

**KAJIAN REDUKSI EMISI GAS METAN MELALUI
IMPLEMENTASI MEKANISME PEMBANGUNAN BERSIH
DI TPA PIYUNGAN BANTUL**

With a Summary in English

**A STUDY ON METHANE GAS EMISSION REDUCTION THROUGH
CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM IMPLEMENTATION
AT TPA PIYUNGAN BANTUL**

TESIS

**ANGGITA DHINY RARASTRI
0806447526**



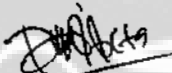
**UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI KAJIAN ILMU LINGKUNGAN
JAKARTA
DESEMBER, 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Anggita Dhiny Rarastri

NPM : 0806447526

Tanda Tangan : 

Tanggal : 28 Desember 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Tesis: KAJIAN REDUKSI EMISI GAS METAN MELALUI
IMPLEMENTASI MEKANISME PEMBANGUNAN BERSIH
DI TPA PIYUNGAN BANTUL

Tesis ini telah disetujui dan disahkan oleh Komisi Penguji Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Studi Kajian Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia pada 28 Desember 2010 dan telah dinyatakan LULUS ujian komprehensif dengan Yudisium SANGAT MEMUASKAN.

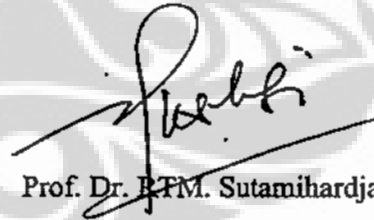
Jakarta, 28 Desember 2010

Ketua Program Studi
Ilmu Lingkungan



Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA

Tim Pembimbing
Pembimbing I,



Prof. Dr. R.F.M. Sutamihardja, M.Ag, Chem

Pembimbing II,



Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA

**HALAMAN PENGESAHAN
OLEH KOMISI PENGUJI**

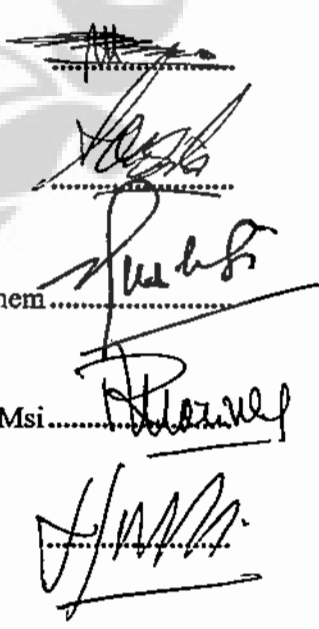
Tesis ini diajukan oleh

Nama : Anggita Dhiny Rarastri
NPM : 0806447526
Program Studi : Kajian Ilmu Lingkungan
Judul Tesis : KAJIAN REDUKSI EMISI GAS METAN MELALUI
IMPLEMENTASI MEKANISME PEMBANGUNAN BERSIH
DI TPA PIYUNGAN BANTUL

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Komisi Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Kajian Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang : Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA
(Pembimbing II)
Sekretaris Sidang : Dr. dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, MSi
(Penguji)
Pembimbing I : Prof. Dr. RTM. Sutamihardja, M.Ag, Chem
Penguji : Prof. Dr. Ir. Roekmijati S. Soemantojo, Msi
Penguji : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, M.Eng



Ditetapkan di : JAKARTA

Tanggal : 28 Desember 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini dilaksanakan sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sains Ilmu Lingkungan pada Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia.

Adapun judul penelitian ini adalah

KAJIAN REDUKSI EMISI GAS METAN MELALUI IMPLEMENTASI MEKANISME PEMBANGUNAN BERSIH DI TPA PIYUNGAN BANTUL

Penelitian ini tidak akan berhasil tanpa bantuan dan dorongan berbagai pihak. Sehubungan dengan itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih, terutama kepada:

1. Prof. Dr. Pharm.R.T.M. Sutamiharjda, Drs, M.Ag (Chem) sebagai Dosen Pembimbing, yang telah membimbing dan membekali wawasan keilmuan di bidang perubahan iklim.
2. Dr. Ir.Setyo Sarwanto Moersidik, Msi sebagai Dosen Pembimbing dan Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan yang telah membimbing dan membekali wawasan keilmuan dan atas masukan serta dukungannya selama perkuliahan.
3. Dr.dr.Tri Budhi Soesilo, Msi sebagai Sekretaris Proram Studi Ilmu Lingkungan, atas masukan dan memberikan dorongan untuk menyelesaikan perkuliahan.
4. Prof.Dr.Ir.Roekmijati W. Soemantojo, Msi sebagai penguji ahli, atas masukan untuk tesis.
5. Dr.Ir.Djoko M. Hartono, M.Eng sebagai penguji ahli, atas masukan untuk tesis.
6. Ibu Emy D.Abdullah, Msi atas dukungan moril dan bantuan administrasi; Ibu Irma, Ibu Mido dan Pak Udin di Sekretariat PSIL UI.
7. Unit Pengelola Persampahan TPA Piyungan Bantul, Fery Anggoro Sekber Kartamantul, BLH Yogyakarta, Kantor Lingkungan Hidup Kab.Sleman, BLH Kab. Bantul, Mori Sueo Shimizu Cooperation, PPLH Regional Jawa atas data dan informasi yang telah diberikan.

8. Almarhum Papa yang selalu memberikan semangat untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan magister.
9. Kepada Mama, Suami dan Keluarga tercinta yang selalu memberikan dorongan dan bantuan untuk menyelesaikan pendidikan magister.
10. Mbak Tota, teman seperjuangan dalam tesis, terima kasih untuk semangat dan bantuannya.
11. Teman-teman PSIL angkatan 27, terutama angkatan 27 mlm, terima kasih.
12. Para Pihak yang belum disebutkan, terima kasih.

Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi kalangan akademis dan pemerintah Indonesia, khususnya Pemerintah daerah di Daerah Istimewa Yogyakarta. Penulis menghargai segala masukan dan saran dari pembaca.

Jakarta, Desember 2010

Anggita Dhiny Rarastri

BIODATA PENULIS

Nama : Anggita Dhiny Rarastri, S.T
Jenis Kelamin : Perempuan
Tempat Lahir : Jakarta
Tanggal Lahir : 01 Mei 1984
Alamat : Jl. Raya Condet Komplek Pribadi kav.7 No.7 Condet Batu
Ampar Kramat Jati Jakarta Timur 13520
Agama : Islam

PENDIDIKAN

2002-2007 : S1 Universitas Trisakti Jurusan Teknik Lingkungan
1999-2002 : SMUN 51 Jakarta
1996-1999 : SLTPN 102 Jakarta
1990-1996 : SD Kuntum Wijaya Kusuma Jakarta

BUKU, ARTIKEL DAN PENULISAN ILMIAH

1. Dhiny, Anggita. (2007). "Kontribusi Sampah Terhadap Pemanasan Global (bilingual)", Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
2. Dhiny, Anggita. (2007). "Generasi Peduli Sampah" artikel di Komentar Publik Website Kompas Cyber Media.
3. Dhiny, Anggita. (2007). "*Small Act Big Impact*", artikel di Komentar Publik Website Kompas Cyber Media.
4. Dhiny, Anggita. (2007). "Tas Belanja Dhiny", artikel di Komentar Publik Website Kompas Cyber Media
5. Dhiny, Anggita. (2007) "Rancangan UU Tentang Pengelolaan Sampah", artikel di Harian Umum Pelita.
6. Dhiny, Anggita. (2007) "*Succes Story*-Para Pengolah Sampah", artikel di Harian Umum Pelita.
7. Dhiny, Anggita. (2007) "Kementerian Lingkungan Hidup Melaksanakan Kegiatan *PILOT PROJECT 3R (Reduce, Reuse, Recycle)* Sampah di Tiga Kota", artikel di Harian Umum Pelita.
8. Dhiny, Anggita. (2005) "*Implementasi SMK3 di PT.Teijin Indonesia Fiber Corporation Tbk (PT.TIFICO)*", laporan kerja praktek, FALTL (Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan), Universitas Trisakti, Jakarta.

RIWAYAT PEKERJAAN

- 2007-2009 : **Honorar, Asisten Deputi Urusan Pengendalian Pencemaran Limbah Domestik dan Usaha Skala Kecil Kementerian Lingkungan Hidup**
- 2009-2010 : **Staf Teknis, Asisten Deputi Urusan Pengendalian Pencemaran Limbah Domestik dan Usaha Skala Kecil Kementerian Lingkungan Hidup**
- 2010-Sekarang : **Staf Teknis, Asisten Deputi Urusan Pengendalian Pencemaran Pertambangan, Energi dan Migas Kementerian Lingkungan Hidup**



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Anggita Dhiny Rarastrri
NPM : 0806447526
Program Studi : Kajian Ilmu Lingkungan
Fakultas : Pascasarjana
Jenis Karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Kajian Reduksi Emisi Gas Metan Melalui Implementasi Mekanisme Pembangunan Bersih di TPA Piyungan Bantul

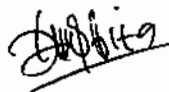
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 28 Desember 2010

Yang menyatakan,



(Anggita Dhiny Rarastrri)

ABSTRAK

Nama : Anggita Dhiny Rarastrri
NPM : 0806447526
Program Studi : Kajian Ilmu Lingkungan
Judul Tesis : Kajian Reduksi Emisi Gas Metan Melalui Implementasi
Mekanisme Pembangunan Bersih di TPA Piyungan Bantul

Mekanisme Pembangunan Bersih, sebagai salah satu instrumen dalam mitigasi perubahan iklim, hingga saat ini adalah satu-satunya mekanisme fleksibel yang melibatkan negara-negara berkembang dalam pelaksanaannya. CDM memiliki dua tujuan utama yaitu membantu Negara berkembang yang menjadi tuan rumah proyek CDM untuk mencapai pembangunan berkelanjutan; dan membantu negara maju untuk mencapai target pengurangan emisinya (yang tidak mungkin dipenuhi di dalam negerinya) dengan cara mengambil kredit dari pengurangan emisi yang dihasilkan dari proyek-proyek yang dilakukan di negara berkembang. Emisi metan total TPA Piyungan tahun 1995-2010 sebesar 1.661,6 tCO₂e dengan pemanfaatan gas metan tahun 2011-2019 dapat mereduksi emisi gas metan sebesar 447919 tCO₂e menghasilkan listrik sebesar 24.605.124 kWh/tCO₂e dengan jumlah CERs senilai Rp.44.344.005.790. Dengan nilai IRR implementasi CDM TPA Piyungan sebesar 20,32% lebih besar dari suku bunga acuan (*BI rate*) saat ini sebesar 6,5%, kemudian nilai NPV bernilai positif, berarti kegiatan ini layak untuk dijalankan dan pengembalian modal kegiatan pada tahun 2015, total pengembalian modal sebesar Rp. 15.408.909.401. Tahun 2011-2019 potensi emisi reduksi sebesar 447919 tCO₂e.

Kata Kunci:

CDM, emisi metan, reduksi emisi metan.

ABSTRACT

Name : Anggita Dhiny Rarastri
Study Program : Environmental Science
Title : A STUDY ON METHANE GAS EMISSION REDUCTION
THROUGH CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM
IMPLEMENTATION AT TPA PIYUNGAN BANTUL

Clean Development Mechanism as one of the instruments in the climate alteration mitigation at present is the only flexible mechanism that involved developing countries in their implementation. CDM owns two main intentions, such as: to help developing countries as a host of CDM project to achieve sustainable development; and to help developed or established countries to decrease the target of their emission (may not possibly fulfilled in their home country) by taking credit from the decrease of emission produced from the projects carried in the developing countries. Total landfill methane emissions in 1995-2010 amounted to 1661.6 Piyungan tCO₂e with methane gas utilization in 2011-2019 to reduce methane emissions by 447,919 tCO₂e generate electricity of 24,605,124 kWh / tCO₂e with the number of CERs worth Rp.44.344.005.790. With the implementation of CDM Landfill IRR of 20.32% Piyungan greater than the benchmark rate (BI Rate) is currently at 6.5%, then NPV is positive, it means that this activity is eligible to run and return on capital activities in 2015, total payback amount of Rp. 15,408,909,401. Year 2011-2019 emission reduction potential of 447,919 tCO₂e

Keywords:

Clean Development Mechanism, methane emission, reduction emission methane

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN KOMISI PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR	v
BIODATA PENULIS	vii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
RINGKASAN	xix
SUMMARY	xxii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN KEPUSTAKAAN	7
2.1 Kerangka Teoretik.....	7
2.1.1 Pengelolaan Lingkungan Hidup.....	7
2.1.2 Pengelolaan Sampah Dunia.....	8
2.1.3 Pengelolaan Sampah TPA di Indonesia.....	10
2.1.4 Indonesia dan Perubahan Iklim	14
2.1.5 Mekanisme Pembangunan Bersih	18
2.1.6 Gas Metan (CH ₄).....	22
2.1.7 Timbulan Sampah di TPA Sebagai Penghasil Gas Metan (CH ₄)..	24
2.1.8 Pengolahan Gas Metan dengan Teknologi Landfill Gas Flaring .	28

2.1.9 Pengelolaan TPA Pasca Operasi.....	29
2.2 Kerangka Berpikir	32
2.3 Kerangka Konsep.....	33
2.4 Hipotesis Pengarah	34
BAB 3. METODE PENELITIAN	35
3.1 Pendekatan Penelitian	35
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	35
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian	35
3.4 Variabel Penelitian	36
3.5 Jenis dan Sumber Data	37
3.5.1 Teknik Pengumpulan Data	37
3.5.2 Pengolahan dan Analisis	38
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Gambaran Umum TPA Piyungan Bantul	43
4.1.1 Jumlah Penduduk dan Cakupan Pelayanan Persampahan	43
4.1.2 Lokasi dan Operasi Lahan TPA Piyungan Bantul.....	44
4.1.3 Fasilitas Pendukung TPA Piyungan Bantul	46
4.1.4 Timbulan dan Komposisi Sampah TPA Piyungan Bantul.....	47
4.2 Estimasi Emisi Gas Metan di TPA Piyungan Bantul.....	49
4.3 Estimasi Reduksi Emisi Gas Metan di TPA Piyungan Bantul	52
4.3.1 Perancangan Sistem Landfill Gas Flaring TPA Piyungan	57
4.4 Manfaat Ekonomi Reduksi Emisi Gas Metan Melalui Implementasi CDM TPA Piyungan Bantul	61
4.5 Peranan CDM Dalam Pengelolaan Persampahan TPA Piyungan Bantul	70
4.6 Pengelolaan Persampahan TPA Piyungan Setelah Implementasi CDM TPA Piyungan Bantul	81
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	95
5.1 Kesimpulan	95
5.2 Saran.....	97
DAFTAR REFERENSI	98
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Trend emisi metan (CH ₄) tCO ₂ -eq Tahun 1996-2020.....	2
Tabel 2.1 Kriteria Perbedaan <i>Open Dumping, control landfill, Sanitary Landfill</i>	12
Tabel 2.2 Kondisi TPA di Indonesia Tahun 2008.....	13
Tabel 3.1 Kriteria responden dalam penelitian.....	36
Tabel 3.2 Definisi operasional penelitian.....	36
Tabel 3.3 Metode dan Analisis yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian.....	38
Tabel 3.4 Nilai DOG.....	39
Tabel 3.5 Parameter Bangkitan Emisi Metan.....	40
Tabel 4.1 Jumlah Penduduk Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman Tahun 2000-2007.....	44
Tabel 4.2 Komposisi Sampah TPA Piyungan Tahun 2009.....	48
Tabel 4.3 Timbulan Sampah TPA Piyungan Tahun 1995-2009 (ton/tahun)...	49
Tabel 4.4 Reduksi Emisi Metan TPA Piyungan Tahun 2011-2019.....	52
Tabel 4.5 Validasi Data dan Parameter.....	56
Tabel 4.6 Asumsi Pengkajian Ekonomi Kegiatan Implementasi CDM TPA Piyungan.....	63
Tabel 4.7 Biaya Operasional Pegawai.....	64
Tabel 4.8 Perhitungan NPV, IRR dan Pay Back Period TPA Piyungan tahun 2010-2019.....	65
Tabel 4.9 Jumlah Listrik dan CERs yang Dihasilkan di TPA Piyungan Tahun 2011-2019.....	67
Tabel 4.10 Data Pemeriksaan Kesehatan Karyawan TPA, Pemulung dan Masyarakat Disekitar Lokasi TPA Piyungan Oleh Puskesmas Keliling, Puskesmas Karang Gayam Kec.Piyungan....	69
Tabel 4.11 Persepsi Masyarakat Terhadap Kegiatan instalasi penangkapan gas Kegiatan Instalasi Penangkapan Gas Metan.....	74
Tabel 4.12 Keinginan Masyarakat Terhadap Kegiatan instalasi penangkapan Gas Metan.....	75

Tabel 4.13 Persepsi Pemerintah Terhadap Kegiatan Instalasi Penangkapan Gas Metan	78
Tabel 4.14 Perbandingan Pemanfaatan dan Permasalahan dalam Penutupan TPA	82
Tabel 4.15 Kondisi Eksiting TPA Piyungan	84
Tabel 4.16 Komponen Lingkungan Terkena Dampak Operasional TPA Piyungan Pasca Operasi	89
Tabel 4.17 Komponen Sosial Terkena Dampak Operasional TPA Piyungan Pasca Operasi	91
Tabel 4.18 Tabel Nilai Ekonomi Sampah TPA Piyungan 2010	94



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Grafik Jumlah Sampah di TPA (kg/kapita) Menurut Propinsi Tahun 2004-2008	3
Gambar 2.1 Langkah-langkah pelaksanaan Mekanisme Pembangunan Bersih	19
Gambar 2.2 Mekanisme Estimasi Kredit Karbon.....	20
Gambar 2.3 Proses Terjadinya Gas Metan (CH ₄) di TPA.....	25
Gambar 2.4 Sistem <i>Landfill Gas Flaring</i>	29
Gambar 2.5 Kerangka Konsep	33
Gambar 4.1 Zona TPA Piyungan.....	45
Gambar 4.2 Emisi Metan tCO ₂ e TPA Piyungan Tahun 1995-2010.....	49
Gambar 4.3 Pengurangan Emisi Metan di TPA Piyungan Tahun 2011-2019..	54
Gambar 4.4 Jalur Perpipaan Sistem Herringbone.....	57
Gambar 4.5 Sistem Instalasi Flare Gas Landfill Dengan Menggunakan Pipa Vertikal.....	58
Gambar 4.6 Tipikal Instalasi Sumur gas di TPA.....	59
Gambar 4.7 Sistem <i>Landfill Gas Flaring</i>	60
Gambar 4.8 Pendekatan Peran Implementasi Mekanisme Pembangunan Bersih dalam Rangka Pengelolaan Lingkungan Hidup di TPA Piyungan	80
Gambar 4.9 Unit-Unit Pengolahan Sampah Piyungan.....	87

DAFTAR SINGKATAN

3R	<i>Reduce, Reuse, Recycle</i>
BEP	<i>Break Even Point</i>
KLH	Kementerian Negara Lingkungan Hidup
TPA	Tempat Pemrosesan Akhir
TPS	Tempat Pemrosesan Sementara
UU	Undang – Undang
LFG	<i>Landfill Gas</i>
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
CDM	Mekanisme Pembangunan Bersih (<i>clean development mechanism</i>)
GRK	Gas Rumah Kaca
NPV	<i>Net Present Value</i>
IRR	<i>Internal Rate Return</i>

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Estimasi DOC TPA Piyungan
- Lampiran 2. Potensi Emisi Gas Metan di TPA Piyungan
- Lampiran 3. Reduksi Emisi Metan
- Lampiran 4. Perhitungan Listrik
- Lampiran 5. Perhitungan Ekonomi
- Lampiran 6. Dokumentasi Kegiatan Wawancara
- Lampiran 7. Dokumentasi TPA Piyungan
- Lampiran 8. Daftar Informan
- Lampiran 9. Panduan Wawancara
- Lampiran 10. 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*



RINGKASAN

**Program Studi Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Indonesia
Tesis, 2010**

- A. Nama : Anggita Dhiny Rarastrri
B. Judul Tesis : Kajian Reduksi Emisi Gas Metan Melalui Implementasi Mekanisme Pembangunan Bersih di TPA Piyungan Bantul
C. Jumlah Hal : Halaman permulaan xx, halaman isi 98, Gambar 24, Tabel 15, Grafik 2.

Isi Ringkasan

Clean Development Mechanism atau Mekanisme Pembangunan Bersih, sebagai salah satu instrumen dalam mitigasi perubahan iklim, hingga saat ini adalah satu-satunya mekanisme fleksibel yang melibatkan negara-negara berkembang dalam pelaksanaannya. CDM memiliki dua tujuan utama yaitu membantu Negara berkembang yang menjadi tuan rumah proyek CDM untuk mencapai pembangunan berkelanjutan; dan membantu negara maju untuk mencapai target pengurangan emisinya (yang tidak mungkin dipenuhi di dalam negerinya) dengan cara mengambil kredit dari pengurangan emisi yang dihasilkan dari proyek-proyek yang dilakukan di negara berkembang. Mekanisme ini untuk mengurangi emisi dari sumbernya, mengurangi kandungan GRK di atmosfer dan merupakan pendekatan pembangunan berkelanjutan karena mekanisme ini berkelanjutan dilihat dari aspek lingkungan, sosial dan ekonomi.

Gas yang dikategorikan sebagai GRK adalah gas-gas yang berpengaruh, baik secara langsung maupun secara tidak langsung terhadap efek rumah kaca. Gas-gas itu antara lain karbon dioksida (CO_2), gas metan (CH_4), dinitrogen oksida (N_2O), Chlorofluorocarbon (CFC), Hydrofluorocarbon (HFC). Gas metan merupakan salah satu gas rumah kaca yang berasal dari proses dekomposisi anaerob sampah organik. Pengelolaan sampah yang tidak terkelola dengan baik menyebabkan metan terlepas di udara dan Peningkatan konsentrasi emisi gas metan (CH_4) disebabkan oleh laju emisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan laju rosot metan.

Sampah yang terangkut ke TPA Piyungan tahun 2009 sebesar 150.684 ton/tahun, masih menggunakan sistem *open dumping* untuk mengelola sampahnya. Keadaan TPA Piyungan dengan sistem *open dumping* dapat mengakibatkan dampak negatif. Maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah **belum terkelolanya TPA Piyungan dengan sistem pengumpulan dan pengontrolan gas lahan TPA yang tersedia, menyebabkan meningkatkan gas CH_4 (*methane*) terlepas ke atmosfer dalam bentuk emisi.**

Secara umum, penelitian ini dimaksudkan untuk membahas reduksi emisi metan serta peranan CDM dalam pengelolaan persampahan di TPA Piyungan. Tujuan penelitian ini adalah (1) menganalisa besarnya jumlah metan dari timbunan sampah TPA Piyungan; (2) mengestimasi reduksi emisi gas metan melalui

implementasi CDM di TPA Piyungan selama kurun waktu 9 tahun (2011-2019); (3) Menganalisis manfaat ekonomi reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM pada TPA Piyungan; (4) menganalisis peranan CDM dalam pengelolaan persampahan di TPA Piyungan; (5) menganalisis pengelolaan persampahan di TPA Piyungan setelah implementasi CDM. Hasil Penelitian diharapkan dapat bermanfaat untuk masyarakat akademis sebagai bahan kajian dan informasi ilmu lingkungan; sebagai bahan informasi perkiraan emisi gas CH₄ (*methane*) dari timbulan sampah dari TPA kota sedang dan kecil; sebagai bahan kajian reduksi emisi gas metan melalui CDM di TPA Piyungan secara lingkungan, ekonomi dan sosial; memberikan sumbangan pemikiran sebagai dasar pengambilan kebijakan bagi Pemda Yogyakarta, Sleman dan Bantul atau dalam skala kota sedang dan kecil untuk mengantisipasi kondisi laju emisi gas CH₄ (*methane*).

