasilkan (Kyiv, 2004). jumlahnya pengelolaan sampah di Kabupaten/Kota hanya dengan sistem *control landfill* sangat sedikit dibandingkan yang dikelola tanpa gunakan media urug (*open dumping*). Emisi yang dihasilkan dari sistem *control landfill* lebih sedikit dibandingkan dengan sistem *unmanaged deep* dan *shallow*.

Tabel 6 Emisi Tipe Control Landfill

Tahun	Jumlah Emisi	
	Gg CH_4	Total Gg CO_2e
2010	4,76	99,89
2011	4,85	101,95
2012	4,95	103,96
2013	5,06	106,21
2014	5,15	108,09
2015	5,23	109,90
2016	5,32	111,65
2017	5,40	113,33
2018	5,47	114,94
2019	5,55	116,49
2020	5,62	117,99

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

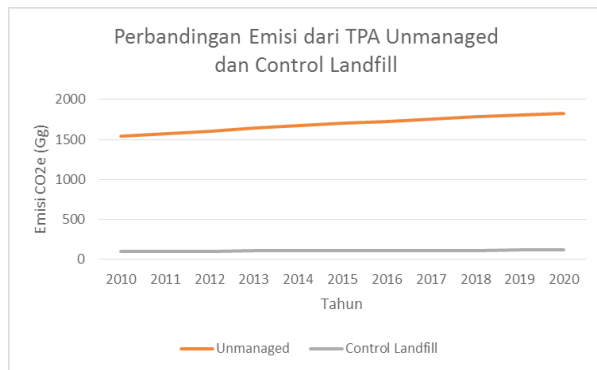
Dari perhitungan-perhitungan sebelumnya, jumlah emisi yang dihasilkan dari pengelolaan sampah tipe open dumping *unmanaged deep* dan *shallow* lebih besar dibandingkan dengan *control landfill*. TPA *control landfill* tetap mengemisikan gas CH_4 dikarenakan tidak semua sampah mengalami

pembusukan sempurna, sesuai IPCC 2006 bahwa MCF *control landfill* sebesar 0,5. Berikut tabel 7 dan gambar yang menyajikan data total TPA tipe *open dumping/unmanaged (unmanaged deep dan unmanaged shallow)* dengan TPA *control landfill*.

Tabel 7 Emisi Tipe *Unmanaged* dan *Control Landfill*

Tahun	Emisi GRK (CO_2e) Gg		Total Emisi (CO_2e) Gg
	Unmanaged	Control Landfill	
2010	1541,34	99,89	1641,23
2011	1574,57	101,95	1676,52
2012	1606,82	103,96	1710,78
2013	1642,68	106,21	1748,89
2014	1672,68	108,09	1780,77
2015	1701,62	109,90	1811,52
2016	1729,46	111,65	1841,11
2017	1756,19	113,33	1869,52
2018	1781,85	114,94	1896,79
2019	1806,50	116,49	1922,99
2020	1830,19	117,99	1948,18

Sumber : Hasil perhitungan, 2017



Grafik 3. Perbandingan emisi dari TPA *Unmanaged* dan *Control Landfill*

Berdasarkan perhitungan di atas, emisi yang dihasilkan dari TPA tipe *unmanaged* dan *control landfill* menunjukkan perbedaan yang signifikan jumlahnya. Emisi yang dihasilkan dari TPA tipe *Control Landfill* hanya 5,90 % dari total emisi dari TPA, sedangkan emisi dari TPA tipe *unmanaged/open Dumping* sebesar 94,1%. Kondisi ini berbanding lurus kondisi sampah yang dikelola lebih banyak di TPA *Open Dumping* dan hal ini tidak jauh berbeda dengan negara-negara berkembang yang pengelolaan sampah masih dilakukan secara konvensional yakni sistem *Landfill*, sedangkan di negara maju telah menggunakan teknologi dalam mengelola sampah (UNEP, 2004). Menurut Barton Et al. (2008) bahwa TPA *sanitary landfill* tanpa penangkapan gas akan menghasilkan emisi GRK tertinggi (1.2 ton CO₂e per ton sampah), diikuti oleh TPA *open dumping* (0,74 ton CO₂e per ton sampah), TPA *control landfill* (0,19 ton CO₂e per ton sampah). Prinsipnya adalah sesuai IPCC 2006 bahwa emisi CH₄ dihasilkan paling banyak pada kondisi TPA *open dumping* dibandingkan TPA *control landfill* (Melissa Weitz, et al, 2008). Kondisi TPA yang sebagian besar merupakan sistem *open dumping*, kebanyakan bahan organik mengalami dekomposisi anaerobik yang menyebabkan dihasilkannya gas CH₄ lebih banyak. (Suprihatin, dkk, 2008), (Sing SK, et al, 2016).