Pendekatan penelitian ini adalah kuantitatif non eksperimental. Jenis penelitian ini tergolong deskriptif yang bertujuan untuk menjelaskan kondisi reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan serta mendeskripsikan peranan CDM dalam pengelolaan persampahan. Secara umum metode yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian pertama dan kedua dengan metode analisis dan perhitungan Metode IPCC 2006: (2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories Chapter 3: Solid Waste Disposal*), ketiga dan keempat dengan wawancara dan studi kepustakaan. Jumlah informan yang di wawancara adalah lima belas, berasal dari pihak pemerintah pusat dan daerah, swasta sebagai pengembang proyek (Shimizu), masyarakat di daerah TPA Piyungan.

Hasil penelitian ini menunjukkan (1) estimasi emisi metan total TPA Piyungan tahun 1995 hingga tahun 2010 sebesar 1.661,6 tCO₂e; (2) terdapat pengurangan emisi gas metan dar: tanpa adanya kegiatan CDM dengan adanya kegiatan reduksi emisi metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan, yaitu total estimasi reduksi emisi metan tahun 2011-2019 sebesar 447.919 tCO₂e dengan memperoleh CERs sebesar Rp. 44.344.005.790 (@ Rp 99000/ton CO₂e) menghasilkan listrik sebesar 24.605.124 kWh/ton-CO₂; (3) kajian ekonomi menyimpulkan nilai NPV dan IRR kegiatan bernilai positif. Nilai IRR adanya kegiatan implementasi CDM TPA Piyungan sebesar 20,32% lebih besar dari suku bunga acuan (*BI rate*) saat ini sebesar 6,5%, berarti nilai investasi kegiatan implementasi CDM TPA Piyungan lebih tinggi sebesar 20,32% setahun dibandingkan jika investasi di bank sebesar 6,5% setahun. Kemudian nilai NPV bernilai positif, berarti kegiatan ini layak untuk dijalankan dan pengembalian modal kegiatan pada tahun 2014, total pengembalian modal sebesar Rp. 28,054,096,601; (4) Peran mekanisme pembangunan bersih bagi pengelolaan persampahan TPA Piyungan Bantul dalam aspek lingkungan, sosial, ekonomi dan hukum terpenuhi karena adanya keberlanjutan dalam ketiga aspek; (5) Pengelolaan persampahan setelah implementasi mekanisme pembangunan bersih akan digunakan menjadi tempat pemrosesan akhir (TPA) dengan pemanfaatan sebagai area pemrosesan sampah tingkat lanjut dan areal penghijauan. TPA Piyungan memiliki 3 zona dengan luas 10 ha, zona 1 seluas 1,5 ha dapat dijadikan tempat pengolahan sampah terdiri dari areal pencacahan dan pemilahan, areal komposting dan kantor; zona 2 sebesar 2,5 ha telah digunakan sebagai instalasi pengumpulan gas metan dan akan menjadi instalasi

gas setelah TPA Piyungan pasca operasi; zona 3 seluas 2,5 ha dapat dijadikan areal penghijauan sekitar TPA Piyungan. Mempertimbangkan aspek teknis, aspek sosial, aspek ekonomi dan aspek lingkungan

Saran yang dapat diberikan Kegiatan pengendalian dampak perubahan iklim masih perlu dilaksanakan mengingat produksi sampah pertahun semakin meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk. Reduksi emisi metan di Indonesia juga belum berjalan dengan baik, mengingat masih sedikit TPA yang menerapkan sistem flare gas. Diperlukan upaya sosialisasi pemahaman mengenai kegiatan implementasi mekanisme pembangunan bersih bagi Pemerintah Daerah, masyarakat. Dengan demikian diharapkan Pemerintah dapat membuat regulasi di daerah untuk kegiatan implementasi mekanisme pembangunan bersih. Dalam mengatasi perubahan iklim diharapkan kegiatan implementasi mekanisme pembangunan bersih di TPA Piyungan akan segera dijalankan dan terus memaksimalkan manfaat emisi gas metan sebagai *renewable energy*. Kegiatan ini perlu diimplementasikan ke TPA di Indonesia. Rekomendasi bagi penelitian selanjutnya melakukan kajian lebih lanjut mengenai pemanfaatan TPA Piyungan dengan sistem landfill mining, bertujuan meningkatkan kapasitas TPA Piyungan atau memakai kembali.

E. Daftar Kepustakaan: 50 (1986-2010)

SUMMARY

**Programme of Study in Environmental Sciences
Postgraduate Programme University of Indonesia
Thesis, 2010**

- A. Name : Anggita Dhiny Rarastri
B. Title : A STUDY ON METHANE GAS EMISSION REDUCTION
THROUGH CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM
IMPLEMENTATION AT TPA PIYUNGAN BANTUL
C. Number of Page : initial page xx, 98 content, 24 figures, 15 tables,
and 2 graphs.

Summary

Clean Development Mechanism as one of the instruments in the climate alteration mitigation at present is the only flexible mechanism that involved developing countries in their implementation. CDM owns two main intentions, such as: to help developing countries as a host of CDM project to achieve sustainable development; and to help developed or established countries to decrease the target of their emission (may not possibly fulfilled in their home country) by taking credit from the decrease of emission produced from the projects carried in the developing countries. This mechanism is to decrease emission from its sources, to decrease content of GRK in the atmosphere, and sustainable development approach. This mechanism is sustainable seeing from the aspect of environment, social and economy.

The gas categorized as GRK is the most influenced ones, either directly or indirectly, against the effect of glass house. The gases contain carbon dioxide (CO₂), methane gas (CH₄), dinitrogen oxide (N₂O), Chlorofluorocarbon (CFC). Methane gas is one of the glass-house gases derived from the decomposition process of anaerobic organic solid waste. The solid waste management that is not treated well will cause for methane released into the air, and the enhancement of methane gas emission concentration (CH₄) caused by the higher emission speed compared with the lower methane.

Solid waste TPA Piyungan in the approximately amount of 160.445 ton/year. It is still using open dumping to treat its solid waste. The condition of TPA Piyungan by using the open dumping system can cause negative impact. The formulation of problem in this research is that TPA Piyungan **has not been properly treated by using collection system and provided TPA field gas control, causes enhancement of gas CH₄ (methane) released into atmosphere in the form of emission.**

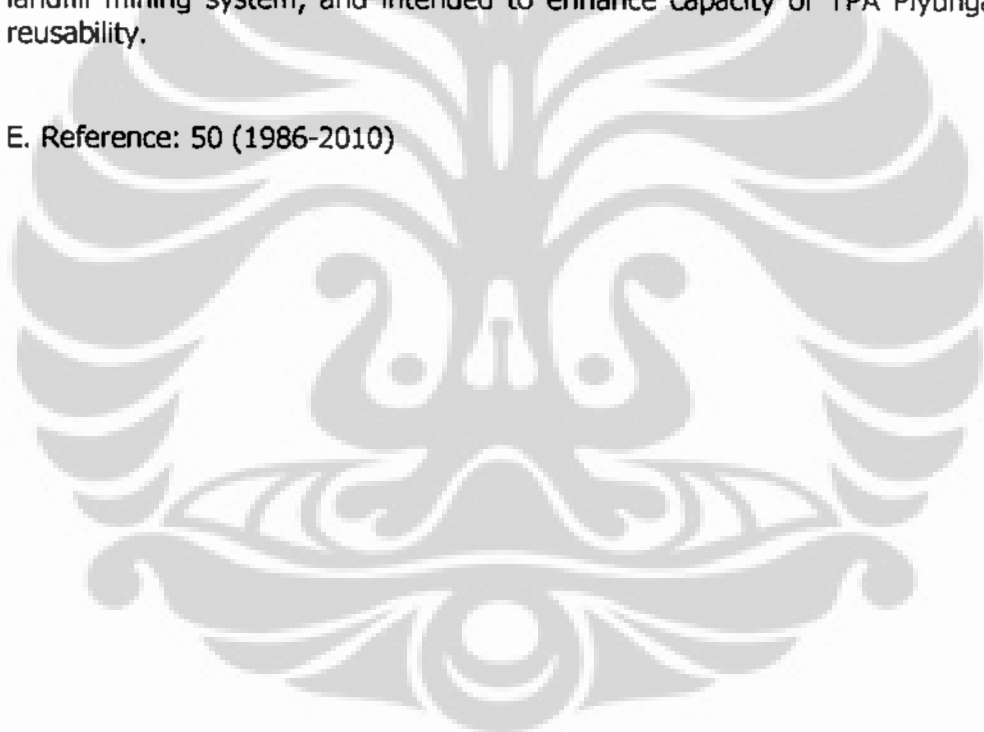
In general, this research is intended to discuss about methane emission reduction and role of CDM in the solid waste management in TPA Piyungan. Intention of this research is (1) to estimate amount of methane from the landfill of TPA Piyungan; (2) to estimate reduction of methane gas emission through CDM implementation in TPA Piyungan; (3) to analyze economic benefit of methane gas emission reduction through CDM implementation in TPA Piyungan; (4) to analyze role of CDM in the solid waste management in TPA Piyungan; (5) to analyze solid waste management in TPA Piyungan after CDM implementation.

The result of this research is expected to be useful for the academic community as material of analysis and environment information; as material of information of gas emission estimation CH₄ (methane) from the solid waste generation derived from small and medium urban TPA; as the analysis material of methane gas emission reduction through CDM in TPA Piyungan environmentally, economically and socially; to provide with contribution of thought as the basic of policy making for the Local Government of Yogyakarta, Sleman, and Bantul or in the small and medium scale city to anticipate gas emission condition of CH₄ (methane).

This research used is the form of non-experimental quantitative. This sort of this research is classified into descriptive that intended to explain condition of methane gas emission reduction through CDM implementation in TPA Piyungan, and to describe CDM role in the solid waste management. In general, the method used to answer objective of first and second research by using method of analysis and calculation, such as IPCC 2006: (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories Chapter 3: Solid Solid waste disposal), the third and fourth by using the method of interview and bibliography study. Total informants interviewed comprised of 15 (fifteen) persons coming from the local and central Government, the private as the project developers (Shimizu), the community in the area of TPA Piyungan. The result of this research indicated that (1) Total estimation of methane emission of TPA Piyungan in 1995 until 2010 in the amount of 1.661,6 tCO₂e; (2) It found emission decrease of methane gas since non-existence of CDM activity. With the existence of methane emission reduction activity through CDM implementation in TPA Piyungan, totally in 2011 – 2019 in the amount of 447.919 tCO₂e by receiving CERs in the amount of 44.344.005.790 (@ 99000/ton CO₂e) produces electricity in the amount of 24.605.124 Kwh/ton-CO₂; (3) Economic analysis concluded that the NPV and IRR activity is indicated negative value, while the existence of activity is indicated positive value. IRR value with the existence of CDM implementation in TPA Piyungan in the amount of 12,57% indicated bigger from the referred interest rate (BI rate). At present, the interest rate is in the amount of 65%, it means that investment value of CDM implementation activity in TPA Piyungan is higher (12,57%) a year compared if the investment in the bank in the amount of 6,5% a year. Then, NPV is indicated positive value; it means that the project is properly to carry out, and it is estimated that it is capable to return the capital of activity in 2015, total return capital is in the amount of Rp. 15.408.909.401; (4) The role of clean development mechanism for the solid waste management of TPA Piyungan in Bantul as the aspect of environmental, social, economy and law is properly fulfilled since the existence of three continuation aspects; (5) The solid waste management after the implementation of clean development mechanism will be used to be final processing location (TPA) with the utility as following solid waste processing area and green area. TPA Piyungan owns three zones with the width of 10 ha, *zone (1)* in the width of 1,5 ha can be created to be solid waste processing location that comprises of (a) sorting area, composting area and office area; *zone (2)* in the width of 2,5 ha after being used as methane gas collection installation and will be gas installation after operation of TPA Piyungan; *zone 3* in the width of 2,5 ha can be green area around TPA Piyungan, by considering the aspect of technical, social, economy and environment.

Suggestion that can be provided with the activity of climate alteration impact supervision is still needed to implement, remembering the annual increasing solid waste production in line with the population growth. The reduction of methane emission in Indonesia has also not been running well, remembering that there's still several TPA that applied gas flare system. It needs to socialize the apprehension about the activity of clean development mechanism implementation for the local government, society. In this way, it is expected that the government can make regulation in the local area for the activity of clean development mechanism implementation. In overcoming with the climate alteration, it is expected that the activity of clean development mechanism implementation in TPA Piyungan will sooner implement and maximize benefit of methane gas emission as renewable energy. This activity need to be implemented to TPA in Indonesia. Recommendation to the further research is to implement follow up analysis about the utility of TPA Piyungan by using the landfill mining system, and intended to enhance capacity of TPA Piyungan or reusability.

E. Reference: 50 (1986-2010)



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk semakin lama semakin meningkat hal ini adalah ancaman terbesar dari masalah lingkungan hidup di Indonesia dan dunia. Setiap orang memerlukan energi, lahan dan sumber daya yang besar untuk bertahan hidup. Berbagai aktivitas manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya memberikan dampak terhadap terjadinya perubahan kualitas lingkungan yang berimplikasi terhadap perubahan lingkungan secara global.

Salah satu perubahan lingkungan secara global adalah pemanasan global. Pemanasan global membangkitkan fenomena perubahan iklim yang mengakibatkan bencana lingkungan bersifat global. Pemanasan global adalah peristiwa naiknya suhu permukaan bumi. Keadaan iklim dipengaruhi oleh faktor topografi, letak geografi, dan suhu atmosfer. Suhu merupakan sumber energi yang menggerakkan faktor-faktor iklim. Suhu atmosfer ditentukan oleh kadar gas di atmosfer yang disebut gas rumah kaca (Soemarwoto, 2001). Gas rumah kaca bermanfaat untuk meningkatkan suhu permukaan bumi sehingga bumi menjadi lebih dapat dihuni, sebab jika tanpa gas rumah kaca sama sekali, maka suhu permukaan bumi akan menjadi sekitar 30°C lebih rendah dari pada suhu atmosfer sekarang ini, sehingga membuat manusia tidak dapat hidup.

Konsentrasi gas rumah kaca yang terbesar (antropogenik) menurut data IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) tahun 1995 adalah CO₂ (karbondioksida) sebesar 358 ppmv berasal dari pembakaran *fossil fuel*, perubahan tata guna lahan, produksi semen dan metan (CH₄) sebesar 1720 ppmv berasal dari penggunaan bahan bakar fosil, persawahan, peternakan dan sampah (*landfill*). Trend emisi metan (CH₄) tCO₂-eq di dunia yang bersumber dari TPA, dari tahun 1990 sebesar 550 meningkat 2 kali lipat di tahun 2020 sebesar 910 jika tidak adanya intervensi dalam pengelolaan di TPA (Tabel 1).

Tabel 1. Trend emisi metan (CH_4) tCO₂-eq Tahun 1996-2020

Sumber	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	Catatan
Metan yang berasal dari TPA	550	585	590	635	700	795	910	Nilai rata-rata

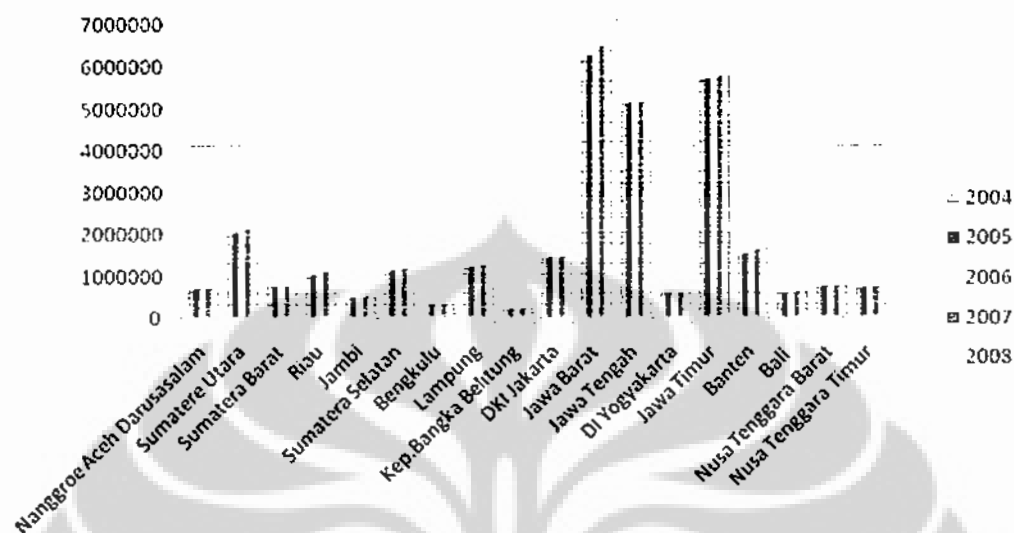
Sumber: (IPCC Inventory Guidelines Working Group III, 2007)

Salah satu sumber emisi metan adalah sampah yang berasal dari TPA. Beberapa negara di dunia telah mengolah sampah dengan menerapkan kegiatan 3R (*reduce, reuse, recycle*) untuk mengurangi emisi metan. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup tahun 2006, negara Eropa, Belgium, Denmark, Inggris, Slovenia, Jerman, dan Brazil mempunyai target untuk mengelola sampah sebesar 50%, 85%, 54%, 52%, 78%, 75%, 80%. Target tersebut berdasarkan kecenderungan komposisi sampah, penerapan teknologi, kebijakan pemerintah dan adanya kesadaran masyarakat.

Sedangkan di Indonesia, pada tahun 2010 rata-rata presentase sampah terolah untuk kota besar 0,29% sedangkan kota metro sebesar 0,70% (KLH, 2010). Sampah yang tidak terkelola dengan baik akan menimbulkan dampak negatif. Berkaitan dengan permasalahan tersebut, laju percepatan pertumbuhan penduduk perkotaan di Indonesia mencapai 3% termasuk urbanisasi serta meningkatnya aktivitas dan konsumsi masyarakat perkotaan. Konsumsi dan gaya hidup akan meningkatkan volume dan jenis sampah yang akan meningkatkan gas CH_4 (*methane*). Maka dari itu permasalahan sampah sampai saat ini merupakan masalah yang belum terpecahkan, dengan dihadapkan dengan masalah keterbatasan lahan di wilayah perkotaan, maka semakin tidak mudah memperoleh lokasi yang dapat menjadi tempat pembuangan akhir sampah, sehingga kebanyakan TPA berlokasi di dekat sungai, jurang, bekas rawa, dan berdekatan dengan daerah lain/perbatasan yang rawan terjadinya pencemaran dan konflik antar wilayah serta permasalahan sosial (KLH, 2010).

Data trend pada tahun 2004-2008 berdasarkan KLH, jumlah sampah yang dibuang ke TPA meningkat tiap tahunnya (Gambar 1.1). Kota metro seperti DKI Jakarta, pada tahun 2004 jumlah sampah yang dibuang ke TPA sebesar 1.370.549 ton/tahun meningkat pada tahun 2008 sebesar 1.408.129 ton/tahun. Jumlah sampah tersebut berhubungan dengan emisi metan (CH_4) yang

dihasilkan. Timbulan sampah yang tidak dikelola secara benar, salah satu penyebab emisi gas metan (CH_4) terlepas ke atmosfer.



Gambar 1.1 Timbulan Sampah di TPA (ton) Menurut Propinsi Tahun 2004-2008 (KLH, 2008)

Kodya Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul memiliki kerjasama dalam pengelolaan persampahan yaitu kerjasama dalam tempat pembuangan akhir sampah regional, TPA Piyungan. Luas lahan TPA Piyungan sebesar ± 13 Ha, pada tahun 2008 telah dipakai untuk penimbunan sekitar 10 Ha. Untuk jumlah sampah yang terangkut ke TPA Piyungan sekitar 243 Ton/hari. Pengelolaan sampah TPA Piyungan masih memakai sistem *open dumping* untuk mengelola sampahnya, sistem *open dumping* belum mensyaratkan gas metan agar dikelola sehingga meningkatkan emisi di atmosfer. Keadaan TPA Piyungan dengan sistem *open dumping* dan masa pakai habis tahun 2010 dapat mengakibatkan dampak negatif. Berdasarkan Unit Pengelola TPA Piyungan Kabupaten Bantul tahun 2009 timbulan sampah tahun 2009 sebesar 150.684 ton/tahun.

Dampak negatif yang terjadi akibat peningkatan konsentrasi GRK yaitu menyebabkan di beberapa tempat atau ekosistem atau masyarakat akan sangat rentan menghadapi perubahan tersebut. Ekosistem alami seperti terumbu karang juga sangat peka terhadap kenaikan suhu, apalagi jika kenaikan tersebut permanen, peristiwa *El Nino* tahun 1997 banyak terumbu karang di

Asia Tenggara mengalami pemutihan (*bleaching*), jika pemanasan suhu air laut terus berlangsung, maka pemulihannya akan sulit terjadi. Di Indonesia akibat pemanasan global terjadi mengakibatkan peningkatan 2-3% curah hujan pertahun di Indonesia. Periode 2003-2005, terjadi 1.429 kejadian bencana. Sekitar 53,3% adalah bencana terkait dengan hidro-meteorologi (Bappenas dan Bakornas PB, 2006). Menurut Departemen Kelautan dan Perikanan, dalam dua tahun saja (2005-2007) Indonesia telah kehilangan 24 pulau kecil di Nusantara yaitu tiga pulau di Nanggroe Aceh Darussalam (NAD), tiga pulau di Sumatera utara, tiga di Papua, lima di Kepulauan Riau, dua di Sumatera Barat, satu di Sulawesi Selatan, dan tujuh di kawasan Kepulauan Seribu, Jakarta.

Berkaitan dengan dampak yang terjadi akibat peningkatan konsentrasi GRK, pada tahun 1979 diadakan konferensi *the World Climate* di Geneva yang diadakan pada tahun 1979 dengan hasil didirikannya *the World Climate programme* dibawah *the World Meteorological Organization*, UNEP, UNIESCO dan ICSU, protokol Kyoto yang menghasilkan kesepakatan penurunan emisi gas rumah kaca serta salah satu mekanisme penurunan yaitu mekanisme pembangunan bersih atau CDM (*clean development mechanism*) hingga Konferensi PBB mengenai Perubahan Iklim yang diadakan di Bali pada tanggal 3-14 Desember 2007, perjalanan selama 28 tahun diharapkan akan berdampak kepada pemulihan dunia secara perlahan-lahan (Rarastri, 2007).

1.2. Rumusan permasalahan

TPA Piyungan beroperasi sejak tahun 1998 sampai tahun 2012. Timbulan sampah TPA Piyungan tahun 2009 sebesar 150.684 ton/tahun (Unit Pengelola TPA Piyungan Kabupaten Bantul, 2009). Perencanaan TPA Piyungan menggunakan sistem *control landfill*, dengan mensyaratkan adanya pengelolaan *landfill*, lindi, dan gas lahan TPA. Berdasarkan kondisi eksisting, TPA Piyungan dioperasikan dengan sistem *open dumping*. Dengan kondisi instalasi gas metan hanya berupa pemasangan pipa vertikal disambung sepanjang 2 m yang dilakukan setelah zona di TPA berstatus pasif atau zona di TPA sudah penuh, kemudian pengolahan lindi tidak berfungsi dengan baik. Gas metan yang tidak tertangani mengakibatkan gas metan terlepas ke atmosfer, menjadi gas rumah kaca. Gas rumah kaca yang semakin meningkat

mengakibatkan pemanasan global yang akan menyebabkan perubahan iklim. Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah belum terkelolanya TPA Piyungan dengan sistem pengumpulan dan pengontrolan gas lahan TPA yang tersedia, menyebabkan meningkatkan gas CH_4 (*methane*) terlepas ke atmosfer dalam bentuk emisi.

Selanjutnya berdasarkan rumusan masalah tersebut, peneliti mengajukan beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Seberapa besar jumlah metan dari timbunan sampah TPA di Piyungan?
2. Seberapa besar reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM pada TPA Piyungan selama kurun waktu 9 tahun (2011-2019)?
3. Bagaimana manfaat ekonomi reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM pada TPA Piyungan?
4. Bagaimana peranan CDM dalam pengelolaan persampahan di TPA Piyungan?
5. Bagaimana pengelolaan persampahan di TPA Piyungan setelah implementasi CDM?

1.3. Tujuan

Berdasarkan uraian latar belakang dan perumusan masalah maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis besarnya jumlah metan dari timbunan sampah TPA Piyungan.
2. Mengestimasi reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan selama kurun waktu 9 tahun (2011-2019).
3. Menganalisis manfaat ekonomi reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM pada TPA Piyungan.
4. Menganalisis peranan CDM dalam pengelolaan persampahan di TPA Piyungan.
5. Menganalisis pengelolaan persampahan di TPA Piyungan setelah implementasi CDM.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Dapat memberikan pengkayaan data dan informasi bagi ilmu lingkungan.

2. Dapat digunakan sebagai bahan informasi perkiraan emisi gas CH_4 (*methane*) dari timbunan sampah dari TPA kota sedang dan kecil.
3. Dapat mengetahui reduksi emisi gas metan melalui CDM di TPA Piyungan secara lingkungan, ekonomi dan sosial.
4. Dapat memberikan sumbangan pemikiran sebagai dasar pengambilan kebijakan bagi Pemda Sleman untuk mengantisipasi kondisi laju emisi gas CH_4 (*methane*).



BAB 2

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1. Kerangka Teoretik

2.1.1. Pengelolaan Lingkungan Hidup

Lingkungan adalah seluruh faktor luar yang mempengaruhi suatu organisme; faktor-faktor ini dapat berupa organisme hidup atau variabel-variabel yang tidak hidup, contohnya suhu, curah hujan, panjangnya siang, angin serta arus- arus laut. Interaksi-interaksi antara organisme-organisme dengan kedua faktor biotik dan abiotik membentuk suatu ekosistem. Bahkan perubahan kecil suatu faktor dalam suatu ekosistem dapat berpengaruh terhadap suatu jenis binatang atau tumbuhan dalam lingkungannya (Mulyanto, 2007).

Dasar-dasar ekologi berwawasan lingkungan menginformasikan bahwa lingkungan hidup tidak berdiri sendiri, tetapi secara komprehensif memuat tiga komponen utama lingkungan. Lingkungan alam seperti hutan alam, laut, gunung, sungai, danau dipengaruhi oleh lingkungan sosial manusia seperti budaya, agama, adat-istiadat, pendidikan, hukum, kelembagaan, kemudian lingkungan sosial manusia membutuhkan beberapa kebutuhan untuk hidupnya, yang menggunakan alam, untuk kebutuhannya tersebut, manusia membuat permukiman, sawah, waduk, industri, pertambangan, pertanian, perikanan. Peningkatan kebutuhan akan sumber daya dan tidak dikelola secara berkelanjutan menyebabkan permasalahan lingkungan.

Pengelolaan lingkungan hidup menurut Undang-Undang No.32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yaitu: "upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum". Pengelolaan lingkungan hidup berkaitan dengan penataan ruang yang merupakan alat dalam pengelolaan lingkungan, mempunyai kaidah dasar yang melandasi pengelolaan lingkungan hidup Indonesia tercakup di dalam UUD 1945 Pasal 33 ayat 3 yaitu : "Bumi dan air dan kekayaan yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan

dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat". Sedangkan tujuan dari pengelolaan lingkungan hidup yaitu terwujudnya pembangunan yang berkelanjutan.

Pencapaian konsep pembangunan berkelanjutan harus mempertimbangkan unsur sumber daya dan lingkungan yang dipadukan dengan perencanaan pembangunan dan proses pengambilan keputusan oleh pemerintah. Pembangunan yang ada tidak boleh membahayakan alam yang mendukung kehidupan. Pemakaian sumber daya alam tak terbarui harus ditekan penggunaannya, pemakaian kembali, penghematan serta adanya alternatif pengganti. Untuk pemakaian sumberdaya alam terbarui memperhitungkan kemampuan daya pulihnya.

2.1.2. Pengelolaan Sampah Dunia

Produksi sampah negara maju berdasarkan data World bank (2000) memiliki timbulan sampah rata-rata 1.38 Kg/Kapita/hari dengan rata-rata jumlah penduduk 49.439.286 dari lima negara maju yaitu Jepang, Perancis, Norwegia, Amerika Serikat dan Swiss. Kondisi tersebut karena pendapatan masyarakat di lima negara terbilang tinggi. Tingkat timbulan sampah di negara berkembang rata-rata masih dibawah negara maju. Salah satu faktor yang mempengaruhi timbulan sampah yaitu tingkat pendapatan suatu negara dan pola konsumsi dan jumlah penduduk. Negara berkembang mempunyai pendapatan nasional masih dibawah negara maju dan sistem pengelolaan persampahan di negara maju lebih baik dibandingkan dengan negara berkembang.

Berdasarkan IPCC, 2007, menyatakan bahwa, konsumsi masyarakat adalah penyumbang sampah yang lebih sedikit dibandingkan dengan emisi GHG secara global sebesar <5%, dengan landfill CH₄ sebesar >50% terhadap emisi saat ini. Sumber emisi kedua adalah limbah cair CH₄ dan N₂O, dan emisi dari hasil CO₂ dari pembakaran sampah yang berisi fosil karbon. Secara umum, terdapat beberapa perbedaan berkaitan dengan kuantitas emisi langsung, emisi tidak langsung dan potensi mitigasi.

Hal ini penting ditekankan bahwa sampah merupakan sumber energi signifikan yang diperbaharui, yang dapat dieksploitasi melalui proses thermal

(pembakaran dan pembakaran yang dilakukan perusahaan industri), penggunaan gas landfill dan penggunaan biogas *anaerobic digester*. Sampah memiliki nilai ekonomi dibandingkan dengan beberapa sumber *biomass* karena secara reguler sampah ini dikumpulkan atas biaya masyarakat. Sampah yang berenergi dapat dieksploitasi secara efisien dengan menggunakan proses *thermal*: selama pembakaran, energi secara langsung dihasilkan dari *biomass*, seperti produk kertas, kayu, tekstil buatan industri rumah, dan makanan; dan dari fosil karbon seperti plastik, tekstil sintetis. Apabila rata-rata kadar panas sebesar 9GJ/t, maka sampah global berisi >8EJ (hampir 2% dari permintaan energi utama) pada tahun 2030. Lebih dari 130 juta ton sampah per tahun dibakar di seluruh dunia yang nilainya sama dengan >1EJ/tahun. Pemulihan emisi CH₄ berasal dari landfill sebagai suatu sumber energi yang diperbaharui diperjual belikan lebih dari 30 tahun yang lalu dengan nilai energi terkini sebesar >0.2 EJ per tahun. Bersamaan dengan proses *thermal*, gas landfill dan gas *anaerobic digester* dapat memberikan sumber energi tambahan yang penting untuk daerah setempat.

Dikarenakan adanya pemulihan gas landfill dan tindakan tambahan seperti peningkatan daur ulang dan penurunan landfill melalui pelaksanaan teknologi alternatif, emisi CH₄ dari landfill di beberapa negara yang sudah berkembang sudah distabilkan secara besar-besaran. Pilihan yang terbaik, yaitu teknologi manajemen pengelolaan sampah berskala besar untuk menghindari atau mengurangi emisi GHG dengan cara pembakaran limbah menjadi energi dan proses biologi, seperti *composting*. Walaupun, di beberapa Negara yang sedang berkembang, emisi landfill CH₄ meningkat, maka pengolahan TPA yang terintegrasi sedang dilakukan. Hal ini telah dilakukan, khususnya di wilayah urbanisasi yang cepat berkembang dimana penanganan TPA memberikan suatu strategi pembuangan sampah yang lebih dapat diterima oleh lingkungan dari pada di tempat sampah terbuka dengan cara mengurangi vektor penyakit, bau racun, pembakaran yang tak terkontrol dan emisi polusi ke udara, air dan tanah. Sebaliknya, emisi GHG yang lebih tinggi bisa terjadi apabila produksi aerobik CO₂ (dengan pembakaran atau dekomposisi pembakaran) berubah ke produksi aerobik CH₄. Peningkatan emisi CH₄ dapat dimitigasikan dengan sosialisasi terhadap pemulihan pengelolaan gas, dan dengan mekanisme Kyoto,

seperti CDM. Pada akhir Oktober 2006, proyek pemulihan gas landfill bertanggung jawab sebesar 12% rata-rata pertahunnya terhadap Pengurangan CER yang berada dibawah CDM. Strategi manajemen sampah, seperti daur-ulang dan komposting dapat dilakukan di beberapa negara yang sedang berkembang (IPCC, 2007).

Pendauran ulang, penggunaan kembali, dan inisiatif penurunan jumlah sampah, baik secara umum atau pribadi, secara tidak langsung mengurangi emisi GHG dengan mengurangi jumlah sampah yang perlu dibuang. Hal ini tergantung dari peraturan, kebijakan, pasar, prioritas ekonomi, dan kepentingan umum, beberapa negara melakukan aktivitas daur ulang yang lebih baik terhadap sumber-sumber yang sudah ada, penggunaan limbah minyak fosil, untuk menghindari sumber GHG. Peningkatan kuantitas daur-ulang secara global dapat dilakukan dengan baik karena adanya ketentuan dan ketetapan; tetapi penurunan sampah sebesar >50% telah dicapai. Hasil riset menunjukkan bahwa aktivitas daur ulang berteknologi rendah dapat menyerap pekerjaan yang baik dan ber investasi skala kecil. Tantangannya adalah untuk memberikan kondisi kerja yang lebih aman dan lebih sehat dari yang dialami oleh pemulung di wilayah pembuangan akhir sampah yang tidak terkontrol.

Berkaitan dengan penanganan sampah dan limbah cair di beberapa negara yang sedang berkembang, dua batasan terpenting terhadap perkembangan yang berkesinambungan adalah sumber dan seleksi keuangan yang sesuai, dan teknologi yang berkesinambungan terhadap solusi tertentu. Pelaksanaan infrastruktur limbah cair dan limbah padat yang berkesinambungan menghasilkan manfaat yang berlipat ganda guna membantu pelaksanaan *millennium development goals* (MDG) melalui kesehatan umum yang diperbaiki, konservasi sumber air dan pengurangan pembuangan udara kotor ke udara, permukaan air, air tanah, tanah, dan zona panta (IPCC, 2007).

2.1.3. Pengelolaan Sampah TPA di Indonesia

Tempat pemrosesan akhir sampah (TPA) merupakan tempat untuk memroses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan (UU No.18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah). Bila

sampah ditumpuk pada satu tempat secara berkelanjutan maka tentu saja tidak mungkin karena akan menimbulkan masalah pencemaran pada lingkungan sekitar dan lama – kelamaan kapasitasnya tidak akan mencukupi. Dalam pembuangan akhir sampah, dikenal beberapa metode antara lain *landfilling*. *Landfilling* adalah cara pengolahan sampah ke dalam tanah dengan pengurugan dan penimbunan. *Landfill* merupakan fasilitas fisik yang digunakan untuk membuang limbah padat di permukaan tanah (Tchobanoglous, 1993). Metode *landfilling* untuk mengolah sampah, yang bertujuan agar sampah yang diolah kembali ke alam secara aman

Metode *landfilling* yang digunakan di Indonesia yaitu *open dumping*, *control landfill*, *sanitary landfill*. *Open dumping*, adalah metode pengurugan sampah secara terbuka tanpa adanya pengelolaan dan penanganan terhadap masalah yang ditimbulkan oleh penumpukkan sampah tersebut. Lahan urug terkendali, merupakan perbaikan dari sistem *open dumping* yang meliputi adanya kegiatan penutupan sampah dengan lapisan tanah, fasilitas drainase, fasilitas pengumpulan dan pengolahan lindi (*leachate*). *Sanitary landfill*, merupakan metode menimbun sampah dan kemudian diratakan, dipadatkan kemudian diberi tanah penutup pada atasnya sebagai lapisan penutup. Hal ini dilakukan berlapis – lapis sesuai dengan perencanaannya. Pelapisan sampah dengan menggunakan tanah dilakukan setiap hari pada akhir operasi (Tabel 2.1).

Berdasarkan data KLH tahun 2008, TPA di Indonesia sebagian besar masih menggunakan sistem *open dumping*, sebagian kecil lainnya memakai sistem *control landfill* (Tabel 2.2). Hal ini dikarenakan manajemen pengelolaan sampah TPA yang kurang baik, seperti aspek SDM, pembiayaan pemeliharaan, faktor kelembagaan dan situasi politik mempengaruhi. Pengelolaan sampah yang kurang baik dapat menyebabkan timbulnya dampak negatif.

Tabel 2.1. Kriteria Perbedaan *Open Dumping, control landfill, Sanitary Landfill*

Kriteria	Sistem Pembuangan Terbuka	Lahan Urug Terkendali	Lahan Urug Saniter
Lokasi (<i>site</i>)	Tidak terencana dan sering berada pada lokasi yang tidak tepat	Memperhitungkan kondisi hidrogeologi	Pemilihan lokasi memperhitungkan faktor lingkungan, masyarakat, dan biaya
Kapasitas	Tidak diketahui	Terencana	Terencana
Perencanaan sel	<ul style="list-style-type: none"> Tidak ada Sampah ditimbun tidak beraturan Tidak ada pengawasan pada daerah aktif 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak ada tetapi daerah aktif diminimalkan Penimbunan dilakukan pada tempat yang telah direncanakan 	<ul style="list-style-type: none"> Operasional didasarkan pengembangan sel demi sel Operasional pada daerah aktif dilakukan pada daerah yang sangat terbatas Penimbunan sampah dilakukan sesuai sel yang direncanakan
Persiapan lokasi (<i>site</i>)	Sedikit atau tanpa persiapan	<ul style="list-style-type: none"> Bertahap mulai dari lapisan dasar Pemantauan saluran drainase dan air permukaan di sekeliling TPA 	Seluruh areal dipersiapkan secara meluas
Penanganan lindi	Tidak ada	Sebagian saja	Lengkap dan menyeluruh
Penanganan gas metan	Tidak ada	Sebagian saja	Lengkap dan menyeluruh
Aplikasi tanah penutup	Sekali-kali atau tidak dilakukan	Dilakukan secara teratur tetapi tidak setiap hari	Dilakukan setiap hari pada daerah aktif, pada lapisan intermediate, dan pada lapisan penutup akhir
Pemadatan sampah	Tidak dilakukan	Dilakukan pada sebagian area	Dilakukan di seluruh area
Pemeliharaan jalan	Tidak ada	Ada sebagian	Ada pengembangan dan pemeliharaan seluruh jalan
Pagar	Tidak ada	Ada pagar	Ada pagar yang aman dan dilengkapi pintu gerbang
Sumber sampah	Tidak ada pemantauan kuantitas dan komposisi	Ada pemantauan kuantitas dan komposisi tetapi sebagian saja	<ul style="list-style-type: none"> Ada pemantauan kuantitas dan komposisi secara lengkap Menyediakan penanganan khusus untuk jenis sampah tertentu
Pencacatan sampah	Tidak ada	Ada pencacatan dasar	Ada pencacatan lengkap antara lain volume, jenis, sumber, dan
Pemulung	Ada dan tidak terkontrol	Ada terkontrol	Tidak ada
Penutupan	Proses penutupan tidak terencana dan tidak tepat	Kegiatan penutupan terbatas pada pemadatan tanah yang kurang kuat di sebagian area dan penanaman pohon	Ada kegiatan penutupan yang terencana dan lengkap serta memiliki perencanaan setelah penutupan
Biaya	Dana awal murah, dana jangka panjang mahal	Dana awal murah sampai sedang, dana jangka panjang mahal	Dana awal tinggi, biaya operasi dan pemeliharaan, dana jangka panjang sedang
Dampak lingkungan dan kesehatan	Sangat tinggi	Lebih rendah dibanding open dump	Minimal

(Sumber: UNDP, 2008)

Tabel 2.2. Kondisi TPA di Indonesia Tahun 2008

No	Kota/Kabupaten	Nama TPA	Luas TPA (Ha)	Metode Landfilling
1	DKI Jakarta	Bantar Gebang	108	<i>Control Landfill</i>
2	Bekasi	Sumur Batu	10	<i>Control Landfill</i>
3	Depok	Cipayung	9,10	<i>Open Dumping</i>
4	Bandung	Jelekong-Leuwigajah	17	<i>Open Dumping</i>
5	Semarang	Jatibarang	46,18	<i>Open Dumping</i>
6	Surabaya	Benowo	26,70	<i>Control Landfill</i>
7	Makassar	Tamangapa	11,70	<i>Open Dumping</i>
8	Banjarmasin	Lingkar Basirih	35,40	<i>Control Landfill</i>
9	DI Yogyakarta	Piyungan	12	<i>Control Landfill</i>
10	Surakarta	Putri Cempo	17	<i>Open Dumping</i>
11	Denpasar	Suwung	42	<i>Open Dumping</i>
12	Pekanbaru	Muara Fajar Rumbai	8,6	<i>Open Dumping</i>
13	Bogor	Galuga	13,6	<i>Open Dumping</i>
14	Batam	Telaga Punggur	11	<i>Control Landfill</i>
15	Padang	Air Dingin	30,3	<i>Open Dumping</i>
16	Bandar Lampung	Bakung	14,1	<i>Open Dumping</i>
17	Medan	Namo Bintang	15,87	<i>Open Dumping</i>
18	Malang	Supit Urang	15	<i>Open Dumping</i>
19	Samarinda	Palaran	10	<i>Open Dumping</i>
20	Balikpapan	Manggar	25,1	<i>Control Landfill</i>
21	Tangerang	Rawakucing	18,49	<i>Open Dumping</i>
22	Palembang	Karya Jaya	40	<i>Control Landfill</i>

(Sumber: KLH, 2008)

Permasalahan utama akibat sampah apabila tidak dikelola di TPA yaitu dapat menyebabkan timbulnya pencemaran, seperti: (1) Pencemaran udara, pembakaran sampah berdampak pada tercemarnya udara oleh gas-gas hasil pembakaran, di antaranya CO₂, CO, dioksin, asap dan berbagai macam bahan berbahaya lainnya. Kemudian menimbulkan kebauan yang dapat mengganggu masyarakat yang bertempat tinggal di dekat TPA atau di wilayah timbulan sampah yang tidak terkelola dan pelepasan gas metan; (2) Pencemaran air, mencemari air (saluran air, irigasi, sungai danau, dan pantai) yang mempunyai potensi mengakibatkan banjir dimusim hujan dan penurunan nilai estetika; (3) Pencemaran tanah, menutup permukaan tanah sehingga dapat menyebabkan rusaknya/mengurangi kesuburan lahan, mengurangi sistem pengudaraan serta mengurai nilai estetika; (5) Pengaruh tidak baik dari sampah yang lainnya yaitu

dari segi kesehatan sebagai sumber penyakit dan bersarangnya binatang *vector* penyakit. Kemudian juga berdampak pada permasalahan sosial seperti semakin banyaknya pemulung di TPA, karena kelayakan kesehatan, lingkungan di TPA tidak sesuai.

Salah satu dampak negatif dari sampah yang tidak terkelola adalah terlepasnya gas metan diudara. Gas metan merupakan salah satu gas rumah kaca, jika konsentrasinya tinggi dapat menyebabkan perubahan iklim. Perubahan iklim merupakan sesuatu yang kompleks. Dampak perubahan iklim dan pemanasan global yaitu di beberapa tempat atau ekosistem atau masyarakat akan sangat rentan (*vulnerable*) menghadapi perubahan, dan berbagai sektor seperti pertanian, kelautan akan menghadapi dampak negatif. Upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim saat ini sedang dilakukan di berbagai negara. Salah satu mitigasi yaitu dengan mekanisme pembangunan bersih. Mekanisme pembangunan bersih merupakan salah satu cara di Protokol Kyoto yang bertujuan untuk menstabilkan gas rumah kaca.

2.1.4. Indonesia dan Perubahan Iklim

Perubahan iklim menurut IPCC (2007), menyatakan suatu perubahan yang terjadi di dalam keadaan iklim yang dapat diidentifikasi (misalnya menggunakan uji statistik), baik perubahan-perubahan pada rata-rata tengahnya dan/atau variabilitas komponen-komponennya, dan berlangsung dalam periode waktu yang panjang dalam dekade atau lebih panjang. Perubahan yang terjadi dapat disebabkan karena proses-proses internal atau pun kekuatan-kekuatan eksternal, atau adanya perubahan-perubahan antropogenik yang berlangsung terus-menerus di dalam komposisi atmosfer atau di dalam penggunaan lahan.

Faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi iklim bumi yaitu fenomena alam seperti letusan gunung berapi dan variasi sinar matahari, serta perubahan-perubahan pada komposisi atmosfer yang disebabkan oleh manusia. Komponen-komponen atmosfer sistem iklim membentuk sifat-sifat iklim. Sistem iklim sendiri sangat kompleks dan interaktif, terdiri dari atmosfer, permukaan tanah, salju dan es, lautan dan badan air lainnya, serta makhluk hidup. Iklim sering

didefinisikan sebagai cuaca rata-rata, dan biasanya dijelaskan dengan suhu rata-rata, variabilitas suhu presipitasi dan angin selama suatu periode waktu yang berkisar dari bulan ke jutaan tahun (biasanya digunakan periode 30 tahun). Energi pada sistem iklim diperoleh dari radiasi sinar matahari (Sutamihardja, 2009).

Iklim akan bereaksi jika ada perubahan-perubahan pada kesetimbangan radiasi bumi yang salah satunya dipengaruhi oleh berubahnya radiasi sinar matahari yang masuk (misalnya karena adanya perubahan pada orbit atau matahari). Dua cara lainnya yang menyebabkan keseimbangan radiasi bumi berubah adalah dengan mengubah fraksi radiasi sinar matahari yang dipantulkan (misalnya perubahan-perubahan pada tutupan awan, partikel-partikel atmosfer atau tumbuhan) dan dengan mengubah jumlah radiasi gelombang panjang dari bumi yang kembali ke ruang angkasa, misalnya dengan perubahan konsentrasi gas rumah kaca (Sutamihardja, 2009).