Terbentuknya gas CH₄ dipengaruhi oleh beberapa faktor (Westlake,1990), (Komilis et al, 1999), antara lain.

- a. Komposisi Sampah
Komposisi sampah pada negara berkembang sebagian besar berupa

sampah makanan dan taman, sedangkan negara maju, terutama Amerika Utara, memiliki kandungan kertas dan karton yang sangat tinggi. Komposisi sampah organik di Jawa Tengah yang terdiri atas sampah dapur 47,75 %, daun 8,99% dan kayu 4,63% akan berpengaruh pada pembentukan CH₄ karena memiliki nilai DOC yang tinggi (IPCC 2006). Jenis sampah organik seperti sisa makanan/dapur, taman, kertas memiliki kandungan DOC lebih besar dari pada plastik, logam, kaca. Pada sampah organik umumnya mengandung selulosa 40-50%, lignin 10-15%, hemiselulosa 12% dan protein 4% pada berat kering yang dapat diubah menjadi CH₄ melalui reaksi fisika, kimia dan biologis (Barlaz et al., 1989).

- b. Kandungan air
Kandungan air akan berpengaruh pada proses pembusukan sebagai contoh hasil penelitian KLH pada tahun 2011 diperoleh kandungan air pada sampah makanan sebesar 41%, taman sebesar 43%, kertas sebesar 56%, logam sebesar 0%, kaca sebesar 8%. Air pada sampah berfungsi sebagai media untuk merangsang pertumbuhan sel dan metabolisme, transportasi nutrisi di bakteri (Mehta et al. 2002). Kandungan air akan bergantung pada kadar air disampah sejak awal (DMC/*Dry Matter Content*), tingkat infiltrasi dari sumber air permukaan dan air tanah, dan jumlah air yang dihasilkan sebagai hasil dekomposisi sampah itu sendiri.
- c. Sistem Pengelolaan Sampah di TPA
Sistem pengelolaan sampah di TPA berdasarkan pedoman dari IPCC 2006 akan berpengaruh pada pembentukan CH₄ (Daura et al., 2014). Tipe TPA dapat diklasifikasikan sebagai berikut pada tabel 8.

Tabel 8. Nilai MCF Pada TPA

No	Tipe TPA	Nilai MCF
1	TPA Sanitary Landfill	1,0
2	TPA Control Landfill	0,5
3	TPA Open Dumping >5mtr (Unmanaged Deep)	0,8
4	TPA Open Dumping <5mtr (Unmanaged Shallow)	0,4

Sumber : IPCC 2006

- TPA *open dumping* tipe *unmanaged deep* memiliki MCF lebih tinggi dibandingkan *unmanaged shallow* dan *control landfill*. Perlu diketahui bahwa TPA *sanitary landfill* belum ada di wilayah Jawa Tengah.
- d. Tingkat Keasaman Sampah
Tingkat keasaman (pH) sampah akan berpengaruh pada pembentukan CH₄ dan pH optimal untuk pembentukan CH₄ pada *range* 6,8-7,2. Produksi gas CH₄ akan menurun secara drastis pada pH di bawah 6,5. Apabila sampah yang mengandung Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) tercampur dengan sampah, maka produksi CH₄ diperkirakan akan terhambat.
- e. Temperatur
Salah satu bakteri yang berperan pada proses pembentukan gas CH₄ adalah bakteri Methanogenik yang

sangat dipengaruhi oleh temperatur dalam proses pembusukan. Tingkat produksi CH₄ berlangsung optimal pada temperatur 50-60 °C. Biasanya pada TPA dengan kondisi terbuka pada area yang cukup luas dan kondisi temperatur 25-40 °C cukup berlangsungnya pembentukan gas CH₄.