Gas rumah kaca bermanfaat untuk meningkatkan suhu permukaan bumi sehingga bumi menjadi lebih dapat dihuni, sebab jika tanpa gas rumah kaca sama sekali, maka suhu permukaan bumi akan menjadi sekitar 30°C lebih rendah dari pada suhu atmosfer sekarang ini, sehingga membuat manusia tidak dapat hidup. Menurut Boer (2002), menyatakan tingkat emisi gas rumah kaca cenderung meningkat dari waktu ke waktu akibat meningkatnya aktivitas manusia setelah era industri. Apabila laju peningkatan emisi gas rumah kaca ini tidak diturunkan maka dikhawatirkan dalam waktu seratus tahun mendatang, konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer akan meningkat dua kali lipat dari konsentrasi saat ini. Hal ini dapat meningkatkan suhu global sampai 6.5°C. Peningkatan suhu global sebesar ini akan menyebabkan terganggunya kondisi iklim global dan aktivitas biologis di muka bumi.

Kontribusi Indonesia pada peningkatan konsentrasi gas rumah kaca pada tahun 1994 menurut data *the first national communication* dalam Sutamihardja (2010), sebesar 886.47 juta ton CO₂. Sumber emisi CO₂ yang utama berasal dari sektor LULUCF (*land use, land use change and forestry*) dan energi, dengan total keduanya sebesar 97%. IPCC (1995), menyatakan bahwa penyumbang gas rumah kaca yang utama adalah karbondioksida (CO₂),

metana (CH_4), dinitro oksida (N_2O), CFCs, HCFCs, Perfluorocarbon, Sulphur hexa-fluoride. Diantara gas-gas rumah kaca tersebut, CH_4 (*methane*) mempunyai GWP (*global warming potential*) atau kemampuan memperkuat radiasi gelombang pendek menjadi gelombang panjang yang bersifat panas sebesar 21 kali lebih tinggi dibandingkan CO_2 (karbondioksida). Sektor penyumbang emisi metan (CH_4) yaitu sektor pertanian, sektor peternakan, dan persampahan. Pada tahun 1990, emisi metan dari persawahan diperkirakan mencapai 20-120 juta ton per tahun atau sekitar 12.5% dari emisi metan global sebesar 470-650 juta ton per tahun (Sudasi, 2002). Menurut ALGAS (1997), sektor peternakan merupakan kontributor kedua dalam angka emisi gas metan. Fermentasi dari pencernaan ternak (*enteric fermentation*) menyumbang sebagian besar emisi gas metan yang dihasilkan peternakan.

Kontributor lain gas CH_4 (*methane*) adalah timbunan sampah di TPA. Sistem *open dumping* yang ada di seluruh TPA di kota-kota Indonesia saat ini menjadikan sampah organik yang tertimbun di TPA mengalami proses dekomposisi secara *anaerobik*, sehingga menghasilkan gas CH_4 (*methane*), salah satu gas rumah kaca (GRK) yang kekuatannya 21 kali gas CO_2 . Reduksi sampah organik akan berdampak terhadap pengurangan proses perombakan tersebut. Berdasarkan Driejana (2007) dalam KLH (2007), kajian pengukuran emisi gas CH_4 yang dilakukan di TPA Jelekong Bandung, setiap kilogram sampah dapat mengemisikan 0.0003335 kg CH_4 ke atmosfer.

Meningkatnya panas bumi akibat meningkatnya konsentrasi GRK akibat kegiatan manusia (antropogenik) dari aktivitas pertanian termasuk peternakan dan sampah, menyebabkan di beberapa tempat atau ekosistem atau masyarakat akan sangat rentan (*vulnerable*) menghadapi perubahan tersebut. Ekosistem alami seperti terumbu karang juga sangat peka terhadap kenaikan suhu, apalagi jika kenaikan tersebut permanen, peristiwa *El Nino* tahun 1997 banyak terumbu karang di Asia Tenggara mengalami pemutihan (*bleaching*), jika pemanasan suhu air laut terus berlangsung, maka pemulihannya akan sulit terjadi.

Keadaan iklim yang berubah akan mengakibatkan besaran dan distribusi air juga akan mengalami perubahan dan dalam jangka panjang kelestarian sumber

daya air memerlukan perhatian yang serius. Tempat-tempat yang kering seperti Afrika akan mengalami kekeringan yang lebih hebat, sementara tempat-tempat basah seperti sebagian besar daerah tropis akan mengalami kondisi lebih basah. Peningkatan suhu yang besar terjadi pada daerah lintang tinggi, sehingga akan menimbulkan berbagai perubahan lingkungan global yang terkait dengan pencairan es di kutub, distribusi vegetasi alami, dan keanekaragaman hayati. Sementara itu, daerah tropis atau lintang rendah akan terpengaruh dalam hal produktivitas tanaman, distribusi hama dan penyakit tanaman dan manusia. Peningkatan suhu pada gilirannya akan mengubah pola dan distribusi curah hujan. Kecenderungan yang terjadi adalah bahwa daerah kering akan menjadi kering dan daerah basah akan menjadi semakin basah (Murdiyarso, 2003).

Berkaitan dengan dampak yang terjadi akibat peningkatan konsentrasi GRK, pada tahun 1979 diadakan konferensi *the World Climate* di Geneva yang diadakan pada tahun 1979 dengan hasil didirikannya *the World Climate programme* dibawah *the World Metereological Organization*, UNEP, UNIESCO dan ICSU sampai Konferensi PBB mengenai Perubahan Iklim yang diadakan di Bali-Indonesia pada tanggal 3-14 Desember 2007, perjalanan selama 28 tahun diharapkan akan berdampak kepada pemulihan dunia secara perlahan-lahan. Upaya sistematis dan terintegrasi untuk memperlambat laju pemanasan global bersama dengan masyarakat dunia disertai dengan upaya meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim sudah merupakan suatu keharusan. Oleh karena itu Pemerintah Indonesia telah menetapkan UU No.6 Tahun 1994 tentang Pengesahan Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-bangsa Mengenai Perubahan Iklim. Selain meratifikasi konvensi tersebut, upaya nyata lain yang ditempuh pemerintah Indonesia adalah Rencana Aksi Nasional dalam Menghadapi Perubahan Iklim yang berisi mengenai pelaksanaan mitigasi (berbagai tindakan aktif untuk mencegah/memperlambat terjadinya perubahan iklim melalui upaya penurunan emisi GRK, peningkatan penyerapan GRK) dari sektor LULUCF (tata guna lahan, kehutanan), sektor kelautan, sektor energi (pembangkit energi, transportasi, industri, rumah tangga dan komersial), kemudian pelaksanaan adaptasi (berbagai tindakan penyesuaian diri terhadap kejadian yang diakibatkan oleh terjadinya perubahan iklim) dari kegiatan

sumberdaya air, pertanian, transportasi, industri, kelautan, pesisir dan perikanan.

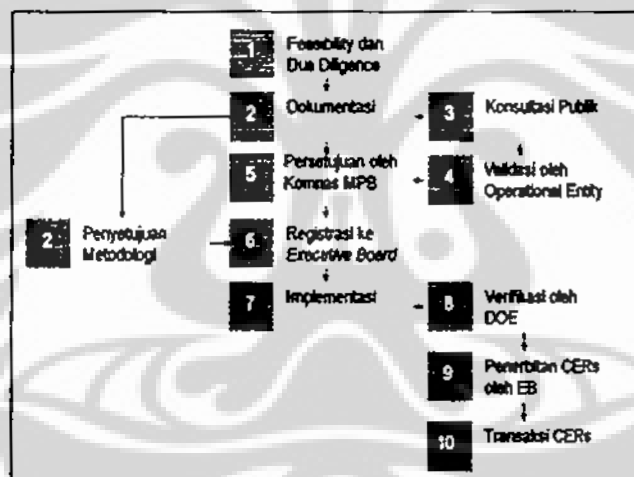
2.1.5. Mekanisme Pembangunan Bersih

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) merupakan kesepakatan Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) yang bertujuan untuk menstabilkan konsentrasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer sampai pada tingkatan tertentu sehingga tidak membahayakan sistem iklim bumi. Konvensi perubahan iklim ini disepakati pada *United Nations Conference on Environment and Development* (UNCED) di Rio de Janeiro tahun 1992, untuk mencapai tujuan Konvensi, sebuah protokol telah diadopsi pada pelaksanaan CoP3 (*Third Session of the conference of Parties*) tahun 1997 di Kyoto sebanyak 10.000 delegasi, pengamat, dan wartawan mengikuti pertemuan yang terbesar dalam sejarah perjanjian internasional tentang lingkungan. Protokol ini kemudian dikenal dengan nama Protokol Kyoto. Aspek terpenting dari Protokol Kyoto ini adalah komitmen yang berkekuatan hukum dari 39 negara maju untuk mengurangi emisi gas rumah kacanya secara global hingga rata-rata sekitar 5,2% di bawah tingkat emisi tahun 1990. Protokol Kyoto menyediakan pencapaian target pengurangan emisi GRK negara maju melalui tiga mekanisme fleksibel, yaitu JI (*Joint Implementation*), ET (*Emission Trading*) dan CDM (*Clean Development Mechanism*).

Clean Development Mechanism atau Mekanisme Pembangunan Bersih, sebagai salah satu instrumen dalam mitigasi perubahan iklim, hingga saat ini adalah satu-satunya mekanisme fleksibel yang melibatkan negara-negara berkembang dalam pelaksanaannya. CDM memiliki dua tujuan utama yaitu membantu Negara berkembang yang menjadi tuan rumah proyek CDM untuk mencapai pembangunan berkelanjutan; dan membantu negara maju untuk mencapai target pengurangan emisinya (yang tidak mungkin dipenuhi di dalam negerinya) dengan cara mengambil kredit dari pengurangan emisi yang dihasilkan dari proyek-proyek yang dilakukan di negara berkembang. Mekanisme ini untuk mengurangi emisi dari sumbernya, mengurangi kandungan GRK di atmosfer dan merupakan pendekatan pembangunan berkelanjutan karena mekanisme ini berkelanjutan dilihat dari aspek lingkungan, sosial dan ekonomi.

Berdasarkan UNFCCC, proyek yang dapat dijadikan proyek CDM dibagi ke dalam 2 kategori: (1) Proyek pengurangan emisi; (2) Proyek penyerapan karbon (kehutanan: aforestasi dan reforestasi). Upaya-upaya menurunkan emisi GRK dari berbagai sektor termasuk dalam sektor pengelolaan sampah, yaitu dengan kegiatan mengurangi sampah (dari rumah tangga); pemilahan sampah untuk tujuan daur ulang; pemanfaatan gas metan dari sampah sebagai sumber energi.

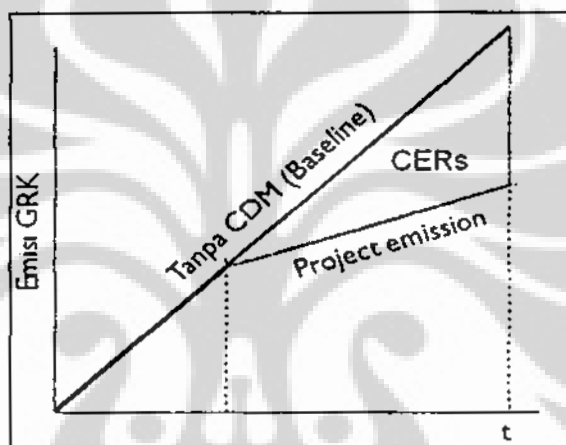
Reduksi emisi gas metan dari sektor sampah termasuk dalam proyek pengurangan emisi di dalam mekanisme CDM dan juga termasuk dalam kategori CDM skala kecil tipe III (berdasarkan UNFCCC, 2007). Sedangkan langkah-langkah pelaksanaan mekanisme pembangunan bersih dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Langkah-langkah Pelaksanaan Mekanisme Pembangunan Bersih (Sumber: KLH, 2007)

Kegiatan pengurangan emisi melalui CDM harus disertifikasi oleh entitas operasional yang ditunjuk oleh CoP/MoP. Sertifikasi dilakukan atas dasar 3 syarat utama sesuai dengan ketentuan Pasal 12.5, bahwa: (1) partisipasi negara berkembang dilakukan atas dasar sukarela dan pihak-pihak yang terlibat telah menyetujuinya; (2) hasil penurunan emisi harus nyata, dapat diukur dan memberi dampak jangka panjang dalam hal perlindungan iklim; (3) kegiatan CDM harus menghasilkan keuntungan atau perolehan dalam hal pengurangan emisi dibanding jika tidak ada kegiatan.

Kegiatan implementasi pembangunan bersih dapat dikatakan menghasilkan kredit karbon apabila proyek tersebut harus menunjukkan adanya pengurangan emisi jika dibandingkan dengan kondisi awal (*baseline scenario*). Estimasi kredit karbon dihasilkan dari pengurangan kondisi awal dengan skenario emisi proyek (Gambar 2.2). Skenario proyek yaitu estimasi mengenai emisi yang akan dihasilkan dari kegiatan proyek. Aspek penting lainnya adalah kegiatan ini harus sejalan dengan kebijakan lingkungan yang berlaku di negara yang bersangkutan dan juga dengan tujuan akhir pembangunan berkelanjutan yang telah ditetapkan oleh negara tersebut (UNFCCC, 2001).



Gambar 2.2. Mekanisme Estimasi Kredit Karbon (Sumber: KLH, 2007)

Beberapa kriteria pembangunan berkelanjutan di sektor energi ditetapkan melalui KepMen ESDM NO.953.K/50/MEM/2003 yaitu menekankan penggunaan energi terbarukan dan efisiensi energi, memiliki kontribusi terhadap kelestarian lingkungan, dapat memberikan peningkatan pendapatan, adanya transfer teknologi dan pembangunan masyarakat.

Pengaruh mekanisme pembangunan bersih bagi Indonesia yaitu dapat berkontribusi kepada pencapaian pembangunan berkelanjutan seperti dalam pertumbuhan ekonomi, memperbaiki taraf hidup masyarakat dan pengurangan dampak emisi gas metan. Sedangkan untuk keuntungan yang didapat dalam implementasi mekanisme pembangunan bersih (CDM) untuk kegiatan dari pengelolaan sampah antara lain:

a. Dari segi lingkungan

Menghindari efek negatif dari emisi metan yang merupakan salah satu kontributor gas rumah kaca terbesar setelah karbondioksida menurunkan potensi pencemaran yang diakibatkan oleh sampah; mempertahankan keberlanjutan fungsi-fungsi ekologis lokal melalui konservasi dan diversifikasi sumber daya alam.

b. Dari segi sosial

Meningkatkan kesehatan masyarakat sekitar lokasi, menurunkan keresahan masyarakat dengan meningkatkan kualitas dan kuantitas pelayanan sampah, meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam pelaksanaan.

c. Dari segi ekonomi

Membantu meningkatkan pendapatan masyarakat lokal, misalnya, pengadaan material proyek mengutamakan komponen material lokal, pekerja proyek diutamakan berasal dari masyarakat setempat yang mempunyai keahlian. Membantu menciptakan lapangan kerja dengan adanya komunitas pendaur ulang sampah. Kemudian peningkatan kualitas pelayanan umum terhadap masyarakat sekitar dengan adanya kontribusi 7% dari revenue CER untuk Program Pemberdayaan Masyarakat.

CDM selain memberikan keuntungan juga memberikan suatu implikasi dalam hal hukum, bisnis dan SDM. Implikasi hukum terkait dengan UU No. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, PP No.17 Tahun 2004 Tentang Kyoto Protokol, PP No.27 tahun 1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan dapat dipakai sebagai pedoman penyelenggaraan proyek CDM. Dari kriteria PP tersebut dapat dikembangkan kriteria dan indikator bagi tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan dalam pelaksanaan CDM. Untuk implikasi bisnis, diperhitungkan bahwa jika biaya investasi \$US 371,000 dengan estimasi gas metan yang dihasilkan pada 2 tahun pertama 150,000 ton dengan dibakar, maka perkiraan hasil penjualan CER dengan asumsi harga; @ \$US 3.00/ton CO₂e= \$US 450,000 dan @ \$US 5.00/ton CO₂e=\$US 750,000. Sedangkan implikasi dalam hal SDM, bahwa meningkatkan kapasitas *stakeholder* perlu ditingkatkan agar mampu menyerap dan mengembangkan proyek bersama calon investor potensial, serta partisipasi

masyarakat yang memiliki kepentingan menyangkut perencanaan proyek, penggunaan proyek dan pemantauan dampak proyek.

Potensi CDM dalam pengelolaan sampah akan meningkatkan kelayakan secara financial karena akan mendapatkan pemasukan dana dari hasil penjualan CERS (*Certified Emissions Reduction*). Tetapi terdapat kendala teknis dan non teknis didalam implementasi CDM, misalkan sebagian besar TPA di Indonesia menggunakan sistem pembuangan terbuka, kurangnya tenaga operator yang terampil.

2.1.6. Gas Metan (CH₄)

Tahun 2005, total emisi metan diperkirakan sebesar 1300 MtCO₂-eq per tahun, sektor sampah kira-kira menyumbangkan 2-3% dari total emisi GHG dan Negara-negara EIT dan 4% - 5% dari Negara-negara Non Annex I. Selama tahun 2005 – 2020 bisnis yang berjalan sebagaimana mestinya menunjukkan bahwa CH₄ yang berasal dari TPA sebesar yaitu 55% – 60%. Emisi CH₄ TPA distabilkan dan dikurangi di beberapa Negara yang sudah berkembang sebagai akibat dari peningkatan pemulihan gas landfill yang dipadukan dengan diversi sampah dari landfill melalui daur ulang, penurunan jumlah sampah, pembakaran dan komposting. Walaupun demikian, emisi landfill CH₄ memperlihatkan peningkatan di beberapa Negara yang sedang berkembang karena kuantitas sampah yang berasal dari peningkatan populasi perkotaan, penambahan pembangunan ekonomi sehingga terjadi pembakaran sampah terbuka dan penumpukan sampah di TPA. Tanpa adanya tindakan tambahan, maka peningkatan sebesar 50% dalam emisi landfill CH₄ dari tahun 2005 – 2020 diproyeksikan di beberapa Negara Non-Annex I (IPCC,2007).

Teknologi pengelolaan sampah yang ada dapat mitigasi emisi GHG secara efektif dari sektor sampah, yaitu adanya kesadaran masyarakat yang baik, dan strategi lingkungan yang efektif yang secara komersial tersedia untuk memitigasi emisi dan memberikan manfaat tambahan pada perbaikan kesehatan dan keselamatan umum, perlindungan tanah, pencegahan polusi. Gas yang dikategorikan sebagai GRK adalah gas-gas yang berpengaruh, baik secara langsung maupun secara tidak langsung terhadap efek rumah kaca. Gas-

gas itu antara lain karbon dioksida (CO_2), gas metan (CH_4), dinitrogen oksida (N_2O), Chlorofluorocarbon (CFC), Hydrofluorocarbon (HFC), karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x) dan gas-gas organik non-metan yang volatil. Menurut data ALGAS, di Indonesia kontribusi terbesar GRK berasal dari karbon dioksida, gas metan (CH_4) dan dinitrogen oksida. Bagian terbesar emisi ini dihasilkan oleh sektor kehutanan, khususnya oleh deforestasi dan penggunaan energi. Gas metan (CH_4) merupakan gas terbesar kedua dalam hal pemanasan global. Mayoritas emisi Gas metan (CH_4) berasal dari sektor pertanian (termasuk di dalamnya sektor peternakan) dan sampah.

Metan merupakan gas yang terbentuk dari proses dekomposisi anaerob sampah organik dan sebagai salah satu penyumbang gas rumah kaca yang mempunyai dampak 20-30 kali lipat dibandingkan dengan gas CO_2 . Densitas metan dalam keadaan standar, temperatur 0°C dan tekanan 1,013 bar sebesar $0.0007168 \text{ tCH}_4/\text{m}^3\text{CH}_4$. Total produksi metan bergantung pada komposisi sampah, H_2O , kondisi iklim, serta pengelolaan persampahan. Kontribusi CH_4 (*methane*) dalam efek pemanasan global sebesar 15%. Danny (2000) mengatakan bahwa metan yang dilepas ke atmosfer lebih banyak berasal dari aktivitas manusia (*anthropogenic*) daripada hasil dari proses alami. Termasuk pembakaran biomassa dan beberapa kegiatan yang berasal dari dekomposisi bahan organik dalam keadaan anaerob.

Peningkatan konsentrasi emisi gas metan (CH_4) disebabkan oleh laju emisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan laju rosot metan. Gas metan (CH_4) berada di atmosfer dalam jangka waktu 7-10 tahun dan dapat meningkatkan suhu sekitar $1,3^\circ\text{C}/\text{tahun}$. Emisi gas metan (CH_4) dapat dinyatakan setara dengan emisi karbondioksida yang direduksi. Jumlah emisi metana yang telah tereduksi dapat dikonversikan menjadi sejumlah karbondioksida dengan menggunakan Nilai Potensi Pemanasan Global (*Global Warming Potential*) sebesar 21. Kondisi iklim di Indonesia yang tropis dan intensitas curah hujan yang cukup tinggi serta komposisi sampah organik sebesar 60%, merupakan faktor yang potensial dalam pembentukan gas metan (CH_4) dan pemanfaatannya.

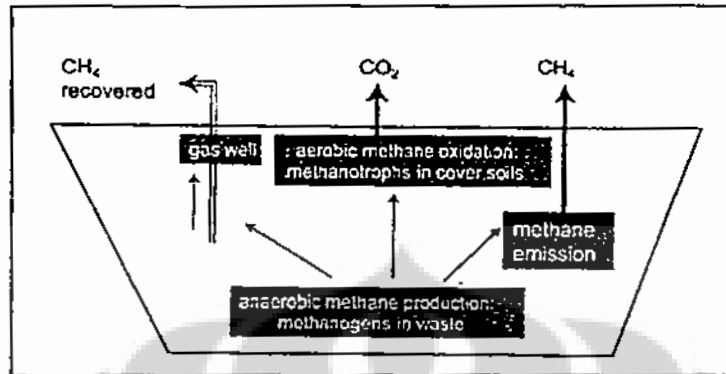
2.1.7. Timbulan Sampah di TPA Sebagai Penghasil Gas Metan (CH_4)

Sampah adalah sisa-sisa yang dihasilkan oleh kegiatan manusia dari sumber-sumber kegiatan berupa domestik, institusi, komersial, industri dan pertanian. Sedangkan menurut UU No. 18 th 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. *Timbulan sampah merupakan istilah yang menggambarkan banyaknya sampah.* Data timbulan sampah kota berdasarkan kondisi riil didapatkan dari penjumlahan sampah yang berasal dari seluruh sumber sampah di suatu daerah, baik dari kawasan perumahan, perkampungan, komersial, fasilitas umum, fasilitas sosial dan sumber lainnya yang telah dikonversi dalam satuan yang sama. Satuan timbulan sampah biasa dinyatakan dengan satuan skala kuantitas per orang atau per unit bangunan. Masing-masing sumber sampah memiliki timbulan sampah yang bervariasi, bergantung pada aktivitas pada sumber sampah.