Guna mengurangi emisi yang dihasilkan, maka perlu adanya aksi mitigasi pengelolaan sampah di TPA dengan target pengurangan emisi s.d 2020. Aksi mitigasi akan dibagi menjadi 2 tahap yakni tahap I tahun 2010-2016 aksi mitigasi yang telah dilakukan di Kabupaten/Kota dan tahap II rencana aksi mitigasi tahun 2017-2020. Berdasarkan identifikasi di Kabupaten/Kota berikut aksi mitigasi yang telah dilakukan tahun 2010-2016 dan rencana penurunan emisi GRK tahun 2017-2020 sebagai berikut pada tabel 9.

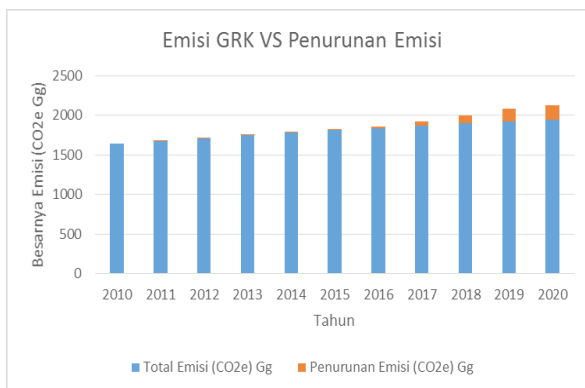
Tabel 9. Rencana Aksi Penurunan Emisi GRK

Tahun	Jumlah Kab/ Kota	Sampah yang dikurangi (Gg/thn)	Penurunan Emisi (CO ₂ e) Gg/thn	Penurunan Emisi Akumulatif s.d. 2020 (CO ₂ e) Gg/ thn	Penurunan Emisi GRK (%)
2010	0	0,00	0	0	0,00
2011	2	5,13	1,42	1,42	0,09
2012	3	3,13	0,87	2,30	0,13
2013	3	3,13	0,87	3,17	0,18
2014	0	0,00	0,00	3,17	0,18
2015	1	5,11	1,42	4,59	0,25
2016	1	42,15	11,73	16,33	0,89
2017	8	138,57	38,57	54,90	2,94
2018	9	181,66	50,57	105,48	5,56
2019	10	185,83	51,73	157,21	8,18
2020	4	89,92	25,03	182,24	9,35

Sumber : Hasil perhitungan, 2017

Berdasarkan tabel di atas, pembangunan TPA di Kabupaten/Kota sampai dengan tahun 2016 hanya sebanyak 10 unit TPA. Upaya yang dilakukan s.d. tahun 2016 hanya mampu menurunkan

emisi 0,89 %. Berdasar kuisioner tahap 2 untuk rencana kegiatan dalam pengurangan emisi di TPA dengan hasil 31 Kabupaten/Kota akan berperan menurunkan emisi GRK sektor sampah domestik. Target penurunan emisi s.d. 2020 diprediksi sebesar 9,35% atau 182,245 Gg CO₂e. Keterbatasan anggaran, pemilihan lahan, ketidaksesuaian Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan faktor sosial menyebabkan pengelolaan sampah tidak berlangsung dengan optimal.



Grafik 4. Perbandingan Besarnya Emisi dengan Rencana Aksi Mitigasi

Namun permasalahan sosial yang menjadi faktor utama dimana penolakan keberadaan TPA lama maupun calon TPA oleh masyarakat sekitar berkenaan dengan sebab yang membahayakan kesehatan, keselamatan, berkurangnya kenyamanan (Mahyudin, 2017). Menurut Melissa Weitz, Et al (2008) Aksi penurunan emisi lainnya yang dapat

dilakukan adalah mengoptimalkan pengelolaan sampah pada sumbernya yakni prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) baik yang dilakukan oleh Pemerintah maupun masyarakat. Pada jurnal ini penulis hanya fokus perhitungan emisi dan pengurangan emisi terhadap sampah yang dikelola di TPA. Berikut grafik besarnya emisi tahun 2010-2020 sebelum ada aksi mitigasi (warna biru) dan besarnya emisi yang dapat diturunkan (warna orange).