Tempat pemrosesan akhir sampah merupakan tempat akhir sampah untuk pemrosesan residu sampah atau sampah yang secara teknologi tidak dapat diolah kembali. Proses di dalam TPA berupa biodegradasi dari senyawa organik yang akan menimbulkan gas dan cairan, oksidasi, netralisasi, aliran gas, peluruhan komponen organik dan perembesan lindi. Proses tersebut menghasilkan gas metan dengan konsentrasi sebesar 30-60%, gas CO_2 sebesar 20-50%, oksigen <2%, nitrogen <10%. Gas metan merupakan gas utama yang berasal dari *landfill*.

Secara sederhana, gas yang terbentuk di TPA berupa CO_2 dan CH_4 , kedua gas tersebut biasa disebut dengan *landfill gas*. Untuk emisi gas metan (CH_4) yang terbentuk dari TPA terjadi karena proses degradasi material organik pada tumpukan sampah. Reaksi yang terjadi yaitu sampah organik yang tercampur dengan air dan *nutrient* dengan bantuan mikroba anaerob menghasilkan gas CH_4 , CO_2 , NH_3 , H_2S , panas dan biomasa (Gambar 2.3). Pembentukan gas metan yang berasal dari TPA diproses oleh mikroba anaerob *metanogenic* dari sampah yang terdapat di TPA, kemudian menghasilkan gas metan dari proses tersebut. Gas yang terdapat di TPA dikeluarkan melalui pipa gas untuk dilakukan

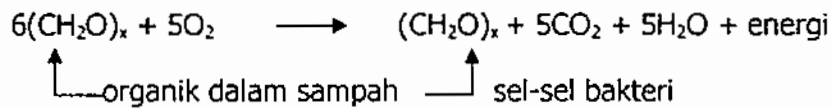
pengolahan lebih lanjut. Pengolahan gas landfill, dilakukan dengan merencanakan sistem *sanitary landfill* atau *reusable sanitary landfill*.



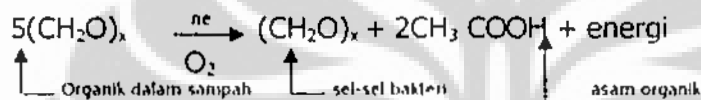
Gambar 2.3. Proses Terjadinya Gas Metan (CH₄) di TPA (Sumber: IPCC, 2007)

Sedangkan Bingemer & Crutzen (1987), menyatakan proses pembentukan gas metan (CH₄) di TPA berawal dari sampah organik diurai secara aerobik yang selanjutnya diurai dalam kondisi anaerob oleh bakteri anaerobik yang merubah bahan organik menjadi bentuk yang lebih sederhana seperti selulosa, gula dan lemak. Substansi yang sederhana ini selanjutnya diuraikan melalui fermentasi menjadi gas senyawa organik berantai pendek yang menjadi substrat bagi bakteri metanogenik. Kemudian, bakteri metanogenik merubah hasil fermentasi menjadi bahan organik yang stabil dan biogas (CO₂, CH₄).

Secara lebih rinci dijelaskan oleh sell (1981), proses pembentukan gas metan di TPA yaitu sampah yang ditimbun perlahan-lahan diuraikan oleh mikro organisme, dengan perlahan-lahan mikroorganisme menguraikan bagian organik sampah menjadi senyawa yang stabil. Terdapat tiga fase penguraian sampah di TPA, yaitu tahap pertama (fase aerobik), sampah yang dapat terdegradasi cepat bereaksi dengan oksigen yang terperangkap dalam sampah selama proses penguraian menjadi karbondioksida (CO₂) dan air (H₂O). Reaksi ini menimbulkan panas dan berkembangnya organisme pengurai. Temperatur akan menjadi lebih tinggi sekitar 30°F dari temperatur diluar (ambien) dan bagian CO₂ dapat terlarut dalam air menjadi bentuk asam yang dapat melarutkan mineral-mineral lainnya. Persamaan untuk memperlihatkan penguraian secara aerobik ini yaitu

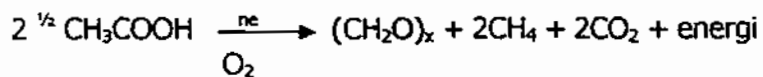


Setelah oksigen habis, maka tahap kedua yaitu fase anaerobik yang terdiri atas dua tahap dimulai. Organisme yang telah berkembang pada saat oksigen masih tersedia tidak dapat hidup lebih lama sementara organisme yang dapat hidup tanpa oksigen belum matang (*mature*). Molekul-molekul organik besar yang terdapat dalam sisa-sisa makanan, kertas dan komponen lainnya dipecah menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana, termasuk hidrogen, amoniak, karbondioksida dan asam-asam organik. Jumlah karbondioksida mencapai 50-90% dari gas yang terbentuk. Persamaan produksi asam organik ini yaitu



Kandungan organik sampah terutama diuraikan secara aerobik oleh bakteri fakultatif dan jamur. Organisme fakultatif menjadi penting dalam ekosistem TPA karena dapat hidup di lingkungan yang terdapat oksigen dan tanpa oksigen. Hal ini penting karena udara tidak dapat masuk dengan baik ke dalam sampah yang telah padat, sedangkan oksigen yang ada di dalam timbunan sampah digunakan dengan cepat oleh mikroorganisme untuk menguraikan sampah organik. Ketika pasokan oksigen telah menipis, penguraian oleh mikroorganisme dimulai. Asam organik diproduksi oleh bakteri fakultatif anaerobik. Asam organik ini memasuki media air dan kemudian bakteri serta jamur melakukan metabolisme secara aerobik bahan organik ini menjadi karbondioksida dan air. Karbondioksida yang diproduksi dalam sampah dapat larut dalam air tanah yang mengakibatkan air menjadi masam.

Pada penguraian tahap ketiga (tahap kedua fase anaerobik), mikroorganisme pembentuk metan menggunakan karbondioksida, hidrogen dan asam organik lainnya untuk membentuk gas metan dan produk lainnya. Ini merupakan tahap akhir penguraian sampah di TPA. Selama tahap ketiga ini, sekitar 50% gas yang diproduksi adalah karbondioksida dan 50% lainnya adalah metan. Total produksi metan tergantung pada komposisi sampah. Persamaan proses produksi gas metan yaitu



Metan terus terbentuk di TPA dalam waktu yang lama. Menurut USEPA (1990), perkiraan emisi gas metan dari berbagai teori yaitu 1 ton sampah menghasilkan sekitar 40-60 kg metan, sedangkan 1 ton sampah menghasilkan gas rumah kaca setara dengan 0,3 – 1 tCO₂ Equivalent. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan metan di TPA dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti komposisi sampah, kandungan uap air dalam sampah, temperatur, pH dan kekuatan penahan (*buffer capacity*), hara serta kepadatan buangan dan ukuran partikel. Tentang pengaruh berbagai faktor tersebut, diuraikan sebagai berikut :

a. Komposisi sampah

Pacey & DeGier (1986) mengatakan bahwa komposisi sampah merupakan faktor yang sangat penting dalam pembentukan metan karena berkaitan dengan ketersediaan bahan organik yang dapat terurai dan ketersediaan hara untuk sistem. Kehadiran beberapa unsur pokok dalam sampah dapat menghambat produksi metan, seperti logam berat atau substansi beracun lainnya yang memperlambat pertumbuhan bakteri.

b. Kandungan uap air

Kandungan uap air merupakan faktor penting lainnya yang mempengaruhi kecepatan pembentukan gas karena dibutuhkan dalam penguraian sampah yang terjadi secara anaerobik. Dengan adanya air, tidak hanya keberadaan bakteri anaerob yang menjadi lebih baik, tetapi air juga menjadi media transportasi bagi hara dan bakteri ke seluruh timbunan sampah di TPA sehingga dapat berpindah dari suatu substrat ke substrat lainnya

c. Temperatur

Menurut Pacey & DeGier (1986), pengaruh temperatur udara ambien terhadap pembentukan metan tergantung terutama pada kedalaman TPA. Kegiatan mikroba mungkin responsif terhadap temperatur udara ambien pada TPA yang dangkal. Pembentukan metan akan berkurang cukup besar ketika temperatur di bawah 10-15°C. Karena penguraian sampah secara anaerobik adalah sebuah proses eksotermik, maka temperatur timbunan sampah di TPA cenderung meningkat menjadi lebih tinggi dari temperatur udara ambien.

d. pH dan kekuatan penahan (*buffer capacity*)

Menurut Pacey & DeGier (1986), pembentukan gas metan terbesar di TPA terjadi pada kondisi pH yang mendekati netral telah tercapai dalam timbunan sampah di TPA. Produksi metan terjadi pada pH lingkungan 6.5 sampai 8.0 tetapi kondisi paling ideal dalam pembentukan metan adalah pada rentang pH 6.8 sampai 7.2.

e. Hara

Berbagai zat hara diperlukan untuk proses penguraian secara anaerobik termasuk karbon, hidrogen, nitrogen dan fosfor. Selain zat-zat tersebut, potasium, sodium, magnesium, kalsium dan sulfur juga berperan dalam proses penguraian sampah. Pada umumnya sampah perkotaan mengandung unsur-unsur hara yang diperlukan untuk mendukung metanogenesis.

2.1.8. Pengolahan Gas Metan dengan Teknologi *Landfill Gas Flaring*

Menurut UU No.18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah menyatakan bahwa tempat pemrosesan akhir (TPA) merupakan tempat untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan. Secara aman bagi manusia dan lingkungan merupakan parameter untuk melakukan perancangan TPA dengan baik dan terintegrasi serta sesuai dengan tujuannya. Perancangan pengolahan gas metan TPA Piyungan bertujuan untuk melakukan perencanaan sistem pengumpulan gas metan yang kemudian akan di *flare* dan dijadikan listrik.

Dekomposisi sampah di TPA dalam kondisi anaerob mengakibatkan produksi gas yang dihasilkan seperti metan, karbondioksida dan sisanya berupa hidrogen sulfide (H_2S). Pengumpulan gas lahan di TPA Piyungan akan terintegrasi dengan sistem pengumpulan gas metan dan akan dijadikan listrik sebagai implementasi CDM. Menurut Tchobanoglous (1993) membagi metode penyaluran gas lahan urug menjadi dua, yaitu :

1. Sistem Pasif

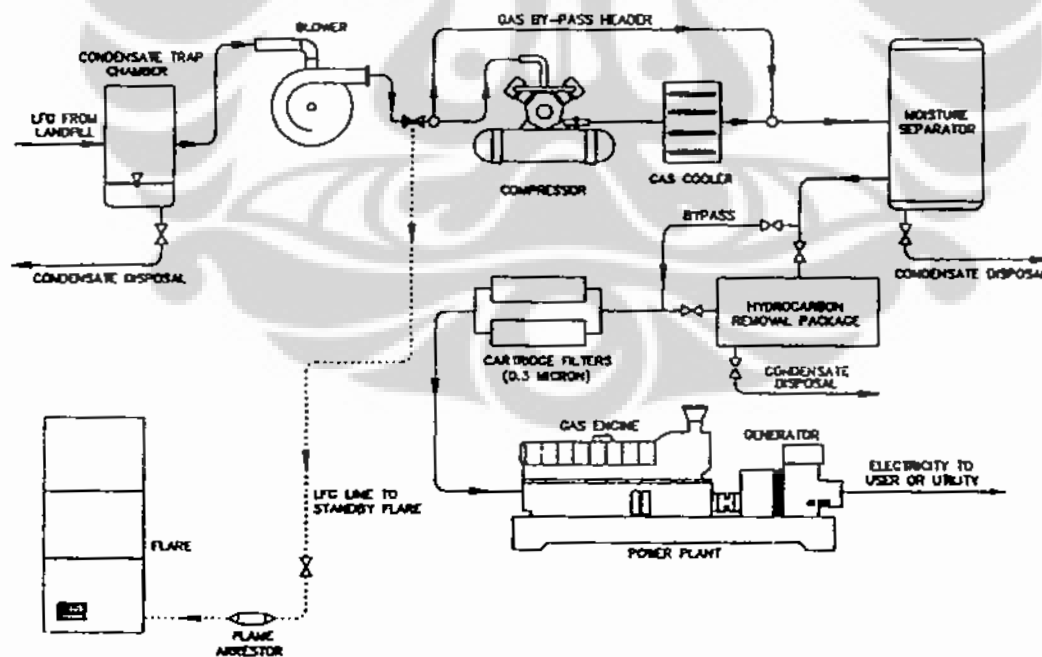
Sistem ini menggunakan materi *impermeable* yang ditempatkan pada jalan aliran gas. Sistem ini biasanya terdiri dari saluran pipa, ventilasi, membran,

dan lain-lain. Tekanan yang dihasilkan gas dalam lahan urug digunakan sebagai tenaga pendorong pergerakan gas lahan urug ke udara bebas.

2. Sistem Aktif

Sistem ini menggunakan energi tambahan untuk mengontrol aliran gas. Sebagai contoh saluran atau sumur dihubungkan dengan pipa utama ke suatu *exhaust blower* untuk menciptakan keadaan vakum agar gas dalam lahan urug dapat keluar. Sistem ini sangat baik untuk mengontrol pergerakan gas, tapi biayanya sangat mahal.

Sistem *landfill gas flaring* bertujuan untuk mendapatkan energi yang berasal dari gas metan di TPA dengan cara *flare* (pembakaran) kemudian dengan teknologi gas engine akan menghasilkan listrik. Komponen dari sistem ini yaitu (1) Perpipaan horizontal dan vertikal sebagai pembawa gas; (2) filter; (3) gas blower; (4) kompresor sebagai penyedotan gas metan; (5) gas cooler (6) heat exchanger (7) LFG Gas engine (8) flare (Gambar 2.4).



Gambar 2.4. Sistem *Landfill Gas Power Plant* (sumber: David, 2005)

2.1.9. Pengelolaan TPA Pasca Operasi

Pedoman pemanfaatan Kawasan Sekitar TPA Sampah menyatakan bahwa TPA yang dimanfaatkan kembali adalah TPA operasi yang dimanfaatkan sebagai

penambangan sampah untuk diambil gas metannya, dan/atau untuk diolah menjadi kompos, pengolahan sampah menjadi energi, pemanfaatan kembali, rekreasi, olah raga, dan Ruang Terbuka Hijau.

Ketentuan teknis mengatur ketentuan pola ruang pada masing-masing zona, yakni zona penyangga dan zona budi daya terbatas. Penentuan jenis zona yang akan diatur dalam kawasan sekitar TPA sesuai dengan kondisi TPA yang ada. Pemanfaatan ruang yang diatur dalam pedoman akan berbeda untuk tiap klasifikasi TPA. Ketentuannya adalah sebagai berikut:

1. Zona penyangga ditentukan pada area 0 – 500 meter sekeliling TPA, dengan pola ruang sebagai berikut:
 - a. 0 – 100 m : sabuk hijau tanaman keras dan perluasan instalasi pengolahan sampah; dan
 - b. 101 – 500 m : pertanian tanaman non pangan.
2. Ketentuan pemanfaatan ruang:
 - a. Sabuk hijau dengan tanaman keras yang boleh dipadukan dengan tanaman perdu terutama tanaman yang dapat menyerap racun dengan ketentuan sebagai berikut:
 - a) Jenis tanaman adalah tanaman tinggi dikombinasi dengan tanaman perdu yang mudah tumbuh dan rimbun terutama tanaman yang dapat menyerap bau; dan
 - b) Kerapatan pohon adalah minimum 5 m.
 - b. Pemrosesan sampah utama *on situ*.
 - c. Instalasi pengolahan sampah menjadi energi, atau instalasi pembakaran (*incenerator*) bersama unit pengelolaan limbahnya.
 - d. Kegiatan budi daya perumahan tidak diperbolehkan pada zona penyangga.
3. Kriteria teknis:
 - a. Tidak menggunakan air tanah setempat dalam kegiatan pengolahan sampah;
 - b. Ketersediaan sistem drainase yang baik; dan
 - c. Ketersediaan fasilitas parkir dan bongkar muat sampah terpilah yang akan didaur ulang di lokasi lain.

4. Pengelolaan:

- a. Jalan masuk ke TPA, sesuai dengan ketentuan Direktorat Jenderal Bina Marga, dipersyaratkan:
 - a) Dapat dilalui truk sampah dua arah dengan lebar badan jalan minimum 7 meter
 - b) Jalan kelas I dengan kemampuan memikul beban 10 ton dan kecepatan 30 km/jam
- b. Drainase permanen terpadu dengan jalan dan bila diperlukan didukung oleh drainase lokal tak permanen.
- c. Sabuk hijau yang dimaksudkan untuk zona penyangga adalah ruang dengan kumpulan pohon dan bukan sekedar deretan pohon yang bila dimungkinkan mempunyai nilai ekonomi.
- d. Tanaman yang direkomendasikan adalah yang sesuai dengan kondisi alam setempat, termasuk iklim, rona fisik, dan kondisi lapisan tanah. Spesies yang direkomendasikan termasuk:
 - a) *Calophyllum Inophyllum L.* Nama lokal: Nyamplung, Bintangur laut. Famili: *Guttiferae*. Tinggi sampai 20 meter.
 - b) *Dalbergia Latifolia Roxb.* Nama lokal: Sonokeling. Famili: *Leguminosae*. Bentuk mahkota bulat dan letaknya kurang dari 5 meter.
 - c) *Michelia Champaca L.* Nama lokal: Cempaka kuning. Famili: *Magnoliaceae*. Berbunga kuning dan wangi sehingga cocok untuk TPA yang terletak pada lokasi padat atau pada bagian dari lokasi pariwisata.
 - d) *Mimusop Elengi L.* Nama lokal: Tanjung. Famili: *Sapotaceae*. Tinggi kira-kira 13-27 meter.
 - e) *Schleichera Trijuga Willd.* Nama lokal: Kesambi. Famili: *Sapindaceae*. Tinggi kira-kira 25 meter. Mahkota berbentuk bulat dan letaknya kurang dari 5 meter.
 - f) *Swietenia Mahagoni Jacq.* Nama lokal: Mahoni. Tinggi 10-30 meter.
5. Zona budi daya terbatas tidak diperlukan.
6. Zona budi daya sesuai dengan rencana tata ruang wilayah.

TPA pasca operasi dapat dimanfaatkan kembali sebagai TPA dengan beberapa kriteria yang ditentukan yaitu

1. Zona penyangga ditentukan pada area 0 – 500 meter sekeliling TPA, dengan pola ruang sebagai berikut:
 - a. 0 – 100 m : sabuk hijau tanaman keras dan perluasan instalasi pengolahan sampah; dan
 - b. 101 – 500 m : pertanian tanaman non pangan.

Ketentuan pemanfaatan ruang, kriteria teknis dan pengelolaan ditentukan sama pada TPA baru atau yang direncanakan sebagaimana disebutkan dalam angka 2, 3 dan 4 dalam subbab sebelumnya.

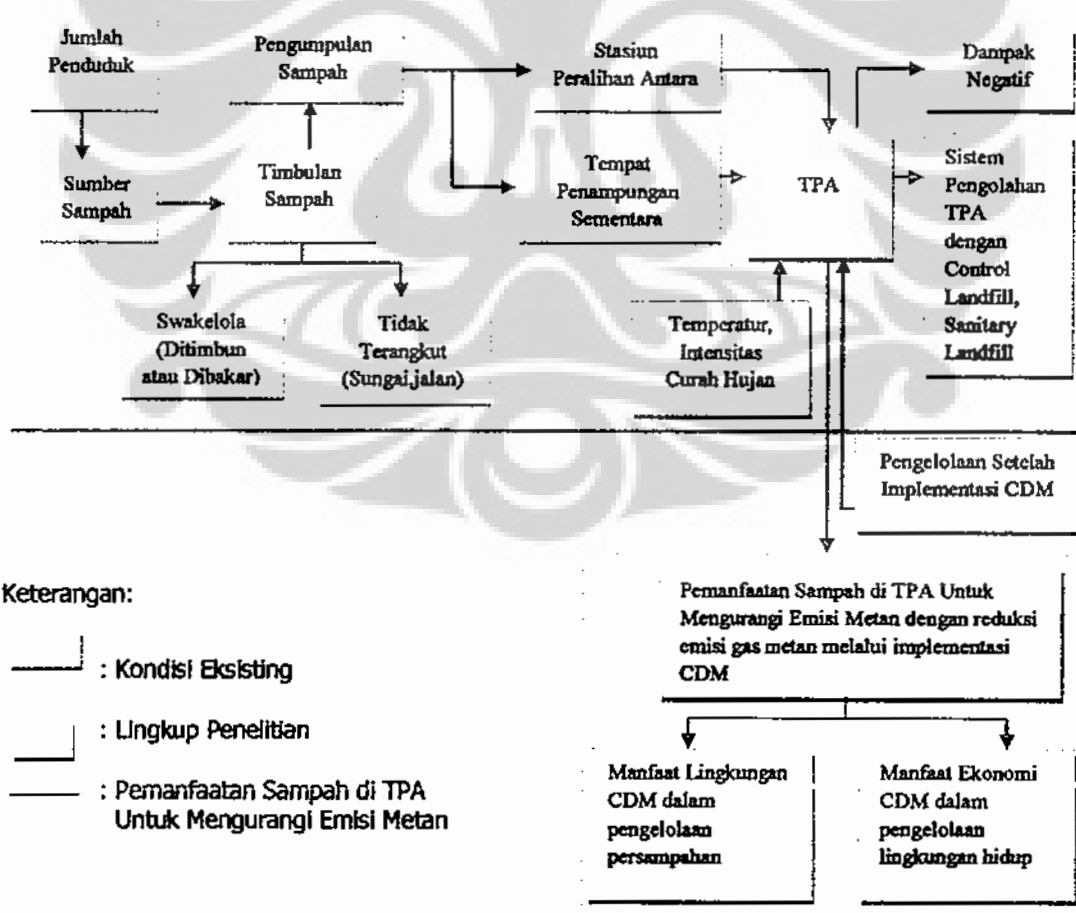
2. Zona budi daya terbatas tidak diperlukan baik pada TPA yang akan digunakan kembali dengan sistem maupun pengurugan berlapis bersih.
3. Zona budi daya terbatas pada TPA yang akan digunakan kembali dengan sistem pengurugan berlapis terkendali ditentukan pada jarak 501-800 meter. Pola ruang adalah sebagai berikut:
 - a. Rekreasi dan RTH
 - b. Industri terkait sampah
 - c. Pertanian non pangan dan
 - d. Permukiman di arah hilir bersyarat.
4. Zona budi daya ditentukan sesuai dengan rencana tata ruang wilayah.
5. Penentuan jarak dan zona bersifat fleksibel mengikuti hasil kajian dampak TPA terhadap sekitarnya.

2.2. Kerangka berpikir

Sarana pengelolaan sampah di Kabupaten Sleman berupa Tempat Pembuangan Akhir (TPA) bekerjasama dengan Kabupaten Sleman, Bantul, dan Kota Yogyakarta, berlokasi di Piyungan Bantul, menyebabkan timbunan sampah di Kabupaten Sleman paling besar di DIY. Kegiatan tersebut dapat menghasilkan emisi gas CH₄ (*methane*), menurut data IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) tahun 1995, emisi gas CH₄ (*methane*) sebesar 1720 *partpermillion* berasal dari penggunaan bahan bakar fosil, persawahan, sampah (*landfill*), peternakan. Menyebabkan di beberapa tempat atau ekosistem atau masyarakat akan sangat rentan (*vulnerable*) menghadapi perubahan tersebut.

Keadaan iklim yang berubah akan mengakibatkan besaran dan distribusi air juga akan mengalami perubahan dan dalam jangka panjang kelestarian sumber daya air memerlukan perhatian yang serius. Besarnya emisi gas CH₄ (*methane*) dari timbunan sampah di TPA, dipengaruhi oleh faktor eksternal yaitu jumlah penduduk, besaran produksi sampah (jumlah dan karakteristik), ekonomi, sosial, budaya dan pengelolaan sampah. Untuk mengurangi emisi metan, diperlukan pengelolaan TPA yang terintegrasi melalui implementasi CDM. Pengelolaan ini belum dilakukan di TPA Piyungan yang dilihat dari aspek lingkungan, aspek sosial, aspek ekonomi, dan aspek teknis. Tesis ini ditulis untuk melakukan kajian reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM pada TPA Piyungan.

2.3. Kerangka Konsep



Gambar 2.5 Kerangka Konsep

2.4. Hipotesis

Berdasarkan masalah penelitian yaitu TPA Piyungan tidak memiliki sistem pengumpulan dan pengontrolan gas lahan TPA yang tersedia dimana gas CH₄ (*methane*) terlepas ke atmosfer dalam bentuk emisi. Hipotesis dalam penelitian merupakan hipotesis pengarah, tidak diuji dengan statistik:

1. Dengan implementasi mekanisme pembangunan bersih mengurangi emisi gas metan di TPA Piyungan
2. Dengan penerapan mekanisme pembangunan bersih akan mendapatkan nilai tambah
3. Terdapat hubungan reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM dengan pengelolaan persampahan di TPA Piyungan setelah implementasi CDM.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian ini adalah kuantitatif non eksperimental. Jenis penelitian ini tergolong deskriptif yang bertujuan untuk menjelaskan kondisi reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan serta mendeskripsikan peranan CDM dalam pengelolaan persampahan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di TPA Piyungan. Waktu penelitian dilaksanakan antara kurun waktu bulan Juli 2010 hingga November 2010.

3.3. Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah pengepul, berjumlah 15 orang. Pemilihan sampel atau responden dalam penelitian ini dilakukan dengan metode non random sampling, teknik *purposive sampling*, sampel berjumlah 5 orang atau sebesar 30% dari populasi. Sampel atau responden dipilih berdasarkan tujuan dan ciri tertentu, yaitu para stakeholder (Pemerintah Pusat, pemerintah Daerah, masyarakat) TPA yang telah melakukan pemanfaatan metan melalui implementasi CDM dan TPA di Piyungan Yogyakarta. Estimasi emisi metan dilakukan dengan metode IPCC tahun 2006, yaitu suatu metode untuk mengestimasi besarnya emisi metan dari TPA, yang dikombinasikan dengan metode statistik.

Berdasarkan penguasaan informasi tentang obyek penelitian, responden dipilih melalui *key person*. *Key person* dapat seorang tokoh formal maupun informal. Responden adalah perwakilan populasi dalam hal ini adalah stakeholder yang terkait dengan penerapan CDM dalam reduksi emisi metan di TPA Piyungan secara luas, pemerintah dan masyarakat lokal. Responden dipilih berdasarkan kriteria yang berbeda antara satu kelompok dengan kelompok lainnya disesuaikan dengan kebutuhan data dan informasi yang diinginkan dari tiap

kelompok tersebut. Kriteria masing-masing responden dapat di lihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Kriteria responden dalam penelitian

No.	Responden	Kriteria	Jumlah
1.	Sekretariat Bersama Kartamantul	<ol style="list-style-type: none"> Memahami penerapan CDM dalam reduksi emisi metan di TPA Piyungan Mengisi struktur strategis dalam struktur organisasi perusahaan, sekurang-kurangnya manajer operasional Memiliki pengalaman yang cukup mengenai penerapan CDM dalam reduksi emisi metan di TPA Piyungan Berpendidikan minimal Sarjana 	2 orang
2.	Pihak Pemerintah (BPPT, PPLH Regional Jawa, Pemda Bantul, Pemda Sleman, Pemda Yogyakarta)	<ol style="list-style-type: none"> Memahami penerapan CDM dalam reduksi emisi metan di TPA Piyungan Memegang peran strategis dalam struktur organisasi pemerintahan sekurang-kurangnya adalah kepala bidang. Pendidikan minimal sarjana yang sesuai dengan fungsi dan tugasnya di Pemerintahan. 	4-6 orang
3.	Masyarakat setempat	<ol style="list-style-type: none"> Bekerja sebagai pemulung dan pengepul. Merupakan masyarakat yang tinggal di sekitar TPA Piyungan sekurang-kurangnya 5 tahun. 	5 orang

3.4. Variabel Penelitian

Sebagai variabel bebas adalah komposisi sampah, temperatur, curah hujan, Secara umum. Sedangkan variabel terikat adalah emisi metan. Secara umum, variabel penelitian serta metode yang digunakan untuk menjawab tujuan penelitian, diuraikan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Definisi operasional penelitian

No	Variabel Penelitian	Definisi Operasional	Unit	Sifat Data	Sumber Data
1.	Jumlah penduduk	Jumlah penduduk di Kodya Yogyakarta, Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul tahun 2000-2007	Orang	Sekunder	Sumber data Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kodya Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul

Lanjutan Tabel 3.2. Definisi Operasional penelitian

No	Variabel Penelitian	Definisi Operasional	Unit	Sifat Data	Sumber Data
2.	Jumlah timbulan sampah	Timbulan Sampah 1995-2009.	m ³ /hari	Sekunder	1. Dinas Lingkungan Hidup Kodya Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul 2. Sekretariat Bersama Kartamantul
3.	Komposisi sampah di TPA	Komposisi sampah		Primer dan Sekunder	Sekretariat Bersama Kartamantul
4.	Emisi Proyek	Emisi yang berasal dari hasil konsumsi proyek	tCO ₂ e	sekunder	Shimizu Cooperation
5.	Intensitas Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan di TPA Piyungan	mm/tahun	Sekunder	Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sleman
6.	Temperatur	Temperatur di TPA Piyungan	°C	Sekunder	Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sleman

3.5. Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data primer dan data sekunder yang berasal dari Dinas Lingkungan Hidup Kodya Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul, Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Geofisika di Yogyakarta, Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman dan survey lapangan.

3.5.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Studi Kepustakaan, yaitu pengumpulan data yang dilakukan dengan cara membaca, mengutip baik secara langsung maupun tidak langsung dari buku dan literatur yang bersifat ilmiah dan berhubungan dengan topik yang diteliti.
2. Survey Lapangan, yaitu dengan melakukan penelitian langsung yang bertujuan mengidentifikasi dan mengumpulkan data serta informasi.
3. Wawancara, yaitu teknik pengumpulan data melalui sejumlah pertanyaan yang mengacu pada panduan wawancara terkait topik yang diteliti.

3.5.2 Pengolahan dan Analisis

Data yang diperoleh melalui studi kepustakaan, observasi lapangan dan wawancara mendalam dan terarah akan dianalisis dengan metode kuantitatif menggunakan statistik deskriptif. Analisis deskriptif ditujukan untuk mengestimasi besarnya jumlah metan dan reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan.

Tabel 3.3. Metode dan Analisis yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian

No.	Tujuan Penelitian	Metode Pengumpulan Data	Metode Analisis Data
1.	Mengestimasi besarnya emisi metan dari timbunan sampah TPA Piyungan.	Studi Kepustakaan, kunjungan lapangan.	Perhitungan dengan Metode IPCC 2006: (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories Chapter 3: Solid Waste Disposal)
2.	Mengestimasi reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan	Studi Kepustakaan, Kunjungan lapangan.	Perhitungan dengan Metode IPCC 2006
3.	Menganalisa manfaat ekonomi reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM pada TPA Piyungan.	Wawancara, Studi Kepustakaan	Analisis kuantitatif deskriptif dan perhitungan
4.	Menganalisa peranan CDM dalam pengelolaan persampahan di TPA Piyungan.	Wawancara, Studi Kepustakaan	Analisis kuantitatif deskriptif dan Wawancara
5.	Menganalisa pengelolaan persampahan di TPA Piyungan setelah implementasi CDM	Wawancara, Studi Kepustakaan	Analisis kuantitatif deskriptif

Metode Perhitungan Emisi Metan

Metode perhitungan menggunakan metode IPCC 2006 dengan beberapa asumsi sebagai berikut:

1. Timbulan sampah relatif tetap
2. Komposisi sampah yang dibuang ke TPA Piyungan relatif tetap
3. Metan dilepaskan sepanjang tahun sejak sampah dibuang ke TPA Piyungan

4. Kondisi iklim relatif tetap, tidak terjadi perubahan yang signifikan
5. Nilai kesalahan dan rasio konversi terhadap metan yang ditetapkan dalam metode IPCC dapat diterima sejauh tidak ada nilai kesalahan dan rasio konversi yang lebih spesifik.

Untuk perhitungan terdapat lembar kerja dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Langkah pertama, yaitu pengumpulan data komposisi sampah dan timbulan sampah di TPA Piyungan (data sekunder).
- 2) Langkah kedua, memperkirakan DOC (*degradable organic carbon*) yaitu karbon organik sampah yang dapat terurai dengan mengalikan komposisi sampah dengan DOC_i (*degradable organic carbon in waste type i*) yaitu fraksi dari organik karbon terdegradabel berdasarkan komposisi sampah (Tabel 3.4).

$$DOC = W_i \times DOC_i \dots \dots \dots (1)$$

Dimana = W_i : komposisi sampah

DOC_i : fraksi dari organik karbon terdegradabel pertahunnya, Gg C/g waste

DOC_i : fraksi dari organik karbon terdegradabel berdasarkan komposisi Sampah

Tabel 3.4. Nilai DOC_i (IPCC, 2006)

No	Komposisi Sampah	DOC_i (<i>wet waste</i>)
1.	Kayu dan produk kayu	0,43
2.	Kertas	0,40
3.	Sisa makanan	0,15
4.	Kain	0,24
5.	Sampah dari taman	0,20
6.	Plastik, gelas, metal dan sampah lainnya	0,00

- 3) Langkah ketiga, memperkirakan tipe dari TPA Piyungan (pengolahan anaerob, pengolahan aerob, tidak ada pengolahan khusus), kemudian menghitung $DDCO_m$ yaitu volume organik karbon terdegradabel di TPA (Gg), dengan rumus:

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF \dots\dots\dots(2)$$

Dimana = $DDOC_m$: timbunan organik karbon terdegradeble di TPA, Giga gram

W : timbunan sampah, Giga gram/tahun

DOC : fraksi dari organik karbon terdegradable pertahunnya, Gg C/g waste

DOC_f : fraksi dari organik karbon terdegradable

MCF : Faktor koreksi metan untuk dekomposisi aerob per tahunnya

- 4) Langkah keempat (Lampiran 2), menghitung $BE_{CH_4,SWDS,y}$ yaitu kondisi awal emisi metan, dengan rumus:

$$BE_{CH_4,SWDS,y} = DDOC_m \times F \times 16/12 \times GWP_{CH_4} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana = $BE_{CH_4,SWDS,y}$: potensi bangkitan metan dari sampah (tCO_2e)

$DDOC_m$: timbunan sampah organik karbon terdegradeble di TPA

F : fraksi metan yang dihasilkan dari TPA

16/12 : Berat ratio molekul

GWP_{CH_4} : potensi gas rumah kaca CH_4

Nilai untuk parameter bangkitan emisi metan seperti fraksi dari organik karbon terdegradabel (DOC_f), Faktor koreksi metan untuk dekomposisi aerob per tahunnya (MCF), fraksi metan yang dihasilkan dari TPA (F) dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5. Parameter Bangkitan Emisi Metan (IPCC, 2006)

No	Parameter	Nilai
1.	GWP_{CH_4}	21
2.	DOC_f	0,5
3.	MCF	0,8
4.	F	0,5
5.	Berat ratio molekul	16/12

Metode Perhitungan Reduksi Emisi Metan

Untuk data yang tidak tersedia, digunakan nilai kesalahan yang disediakan dalam metode serta digunakan nilai yang terdapat dalam model persamaan kerusakan (*decay*) dan nilai kesalahan dalam metode IPCC dapat diterima

sejauh tidak terdapat nilai kesalahan dan rasio konversi yang lebih spesifik. Untuk perhitungan reduksi emisi metan terdapat langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Langkah pertama, pengumpulan data sekunder yaitu data LFG, konsumsi listrik (CF_y) dan jumlah konsumsi listrik (EC_p).
- 2) Langkah kedua, menghitung jumlah CH_4 yang dihancurkan, dengan rumus:

$$MD_{Project} = BE_{CH_4, SWDS, y} \times CF_y \times GWP_{CH_4} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana = $MD_{Project}$: jumlah CH_4 yang dihancurkan (tCH_4)
 $BE_{CH_4, SWDS, y}$: potensi bangkitan metan dari sampah (tCO_2e)
 CF_y : konsumsi listrik (tCO_2e)

- 3) Langkah ketiga, menghitung emisi proyek yaitu emisi yang dihasilkan dari konsumsi listrik di proyek, dengan rumus:

$$PE_y = EC_{p, y} \times EF_{EL, y} \times (1 + TDL_{y, x}) \dots\dots\dots (5)$$

Dimana = PE_y : emisi yang dihasilkan dari konsumsi listrik (tCO_2e)
 $EC_{p, y}$: jumlah konsumsi listrik selama proyek (MWh)
 $EF_{EL, y}$: faktor emisi sebesar 0,891 (tCO_2e/MWh)
 $TDL_{y, x}$: rata-rata teknis transmisi dan distribusi yang hilang selama proyek sebesar 0,2

- 4) Langkah keempat, menghitung reduksi emisi metan

$$ER_y = BE_y - PE_y \dots\dots\dots (6)$$

Dimana = ER_y : emisi reduksi metan (tCO_2e)
 BE_y : potensi bangkitan metan dari sampah (tCO_2e)
 PE_y : emisi yang dihasilkan dari konsumsi listrik (tCO_2e)

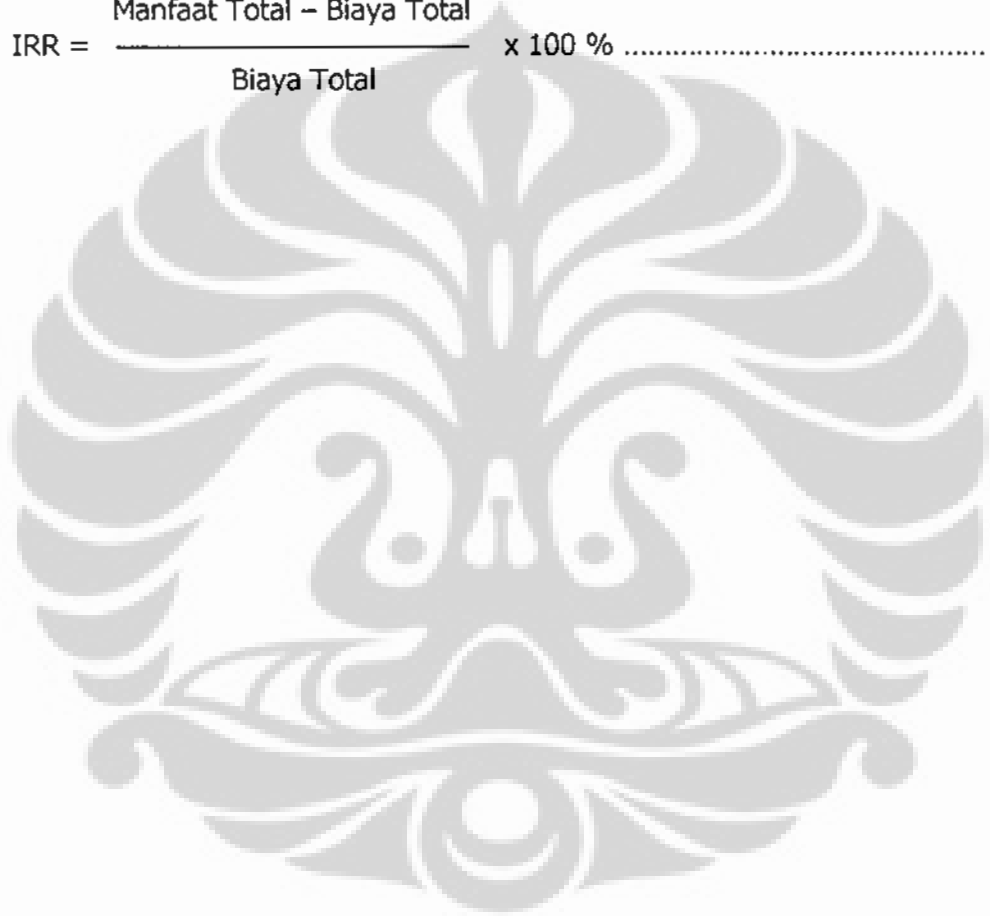
Metode Perhitungan Finansial Reduksi Emisi Gas Metan

Untuk pengkajian finansial implementasi CDM TPA Piyungan dengan menggunakan metode NPV (*net present value*), didasarkan pada nilai sekarang bersih dari hasil perhitungan nilai sekarang aliran dana masuk (penerimaan) dengan nilai sekarang aliran dana keluar (pengeluaran) selama jangka waktu analisis dan suku bunga tertentu. Kriteria kelayakannya yaitu apabila nilai sekarang atau $NPV > 0$ atau NPV positif, dengan rumus (Suparmoko, 2006):

$$NPV = (\sum PV \text{ Pendapatan}) - (\sum PV \text{ Pengeluaran}) \dots\dots\dots (7)$$

Metode tingkat suku bunga pengembalian modal IRR (*internal rate return*), merupakan suatu nilai petunjuk yang identik dengan seberapa besar suku bunga yang dapat diberikan oleh investasi tersebut dibandingkan dengan suku bunga yang berlaku umum. Semakin tinggi nilai IRR akan semakin baik manfaat proyek, semakin rendah nilai IRR menunjukkan semakin kurang layak, dengan rumus (Suparmoko, 2006):

$$\text{IRR} = \frac{\text{Manfaat Total} - \text{Biaya Total}}{\text{Biaya Total}} \times 100 \% \dots\dots\dots (8)$$



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum TPA Piyungan Bantul

TPA Piyungan merupakan TPA dari 3 kabupaten/kota yaitu Kabupaten Bantul, Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta. TPA Piyungan beroperasi sejak tahun 1998, diprediksi akan penuh sampai tahun 2012. Pengelolaan TPA Piyungan dilakukan dengan kerjasama antara Pemerintah Daerah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul, yang disebut dengan Sekretariat Bersama Kartamantul. Kepengurusan dibagi tiap daerah, yaitu Sekda Kabupaten Bantul sebagai Ketua Sekretariat Bersama Kartamantul, Kepala Bappeda Kabupaten Bantul sebagai sekretaris Sekretariat Bersama Kartamantul. Salah satu cara untuk meningkatkan pengelolaan sampah di Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman dengan pengurangan emisi gas metan dari lahan TPA. Emisi metan berkaitan dengan timbulan sampah serta komposisi sampah yang ada di TPA Piyungan. Sedangkan timbulan sampah berkaitan dengan peningkatan penduduk di ketiga daerah.

4.1.1 Jumlah Penduduk dan Cakupan Pelayanan Persampahan

Berdasarkan data BPS (2007), jumlah penduduk Kota Yogyakarta tahun 2000 sebesar 12.227 jiwa meningkat menjadi 13.880 jiwa pada tahun 2007, untuk Kabupaten Bantul tahun 2000 sebesar 1.541 jiwa meningkat sebesar 1.769 jiwa pada tahun 2007, sedangkan Kabupaten Sleman tahun 2000 sebesar 1.568 jiwa (Tabel 4.1). Pertumbuhan penduduk Kabupaten Bantul sebesar 1,46%, Kabupaten Sleman sebesar 1,34% dan Kota Yogyakarta sebesar 1,32%. Luas area wilayah Kabupaten Sleman lebih besar dibandingkan Kabupaten Bantul dan Kota Yogyakarta yaitu 574,82 km² jika dibandingkan dengan jumlah penduduk tiap tahunnya, maka kepadatan penduduk di Yogyakarta akan lebih tinggi dibandingkan Sleman dan Bantul. Kepadatan penduduk yang meningkat disisi lain luas area wilayah kota tidak bertambah, akan membutuhkan cakupan pelayanan yang semakin luas, maka diperlukan tambahan pembiayaan untuk mengelola sampah dan tambahan infrastruktur persampahan.

Tabel 4.1. Jumlah Penduduk Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman Tahun 2000-2007

Kota/Kab	Area (km ²)	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Bantul	506,85	1.541	1.575	1.610	1.645	1.681	1.718	1.744	1.769
Sleman	574,82	1.568	1.601	1.635	1.669	1.707	1.738	1.762	1.786
Yogyakarta	32,50	12.227	12.477	12.731	12.990	13.252	13.519	13.700	13.880

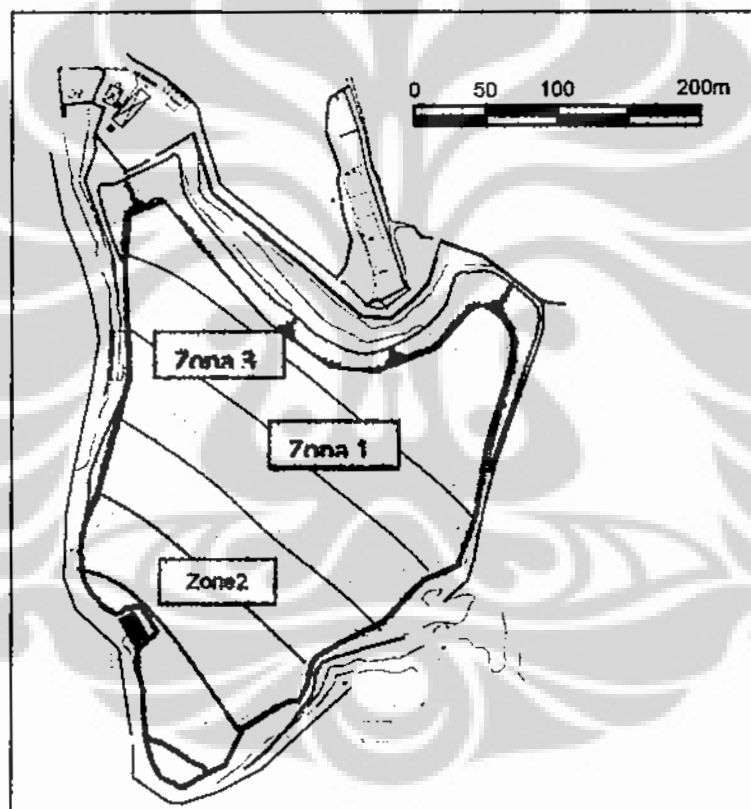
Sumber : Badan Pusat Statistik, 2007

Cakupan wilayah pelayanan persampahan TPA Piyungan yaitu wilayah DIY Yogyakarta, yang meliputi seluruh wilayah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan sebagian Kabupaten Bantul. Jumlah sampah tahun 2009 di Kota Yogyakarta sebesar 110,137 ton/hari (62,19%), kemudian Kabupaten Sleman 54,828 ton/hari (30,19%) dan Kabupaten Bantul 10,651 ton/hari (6,01%). Rata-rata pertumbuhan penduduk di Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul dan Sleman sebesar 1,01% akan meningkatkan jumlah timbulan sampah, dengan skenario tidak adanya pengelolaan sampah yang mempunyai rencana untuk mengurangi sampah dari sumber, hal ini menimbulkan, salah satunya diperlukannya investasi secara terus menerus dalam meningkatkan kapasitas lahan TPA dan pembuatan TPA baru. Peningkatan jumlah populasi dan keterkaitan peningkatan kebutuhan layanan pengumpulan sampah akan membuat batasan usia menampung sampah di TPA Piyungan semakin pendek, kecuali adanya perubahan paradigma pengelolaan sampah menjadi 3R (pembatasan, daur ulang dan pemanfaatan kembali sampah).