Simpulan

1. Pengelolaan sampah pada 57 TPA di Jawa Tengah sebagian besar masih dalam kondisi *Open dumping/unmanaged* dengan emisi yang dihasilkan sebesar 94,10% sedangkan *control landfill* sebesar 5,90%
2. Jenis pengelolaan sampah dengan *control landfill* tahun 2010-2020 diperkirakan hanya mampu menurunkan emisi sebesar 9,35%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bupati/Walikota 35 Kabupaten/Kota di Jawa Tengah, Kepala Instansi Lingkungan Hidup 35 Kabupaten/Kota, rekan-rekan staf Instansi Lingkungan Hidup Kabupaten/Kota yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Barlaz, M.A., Schaefer, D.M., Ham, R.K., 1989. Bacterial population development and chemical characteristics of refuse decomposition in a simulated sanitary landfill. *Applied and Environmental Microbiology* 55 (1), 55–65
- Daura, L.A, Enaburekhan,J, Rufai, A.I, 2014. Estimation of Methane gas Emission from Solid Waste disposal sites in Kano, Nigeria. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 5, Issue 10, October-2014
- Hezhong, T., Jiajia , G., Long, L., Cuangyong, Z., Peipei, Q., 2013. Atmospheric Pollution Problems and Control Proposals Associated with Solid Waste Management in China
- Karagiannidis A, Tsatsarelis T, Moussiopoulus N, 2007. Estimation of methane Potential From Landfill Gas of The New Hellenic Sanitary landfills. *Laboratory of Heat Transfer and Environmental Engineering, Department of Mechanical Engineering, Aristotle University, Thessaloniki, Greece*
- KLHK, 2016. Perubahan Iklim, Perjanjian Paris, dan Nationally Determined Contribution. Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim. Jakarta

- Komilis, D.P., Harn, R.K., Stegmann, R., 1999. The effect of landfill design and operation practices on waste degradation behaviour: a review. *Waste Management and Research* 17, 20–26
- Kyiv, 2004. Inventory of Methane Emissions in the Solid Waste Sector of Ukraine. Agency for Rational Energy Use and Ecology (Ukraine)
- Mahyudin, P.R., 2017. Kajian Permasalahan Pengelolaan Sampah dan Dampak Lingkungan di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA). *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 3 (1) : 66-74, 2017
- Mark Orlic and Tom Kerr (1996). A Guide for Methane Mitigation Projects. Gas-to-Energy at Landfills and Open Dumps. Draft. U.S. Environmental Protection Agency Office of Air and Radiation. January
- Mehta, R., Barlaz, M.A., Yazdani, R., Augenstein, D., Bryars, M., Sinderson, L., 2002. Refuse decomposition in the presence and absence of leachate recirculation. *J. Environ. Eng.* 128 (3), 228–236
- Melissa, W., Coburn, B.J., Salinas, E., 2008. Estimating National Landfill Methane Emissions: An Application of the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change Waste Model in Panama. *Journal of the Air & Waste Management Association*. Volume 58 May 2008
- P.B.Vyas, 2011. Municipal Solid Waste Management At India. *Sigma Institute of Engineering Bakrol, Vadodara, India. Jr. of Industrial Pollution Control* 27(1)(2011) pp 79-81
- Sing SK, Anunay G, Rohit G, Shivangi G, Vipul V, 2016. Greenhouse Gas Emissions From Landfill : A Case of NCT of Delhi, India
- Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, et al. (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, IPCC Fourth Assessment Report*
- Suprihatin, Indrasti, S.W, Romli, M., 2008. Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Melalui Pengomposan Sampah. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian – IPB. *J. Tek. Ind. Pert.* Vol. 18(1), 53-59
- UNEP–United Nations Environment Programme, 2004. Waste management planning – An environmentally sound approach for sustainable urban waste management, An introductory guide for decision-makers, Report prepared by the Division of Technology, Industry and Economics, Integrative management series No. 6, Report downloaded from (Dec 2010)
- Wangyao, K., Towprayoon, S., Chiemchaisri, C., Gheewala, S.H., Nopharatana, A., 2009. Application of the IPCC waste model to solid waste disposal sites in tropical countries: case study of Thailand. *Environmental Monitoring and Assessment* 164, 249–261
- Weitz, M., Coburn, J.B., Salinas, E., 2008. Estimating national landfill methane emissions: an application of the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change waste model in Panama. *Journal of the Air & Waste Management Association* 58, 636–640
- Westlake K. (1990) “Landfill Microbiology,” *Proceedings of the International Conference Landfill Gas: Energy and Environment '90*, Bournemouth, U.K