4.1.2 Lokasi dan Operasi Lahan TPA Piyungan Bantul

TPA Piyungan merupakan tempat pembuangan akhir sampah regional dengan cakupan wilayah pelayanan berasal dari wilayah Aglomerasi Yogyakarta, mulai beroperasi pada bulan Januari 1996. Lokasi TPA Piyungan terletak TPA ini terletak di RT 04 Dukuh Bendo Ngablak dan RT 05 Dukuh Watu Gender, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan luas lahan seluas 12,50 ha (Gambar 4.1). Luas penggunaan tempat pembuangan sampah sebesar 10 ha, dibagi menjadi 3 zona, yaitu zona

1 merupakan zona pasif dengan luas lahan sebesar 1,5 ha dengan kedalaman 20 m, zona 2 juga merupakan zona pasif, dengan luas lahan sebesar 7,4 ha, zona 2 inilah yang akan digunakan sebagai instalasi pengumpulan gas metan, sedangkan zona 3 merupakan zona aktif sebesar 2,5 ha, hingga saat ini masih digunakan dan adanya aktivitas pemulung (400 jiwa) dan sapi (800 ekor), sedangkan sisa lahan sebesar 2,5 ha dipakai untuk kantor dan bengkel. Instalasi pengumpulan gas metan berada di zona 2, lahan \pm 6 Ha ini memiliki kedalaman yang bervariasi mulai 15 sampai 20 m serta mengandung sekitar 85% sampah yang ditimbun lebih dari 2 tahun.



Gambar 4.1. Zona TPA Piyungan (Sumber: Laporan Proyek TPA Piyungan, 2009)

Kondisi geografi TPA Piyungan terletak disebelah tenggara dari pusat kota Yogyakarta, dengan kemiringan yang bervariasi berupa curam dan mendatar, serta terdapat tanah ledok dengan jurang yang cukup dalam. Lokasi TPA Piyungan dibatasi oleh:

- a. Sebelah utara merupakan persawahan, irigasi dan jalan lokasi desa.
- b. Sebelah selatan berbatasan dengan jalan tanah dan berbukitan berbatu

- c. Sebelah barat berbatasan dengan jalan tanah dan tanah perbukitan yang berdampingan dengan area persawahan.
- d. Sebelah timur merupakan kawasan hijau.

Lokasi TPA mempunyai bentuk morfologi perbukitan diantara bukit yang mengelilinginya sehingga mempunyai bentuk geometri berupa cekungan. Dalam peta Geologi lembar Yogyakarta (Wartono Rahardjo, Sukandarrumih, H.M.D Rosidi, 1997) memperlihatkan bahwa lokasi TPA sekarang, termasuk dalam zona sesar, pada kejadian gempa bumi tanggal 27 Mei 2006 TPA Piyungan termasuk kedalam lokasi gempa. Sedangkan untuk kondisi Topografi berlokasi pada ketinggian antara (50 m – 100 m) diatas permukaan laut dengan kemiringan wilayah antar (8% -15%). Suhu udara bulan Maret 2010 di lokasi TPA Piyungan, hasil pemeriksaan laboratorium Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan Yogyakarta adalah 35°C, kelembapan 58-62%, kecepatan angin 0,91-2,10 m/s, tekanan udara 660 mmHg, serta curah hujan rata-rata 500-1.000 mm/tahun.

Untuk kondisi hidrologi TPA Piyungan, tidak ada aliran permukaan yang permanen, saluran alami yang terbentuk sebagai penampang dan mengalirkan air hujan segera setelah hujan berhenti, aliran permukaan mengalir ke arah Selatan dan bermuara di Kali Opak. Sebagai sebuah tapak TPA, nilai permeabilitas atau harga kelulusan pada tanah alluvial merupakan parameter yang akan mempengaruhi tingkat rembesan air lindi.

Kebutuhan air dalam menunjang operasional TPA, dari penuturan petugas pengelola TPA Piyungan Kabupaten Bantul, didapat dari sumur bor milik Dinas Pertambangan yang terletak lebih kurang 400 m dari lokasi TPA dengan cara pengambilan dengan truk tangki air tiap 2 hari sekali. Sedangkan kebutuhan air untuk penduduk, dicukupi dengan penggunaan sumur, dengan kebutuhan yang sulit jika pertengahan musim kemarau datang.

4.1.3 Fasilitas Pendukung TPA Piyungan Bantul

Fasilitas pendukung yang terdapat di TPA Piyungan Bantul dari hasil pengamatan lapangan dan penuturan petugas pengelola TPA Piyungan Bantul terdapat jalan masuk utama ke TPA Piyungan berupa jalan aspal sepanjang 900

m dan lebar 4 m, di beberapa tempat kondisi lapisan aspal sudah rusak, jalan kemudian bercabang menuju lokasi pembuangan sampah (dermaga) dan yang lain menuju kantor, garasi, dan kolam pengolahan lindi yang terletak di sebelah Utara TPA Piyungan. Untuk saluran drainase terdapat disekeliling lokasi TPA Piyungan, kondisi rata-rata masih baik, sebagian bermuara ke saluran alami yang terdapat di samping kolam pengolahan lindi sehingga aliran air hujan bersama air lindi yang sudah diolah mengalir di saluran alami menuju sungai opak. Kebutuhan listrik TPA Piyungan sebesar 220 volt dengan daya sebesar 1300 watt dimanfaatkan untuk keperluan operasional kantor dan penerangan lokasi TPA piyungan serta genset yang digunakan sebagai cadangan sumber daya dan aerator kolam pengolahan lindi.

Beberapa fasilitas pendukung seperti dilengkapi sistem pengolahan lindi beserta perpipaan, drainase terdapat disekeliling lokasi TPA, jembatan timbang dan bangunan berupa kantor, garasi, bengkel, dan pos jaga. Selain itu terdapat bangunan mushola untuk karyawan dan penduduk sekitar TPA Piyungan. Kendaraan di TPA Piyungan berupa dump truk 1 buah, truk tangki 1 buah, excavator 1 buah.

4.1.4 Timbulan dan Komposisi Sampah TPA Piyungan Bantul

Gas metan di TPA akan sangat bervariasi tergantung pada jumlah dan komposisi sampah yang dibuang di lahan TPA, dengan bahan organik dalam jumlah yang besar memberikan kondisi ideal untuk pembusukan organik yang cepat dan pembentukan gas metan. Gas diproduksi di lahan TPA ketika bahan organik membusuk dengan kondisi anaerobik (tanpa oksigen). Gas lahan di TPA terdiri dari gas metan dan karbondioksida dengan jumlah yang sama, dengan tingkat konsentrasi senyawa organik, polutan udara yang berbahaya dan senyawa lainnya.

Komposisi sampah di TPA Piyungan berdasarkan data BPPT tahun 2009 didominasi oleh sampah organik sebesar 77% sedangkan untuk sampah non organik sebesar 22,63% (Tabel 4.2). Dominasi sampah organik di beberapa kota di Indonesia dipengaruhi oleh gaya hidup masyarakat, tingkat pendapatan dan pengelolaan sampah. Hal ini menjelaskan tingginya komposisi sampah

halaman atau taman sebesar 23,33%, bahwa rendahnya pemanfaatan sampah yang berasal dari halaman atau taman menyebabkan komposisi sampah ini tinggi di TPA Piyungan. Sampah plastik merupakan komponen terbesar dari total sampah non organik yaitu 9,96%, gaya hidup masyarakat kota Yogyakarta mengikuti perkembangan zaman mengakibatkan banyaknya peningkatan konsumsi makanan siap saji. Komposisi sampah akan mempengaruhi tingkatan pembentukan gas metan di TPA Piyungan.

Tabel 4.2. Komposisi Sampah TPA Piyungan Tahun 2009

Komposisi Sampah	Persentase
sisia makanan	9.88%
sayuran	7.22%
buah-buahan	12.20%
halaman/taman	23.33%
makanan binatang	3.36%
Lainnya	21.37%
sub total dapat dikomposkan	77.36%
Kertas	5.65%
Plastik	9.96%
Kayu	0.72%
Kain	2.20%
Pamper	2.37%
Karet	0.32%
Logam	0.19%
Gelas	0.34%
Tulang dan Bulu	0.72%
Lainnya	0.16%
Sub Total tidak dapat dikomposkan	22.36%

(Sumber: BPPT, 2009)

Sedangkan timbulan sampah TPA Piyungan secara umum mengalami peningkatan sebesar 3%. TPA Piyungan mulai dioperasikan pada bulan Januari 1996. Sejak tahun 1996 sampai tahun 2009 telah menangani sampah 1.844.618 ton. Timbulan sampah yang dibuang ke TPA Piyungan terus meningkat setiap tahun. Untuk mengetahui timbulan sampah di TPA Piyungan dapat dilihat pada Tabel 4.3. Timbulan sampah dan komposisi sampah akan mempengaruhi gas metan yang akan terbentuk di TPA Piyungan, bahan organik yang terdapat pada timbulan sampah akan berperan dalam proses pembentukan gas metan oleh mikroorganisme.

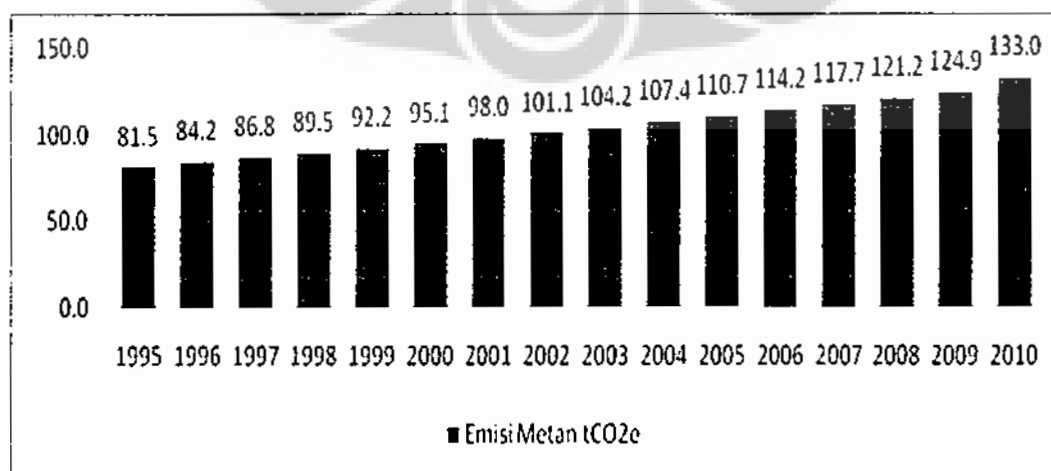
Tabel 4.3. Timbulan Sampah TPA Piyungan Tahun 1995-2010 (ton/tahun)

Tahun	Jumlah Timbulan Sampah	Tahun	Jumlah Timbulan Sampah
1995	98.526	2003	125.712
1996	101.573	2004	129.600
1997	104.714	2005	133.608
1998	107.953	2006	137.740
1999	111.292	2007	142.000
2000	114.734	2008	146.260
2001	118.282	2009	150.684
2002	121.940	2010	160.445

Sumber: Unit Pengelola TPA Piyungan Kabupaten Bantul

4.2. Estimasi Emisi Gas Metan di TPA Piyungan Bantul

Gas metan merupakan salah satu gas rumah kaca, oleh karena itu efisiensi dalam pengumpulan dan peluruhan gas merupakan salah satu bagian dalam CDM. Gas TPA dipengaruhi oleh dekomposisi anaerobik sampah padat yang ada di lahan TPA. Pada dasarnya gas yang terdapat di TPA terdiri atas gas metan dan gas karbondioksida. Tingkat emisi gas pada umumnya dipengaruhi oleh jenis sampah yang dibuang, elemen kelembaban, umur sampah dan kondisi iklim lokal. Selain tanggung jawab global, memaksimalkan penangkapan dan penghancuran gas metan memberikan kemampuan bagi pemerintah daerah Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman dalam pengelolaan sampah perkotaan.



Gambar 4.2. Emisi Metan tCO₂e TPA Piyungan Tahun 1995-2010
(Sumber: Hasil analisis)

Gambar 4.2 memperlihatkan estimasi emisi metan TPA Piyungan dari tahun 1995-2010 tiap tahun meningkat secara bertahap yaitu sebesar 81.528 tCO₂e, 84.184 tCO₂e, 86.787 tCO₂e, 89.471 tCO₂e, 92.239 tCO₂e, 95.092 tCO₂e dan 133 tCO₂e. Pengaruh laju pertumbuhan penduduk provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta semakin naik berkaitan dengan laju timbulan sampah yang semakin tinggi akan menaikkan emisi metan di TPA Piyungan. Kondisi TPA Piyungan yang belum menangani gas metan menyebabkan emisi metan terlepas ke atmosfer. Selain itu faktor komposisi sampah TPA Piyungan didominasi oleh sampah organik sebesar 77% sedangkan untuk sampah non organik sebesar 22,63%, karena adanya ketersediaan bahan organik yang dapat terurai. Hal ini berdasarkan Pacey & DeGier, 1986, yang menyatakan bahwa komposisi sampah merupakan faktor yang sangat penting dalam pembentukan metan karena ketersediaan bahan organik dan ketersediaan hara untuk sistem. Faktor pengaruh lainnya yaitu curah hujan dan suhu, mempengaruhi kecepatan pembentukan gas metan karena dibutuhkan dalam penguraian sampah yang terjadi secara anaerob. Berdasarkan data Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan Yogyakarta, hujan rata-rata 500-1.000 mm/tahun, suhu udara bulan Maret 2010 di lokasi TPA Piyungan adalah 35°C, kelembapan 58-62%, kecepatan angin 0,91-2,10 m/s, tekanan udara 660 mmHg, serta curah hujan rata-rata 500 - 1.000 mm/tahun.

Faktor sosial ekonomi mempengaruhi tingkat emisi gas metan, karena mempengaruhi timbulan sampah dan komposisi sampah organik dan sampah non organik yang dapat menghambat laju proses anaerob yang dilakukan oleh mikroorganisme pembentuk metan. Hal ini sesuai dengan Putra (2007), menyatakan bahwa kepadatan bahan organik dan kayu secara nyata mempengaruhi emisi metan, peningkatan kepadatan bahan organik dan kayu dapat meningkatkan emisi metan.

Pola kehidupan dan tingkat sosial ekonomi di ketiga Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul yaitu menengah kebawah, menyebabkan banyak atau tidaknya barang yang dikonsumsi yang berpengaruh pada timbulan sampah. Perubahan gaya hidup masyarakat mempengaruhi komposisi sampah, seiring dengan mudahnya makanan siap saji dan

berkembangnya teknologi pangan maka presentase sampah plastik secara nasional berdasarkan data KLH, sebesar 14% tahun 2008 mengalami peningkatan menjadi 15% tahun 2009.

Emisi metan mempunyai kemampuan memperkuat radiasi gelombang pendek menjadi gelombang panjang yang bersifat panas sebesar 21 kali dibanding CO_2 , oleh karena itu kenaikan presentase emisi gas metan (CH_4) tetap harus dikendalikan. Jika tidak dikendalikan akan menimbulkan dampak negatif, terutama dalam daur karbon dan proses fotosintesis. Semakin meningkatnya aktivitas manusia untuk kebutuhannya, akan meningkatkan volume sampah. Sampah yang tidak terkelola dengan baik mengemisikan gas metan ke atmosfer. Peningkatan karbon dari TPA akan meningkatkan jumlah CH_4 di lapisan mesosfer, menyebabkan sinar matahari yang masuk ke bumi akan dipantulkan kembali, menaikkan suhu di muka bumi. Hal ini telah berlangsung sejak revolusi industri, kurun waktu hampir 100 tahun ini menyebabkan perubahan iklim. Perubahan iklim menyebabkan pemanasan global menyebabkan perubahan daur karbon dan di dalam ekosistem seperti proses fotosintesis dan jaring makanan. Perubahan daur karbon yaitu peningkatan karbon oleh bahan bakar fosil, industri, persawahan, sampah di TPA, kemudian laju penyerapan karbon semakin berkurang karena penggundulan hutan, rusaknya ekosistem laut (fitoplankton berkurang, merupakan penyerapan biologis terbesar dari reaksi fotosintesis), ekosistem hutan (alih tata guna lahan dari hutan menjadi perkebunan monokultur, pertambangan, pertanian). Perubahan di dalam ekosistem disebabkan produsen mulai berkurang (tumbuh-tumbuhan mulai berkurang jumlahnya), kemudian beberapa jenis hewan tertentu, akan semakin berkurang karena kenaikan suhu.

Di Indonesia akibat pemanasan global terjadi mengakibatkan peningkatan 2-3% curah hujan pertahun di Indonesia. Periode 2003-2005, terjadi 1.429 kejadian bencana. Sekitar 53,3% adalah bencana terkait dengan hidro-meteorologi (Bappenas dan Bakomas PB, 2006). Kemudian Menurut Departemen Kelautan dan Perikanan, dalam dua tahun saja (2005-2007) Indonesia telah kehilangan 24 pulau kecil di Nusantara yaitu tiga pulau di Nanggroe Aceh Darussalam (NAD), tiga pulau di Sumatera utara, tiga di Papua, lima di Kepulauan Riau, dua

di Sumatera Barat, satu di Sulawesi Selatan, dan tujuh di kawasan Kepulauan Seribu, Jakarta.

Untuk mengatasi dampak dari emisi metan diperlukan suatu upaya dengan mereduksi emisi gas metan. Salah satu cara dengan menjadikan gas metan yang terbentuk dikumpulkan dan digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik. Hasil dari reduksi emisi mendapatkan sertifikat emisi yang direduksi dan penjualan listrik. Hasil tersebut dapat digunakan pemerintah daerah untuk peningkatan pengelolaan sampah.

4.3. Estimasi Reduksi Emisi Gas Metan di TPA Piyungan Bantul

Reduksi emisi metan dalam sistem pengumpulan gas lahan TPA dapat berkaitan dengan pengelolaannya. Pengelolaan dengan operasi dan pemeliharaan lahan TPA dengan desain yang baik, sistem perbaikan yang baik dan penutup permukaan yang permeabel akan memiliki efisiensi yang lebih baik. Reduksi emisi metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan dapat dilihat pada Tabel 4.4. Estimasi reduksi emisi metan didapat dari jumlah gas metan (CH_4) yang dihasilkan di TPA Piyungan (*baseline emission*) dengan emisi proyek, yaitu emisi yang dihasilkan dari konsumsi listrik aktivitas proyek. Perhitungan awal pada tahun 2011, karena prediksi implementasi CDM TPA Piyungan akan mulai diimplementasikan. Efektivitas sistem pengumpulan gas bergantung pada desain operasional sistem dan kemampuan pembentukan gas metan (CH_4) sampah TPA.

Tabel 4.4. Reduksi Emisi Metan TPA Piyungan Tahun 2011-2019

Tahun Kredit	Estimasi Emisi Dihasilkan dari Konsumsi Listrik Proyek (tCO_2e)	Estimasi Emisi <i>baseline</i> (tCO_2e)	Estimasi Reduksi emisi (tCO_2e)
2011	562.40	86778	86216
2012	562.40	72701	72139
2013	562.40	61711	61148
2014	562.40	52979	52416
2015	562.40	45943	45381
2016	562.40	40192	39630
2017	562.40	35447	34885
2018	562.40	31447	30885

Lanjutan Tabel 4.4

Tahun Kredit	Estimasi Emisi Dihasilkan dari Konsumsi Listrik Proyek (tCO ₂ e)	Estimasi Emisi baseline (tCO ₂ e)	Estimasi Reduksi emisi (tCO ₂ e)
2019	515.35	25737	25222
Total	5014.55	452935	447919

Sumber: Hasil analisis

Estimasi reduksi emisi metan TPA Piyungan tahun 2011 sebesar 86216 tCO₂e tiap tahun menurun secara bertahap yaitu sebesar 72139 tCO₂e tahun 2012, 61148 tCO₂e tahun 2013, 52416 tCO₂e tahun 2014, 45381 tCO₂e tahun 2015, 39630 tCO₂e tahun 2016, 34885 tCO₂e tahun 2017 dan 25222 tCO₂e tahun 2019. Penurunan reduksi dikarenakan aktivitas *flare* (dibakar) dari implementasi aktivitas pengumpulan gas metan dari tahun 2010-2019.

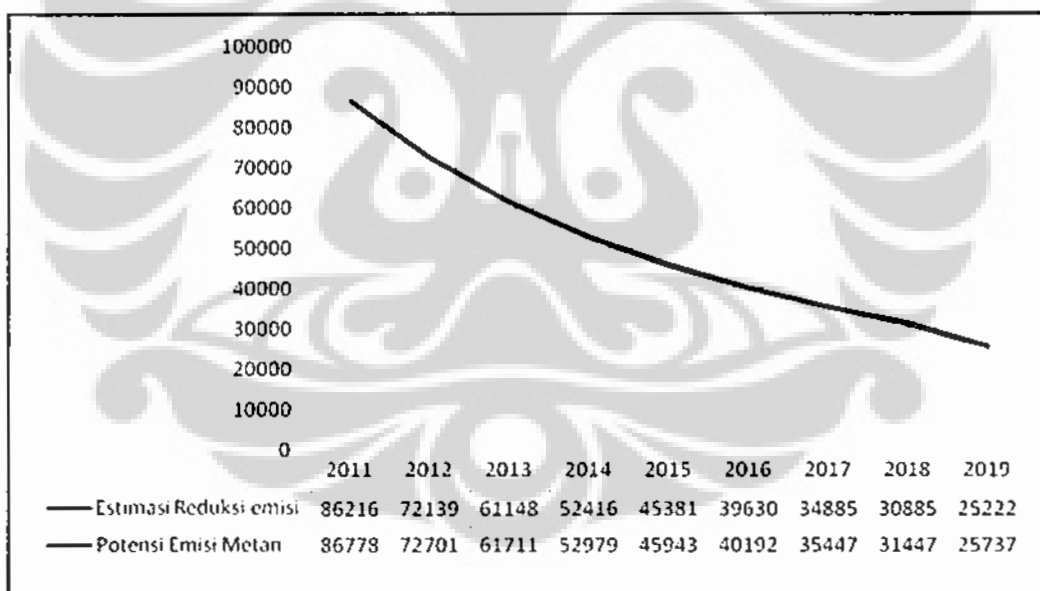
Murdiyarso (2003), mengemukakan bahwa konsentrasi gas metan (CH₄) dan N₂O relatif rendah, namun kemampuan memperkuat radiasi gelombang pendek menjadi gelombang panjang yang bersifat panas jauh lebih besar dibanding CO₂ yang konsentrasi dan pertumbuhannya jauh lebih besar. Gas metan (CH₄) dan N₂O memperkuat radiasi sekitar 20 dan 200 kali kemampuan CO₂. Hal ini menyatakan bahwa kenaikan sedikit dari gas metan (CH₄) dan N₂O tetap harus tetap dikendalikan.

Kelayakan kegiatan reduksi emisi metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan harus disertifikasi oleh entitas operasional (badan hukum lokal maupun organisasi internasional) yang telah terakreditasi dan ditunjuk, berdasarkan ketentuan Badan Eksekutif CDM (terdiri dari 10 negara Pihak Protokol Kyoto), dikonfirmasi oleh CMP (konferensi para pihak yang bertidak sebagai pertemuan para pihak dalam Protokol Kyoto merupakan pembuat keputusan tertinggi mengenai CDM) dengan memenuhi kriteria seperti yang diatur dalam Protokol Kyoto pasal 12.5 yaitu

1. Partisipasi negara berkembang dilakukan atas dasar sukarela dan disetujui oleh masing-masing pihak yang terlibat yaitu peserta proyek, pemerintah, otoritas nasional (DNA), entitas operasional (DOE), badan eksekutif CDM, masyarakat umum sekitar proyek CDM

2. Kegiatan CDM harus dapat mengarah kepada keuntungan yang nyata, terukur dan berjangka panjang yang terkait dengan kegiatan mitigasi perubahan iklim (kegiatan yang bertujuan untuk memperlambat terjadinya perubahan iklim)
3. Kegiatan CDM harus menghasilkan keuntungan atau perolehan (*additionality*) dalam hal pengurangan emisi dibanding jika tidak ada kegiatan

Berkaitan dengan kelayakan kegiatan reduksi emisi metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan dapat dikatakan *additional* jika emisi gas metan dapat dikurangi sampai dibawah emisi yang dihasilkan pada kondisi dimana tidak ada kegiatan CDM. Dapat dilihat pada Gambar 4.3, bahwa terdapat pengurangan emisi gas metan dari tanpa adanya kegiatan CDM dengan adanya kegiatan reduksi emisi metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan.



Gambar 4.3 Pengurangan Emisi Metan di TPA Piyungan Tahun 2011-2019
(Sumber: Hasil analisis)

Gambar 4.3 memperlihatkan kondisi tanpa adanya kegiatan CDM dengan adanya kegiatan reduksi emisi metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan dari tahun 2011-2019. Kondisi potensi emisi metan tiap tahun menurun secara bertahap yaitu sebesar 86.778 tCO₂e, 72.701 tCO₂e, 61.711 tCO₂e, 52.979 tCO₂e, 45.943 tCO₂e, 40.192 tCO₂e, 31.447 tCO₂e dan 25.737 tCO₂e. Kemudian hasil penurunan emisi yaitu 86.216 tCO₂e, 72.139 tCO₂e,

61.148 tCO₂e, 52.416 tCO₂e, 45.381 tCO₂e, 39.630 tCO₂e, 34.885 tCO₂e, 30.885 tCO₂e, dan 25.222 tCO₂e. Model yang digunakan merupakan *first order decay* (FOD) dari IPCC dengan ratio keberhasilan untuk sektor limbah termasuk sampah sebesar 83%. Dibandingkan dengan hasil monitoring reduksi emisi gas metan yang berlokasi di TPA Sumur batu di Bekasi, TPA Suwung di Bali, TPA Tamangapa di Makasar berdasarkan dokumen proyek TPA Suwung, TPA Tamangapa dan TPA Sumur Batu. Untuk TPA Tamangapa tahun 2008, 2009, 2010 sebesar 35,162 tCO₂e; 70,182 tCO₂e dan 76,609 tCO₂e. TPA Sumur Batu tahun 2008, 2009, 2010 sebesar 43,206 tCO₂e; 68,393 tCO₂e; 79,752 tCO₂e. TPA Suwung 2007, 2008, 2009, 2010 sebesar 49,033 tCO₂e; 79,511 tCO₂e; 93,140 tCO₂e; 104,843 tCO₂e. Dibandingkan dengan hasil reduksi emisi TPA Piyungan yaitu 70.645 tCO₂e; 74.175 tCO₂e; 4207.955 tCO₂e; 5221.601 tCO₂e, dengan kapasitas TPA yang tidak terlalu jauh, hasil perbandingan dapat dikatakan sebanding. Sedangkan justifikasi data dalam IPCC 2006, dengan deskripsi metode pengukuran dan prosedur sebenarnya dari tiap masing-masing parameter atau data yang digunakan, dapat dilihat dari Tabel 4.5.

Estimasi reduksi emisi metan dari tahun 2011-2019 semakin menurun, hal ini karena adanya kegiatan reduksi emisi metan melalui implementasi CDM. Kemudian aspek desain TPA dan pembentukan emisi metan oleh mikroorganisme mempengaruhi penurunan emisi metan. Aspek desain TPA seperti perencanaan lahan, pemilihan penutup akhir dan pelapisan dasar, perencanaan perpipaan serta perencanaan monitoring perlu direncanakan dengan baik. TPA Piyungan yang akan berakhir beroperasi tahun 2012 akan membuka peluang baru untuk perluasan dan diintegrasikan dengan pengelolaan gas metan. TPA Piyungan pasca operasi dengan pengelolaan sampah terpadu akan mendukung implementasi reduksi gas metan yang telah ada sebelumnya, dengan cara sampah yang sudah terpilah, dimasukkan ke dalam landfill dan dilakukan perencanaan landfill kemudian sistem perpipaan gas metan akan digabungkan dengan sistem perpipaan gas metan yang telah. Perencanaan yang baik akan mengurangi dampak emisi gas metan dan dampak negatif dari pengolahan sampah di TPA.

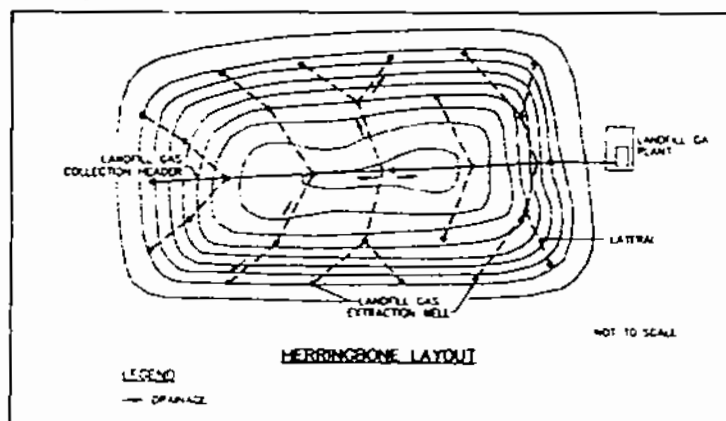
Tabel. 4.5 Validasi Data dan Parameter (IPCC, 2006)

Data/parameter	Peraturan yang berkaitan dengan kegiatan	GWP gas	DWP ₁₀₀	BE _{100years}	CF ₁₀₀	OX	F	DOC ₁	MCF	DOC ₂	K ₁	F
Data unit	--	CO ₂ , CH ₄ , Global Warming Potensial C ₁₀₀	CH ₄ , N ₂ O, C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈ , C ₄ H ₁₀ , C ₂ F ₆ , C ₃ F ₈	CO ₂	--	--	--	--	--	--	--	--
Deskripsi	Peraturan persyaratan yang berkaitan dengan proyek-proyek gas lahan TPA			Emiti metana yang berasal dari aktivitas proyek	Rasio antara jumlah metana yang seharusnya larut / dibakar dalam skenario proyek dan metan dari TPA tanpa adanya kegiatan proyek di lahan Y	Faktor Oksidasi	Fraksi metan	Fraksi organik karbon yang dapat didekomposisi	Faktor Koreksi Metan	Fraksi organik yang dapat terbakar kg per kg sampah basah organik	Nilai dekomposisi untuk masing-masing komposisi sampah	Fraksi metana yang diangkut dan pembakaran atau penggunaan
Sumber data	<i>Design National Authority</i>	IPCC	IPCC	Dihitung sesuai dengan "Tool untuk menentukan emisi metana di TPA"	--	IPCC	IPCC	IPCC	IPCC	IPCC	IPCC	ACM10001
Nilai	Af=0	21	0,0007168	Section B.6.3.	Section B.6.3.	0,0	0,5	0,5	0,8	Komposisi sampah (DOC ₁) Kayu 0,43; kertas 0,40; makanan 0,15; kain 0,24; sampah tanaman 0,20.	Komposisi sampah (K ₁) untuk iklim tropis Kayu 0,035; kertas 0,070; makanan 0,400; sampah tanaman 0,170.	0
Justifikasi data atau deskripsi metode pengurangan dan prosedur sebenarnya	Berdasarkan informasi yang diperoleh dari DNA negara tuan rumah, telah meoegasakan bahwa negara tuan rumah tidak memiliki undang-undang tentang pemangkapan gas metana dari TPA	21 for the first commitment period	Dalam keadaan temperatur dan tekanan standar (0°C dan tekanan metana 1,013 bar) densitas metan 0,0007168 kg/m ³ CH ₄	Dihitung sesuai dengan "Tool untuk menentukan emisi metana di TPA"	Kalkulasi perencanaan proyek	Tipe TPA adalah belum melakukan pengelolaaan TPA dengan baik	Berdasarkan rekomendasi IPCC 0,5	Berdasarkan rekomendasi IPCC 0,5	Tipe TPA adalah belum melakukan pengelolaan TPA dengan baik dengan kedalaman 20 m	Sesuai dengan keadaan sampah di lokasi proyek dan nilai sampah organik basah yang digunakan.	Sesuai dengan iklim di Indonesia yaitu tropis I	Sesuai dengan ACM10001 fraksi dari metan dituang sudah diperhitungkan dalam persamaan (2), "f" harus dicari nilai 0.

4.3.1 Perancangan Sistem *Landfill Gas Flaring* TPA Piyungan

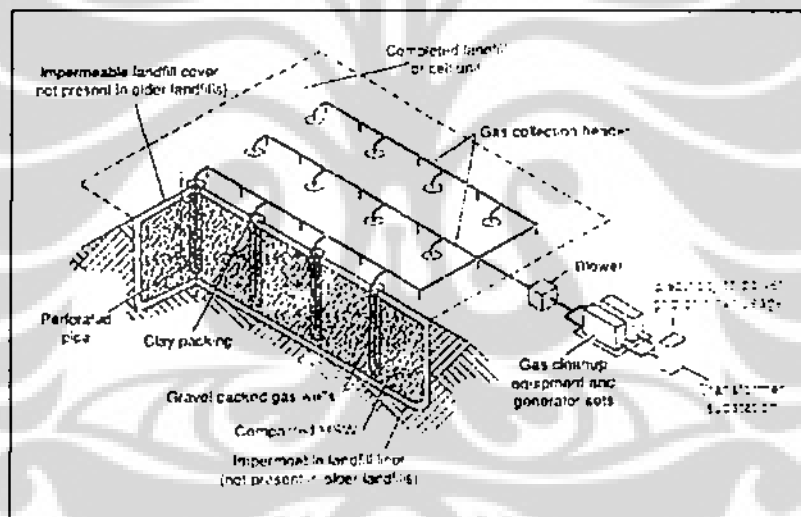
Aspek perancangan TPA Piyungan yang sudah ada akan diintegrasikan dengan sistem instalasi *Flare* gas metan. Efektivitas sistem pengumpulan gas bergantung pada desain operasional sistem, dan kemampuan pembentukan gas metan (CH_4) sampah TPA. Sistem pengumpulan kolektif aktif terdiri atas pipa yang tergabung dalam sistem ekstraksi sumur gas atau parit pengumpul. Gradien tekanan dibuat dalam parit pengumpul kemudian memaksa keluarnya gas dari lahan TPA. Kemudian gas tersebut dialirkan lewat pipa ke unit pembakaran. Tahapan kegiatan sistem instalasi *Flare* gas TPA Piyungan yaitu (1) melakukan konstruksi penggalian landfill; (2) konstruksi pengurugan; (3) konstruksi perpipaan; tahap (4) konstruksi pembangunan sistem *flaring*, tahap (5) yaitu konstruksi; tahap terakhir (6) yaitu instrumentasi dan monitoring dari sistem *Flare* gas.

Tahap pertama yaitu konstruksi penggalian bertujuan untuk memasang geoliner HDPE setelah *ground liner* terbentuk, tanah dilapisi oleh lapisan *geomembrane*. Lapisan *geosynthetic* yang digunakan adalah lapisan mirip plastik berwarna dengan ketebalan 2,5 mm terbuat dari *High Density Polyetilin*, salah satu senyawa minyak bumi. Tahap kedua yaitu konstruksi pengurugan untuk mengurug lahan TPA Piyungan yang akan dipasang sistem perpipaan gas, dimulai dari Zona 1 zona 2 dari TPA Piyungan. Tahap ketiga yaitu konstruksi perpipaan, dalam tahap ini dipasang sistem perpipaan gas yang akan menuju ke sistem *flaring*. Sistem perpipaan mengadopsi sistem herringbone lay out karena memiliki keuntungan yaitu biaya lebih efektif, seluruh gas di TPA akan dikumpulkan dengan efektif (Gambar 4.4).

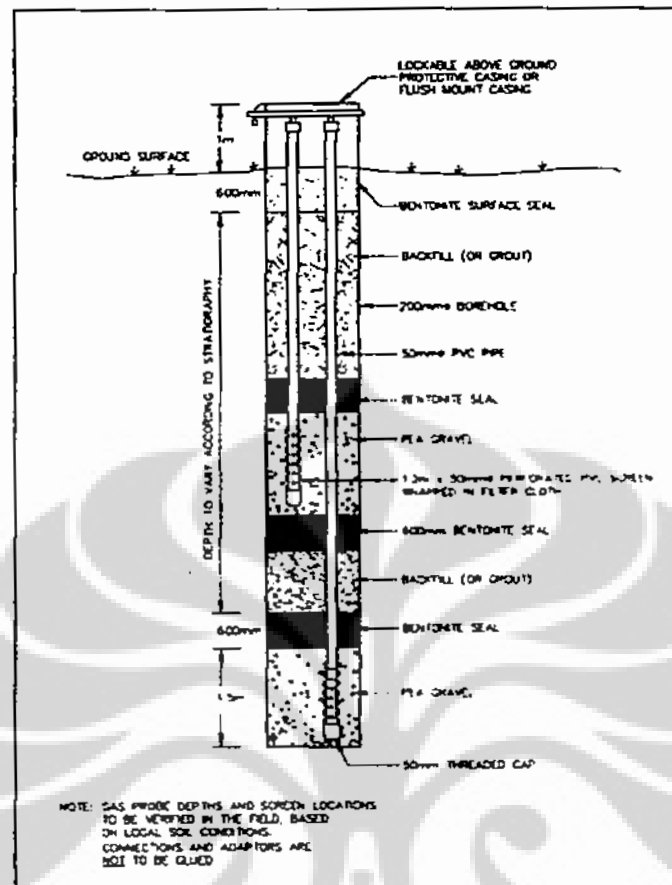


Gambar 4.4 Jalur Perpipaan Sistem Herringbone (David, 2005)

Sistem perpipaan gas yang akan digunakan di TPA Piyungan menggunakan pipa vertikal. Jalur pipa penyaluran gas pada TPA Piyungan ditunjukkan pada Gambar 4.5. Dengan desain sumur pengumpul vertikal, diisi dengan materi *permeable*, misal gravel/kerikil; sumur ditutup untuk mencegah masuknya udara, diameter lubang sumur 500 mm, masing-masing sumur diberi pompa vakum (aliran udara konveksi). Pipa vertikal direncanakan dengan sistem *progressive well*, yaitu dengan menggunakan pipa penangkap gas yang akan diletakkan menerus dari dasar TPA hingga lapisan akhir TPA dengan desain yaitu (1) diameter *casing* sebesar 300 mm; (2) diameter pipa PVC berlubang yaitu 200 mm; (3) jarak antar pipa sepanjang 25 m; (4) material pengisi antara casing dengan pipa PVC adalah kerikil dengan diameter 5-7 cm (Gambar 4.3).



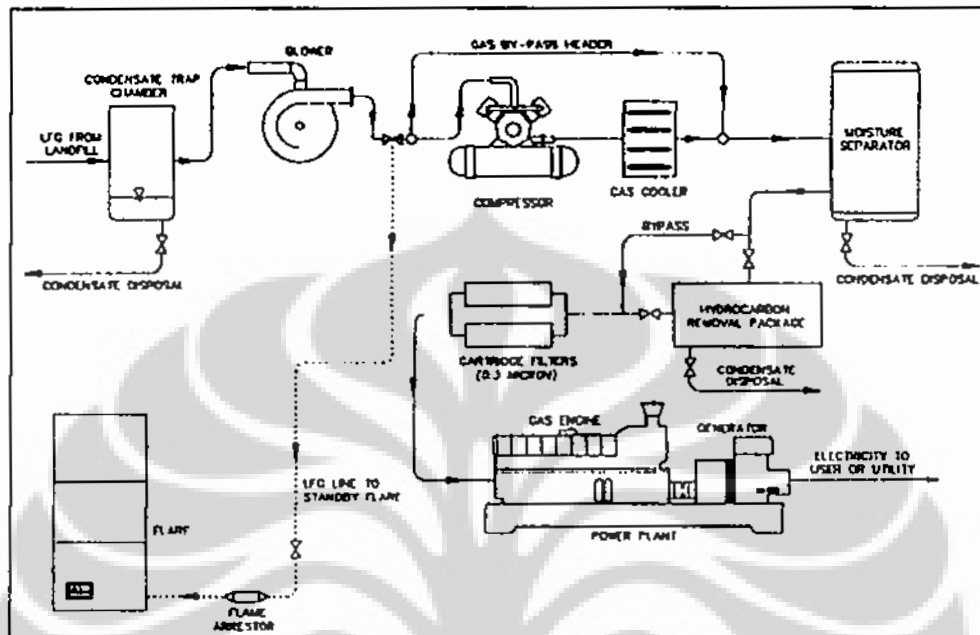
Gambar 4.5. Sistem Instalasi *Flare* Gas Landfill Dengan Menggunakan Pipa Vertikal (Sumber: Tchobanoglous, 1995)



Gambar 4.6. Tipikal Instalasi Sumur gas di TPA (Sumber: David, 2005)

Tahap keempat konstruksi pembangunan sistem *flaring* sistem ini memiliki komponen berupa demister, flow meter, thermometer, *supply fan*, flow meter ke *flare*, *flare*, *cooling* sistem, *air fan*, LFG gas, flow meter ke *engine* gas dan LFG *Gas engine*. Sistem ini dibagi menjadi dua setelah *supply fan* yang pertama menuju *flaring* sistem yaitu flow meter ke *flare*, *flare*, *cooling* sistem, *air fan*, LFG gas. Kedua yaitu flow meter ke *engine* gas dan LFG *Gas engine* menghasilkan energi untuk digabungkan ke *power generation* menjadi listrik (Gambar 4.7). Teknologi yang dapat mendaur ulang karbon ke bahan bakar gas, yang kemudian dapat segera digunakan sebagai bahan bakar untuk generator listrik. Teknologi didasarkan pada metode produksi gas generator dengan cara pemanasan dalam unit generator gas (Axiom, 2010). Teknologi gas engine terdiri dari (1) ruang reaktor di mana bahan bakar dipanaskan dan terurai ke unit filter juga terdapat fraksi gas yang dimurnikan; dan (3) pendingin yang didinginkan pada suhu kamar. Pembuangan dari operasi mesin di gas generator 5 kali lebih bersih dibandingkan dengan bahan bakar cair konvensional dan gas lainnya. Tahap kelima yaitu konstruksi penutupan akhir

dari sel TPA dengan lapisan *geomembrane* untuk mencegah menyebarnya gas metan. Tahap terakhir melakukan pemasangan sistem instrumentasi dan monitoring, bertujuan untuk memonitor dari sistem *Flare* gas.



Gambar 4.7. Sistem *Landfill Gas Flaring* (Sumber: David, 2005)

Kegiatan operasional, konstruksi dan pasca konstruksi sistem *Landfill Gas Flaring* di TPA Piyungan mempunyai dampak negatif pada saat konstruksi dan operasional yaitu pada tahap konstruksi berupa meningkatnya tingkat kebisingan dan debu dapat terjadi dan berdampak pada masyarakat setempat yang bertempat tinggal di sekitar lokasi. Polusi suara yang berasal dari pembakaran dapat sangat mengganggu karena penggunaan peralatan mesin dan dari pembakaran itu sendiri. Memiliki dampak yang potensial pada para pekerja di lokasi dan juga masyarakat yang bertempat tinggal di dekat lokasi. Untuk mengurangi dampak dari polusi suara kepada para penerima, maka pembakaran harus berada jauh dari bangunan. Dampak negatif pada saat tahap operasional yaitu risiko *asphyxia* yang potensial pada lokasi, utamanya berdampak bagi para pekerja di lokasi. Sistem pembakaran yang tertutup digunakan untuk mencegah gangguan kebisingan dan untuk memberikan perlindungan dari cuaca dan akses manusia yang tidak berkepentingan. Namun, gas landfill merupakan *asphyxiant*, sehingga ventilasi yang memadai atau pengamanan keselamatan yang sistematis harus digunakan.

Selain itu, masyarakat sekitar TPA Piyungan memiliki persepsi positif terhadap kegiatan instalasi reduksi emisi gas metan. Oleh karena itu keterlibatan masyarakat mereka sangat dibutuhkan untuk memastikan bahwa lingkungan dan kehidupan mereka tidak terganggu. Kemudian pemulung mengharapkan bahwa dengan dilakukannya peningkatan TPA akan memberikan dampak terhadap kualitas di lingkungan sekitar TPA sekaligus juga berarti akan meningkatkan kualitas hidup para pemulung.

Kegiatan pengurangan emisi gas metan bertujuan untuk menangkap gas metan dari proses anaerob di TPA Piyungan. Terdapat pengurangan emisi gas metan dari tanpa adanya kegiatan CDM dengan adanya kegiatan reduksi emisi metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan, yaitu total estimasi reduksi emisi metan tahun 2011-2019 sebesar 447.919 tCO₂e dengan memperoleh CERs sebesar Rp. 44.344.005.790 (@ Rp 99000/ton CO₂e). Oleh karena itu kegiatan reduksi emisi gas metan memenuhi kriteria seperti yang diatur dalam Protokol Kyoto, karena dapat dikatakan *additional*. Kegiatan ini juga menimbulkan dampak negatif berupa kebisingan, debu dan *asphyxia* pada tahap konstruksi dan operasional. Namun pengaruh mekanisme pembangunan bersih bagi Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman yaitu dapat berkontribusi kepada pencapaian pembangunan berkelanjutan seperti dalam pertumbuhan ekonomi, memperbaiki taraf hidup masyarakat dan pengurangan dampak emisi gas metan.

4.4. Manfaat Ekonomi Reduksi Emisi Gas Metan Melalui Implementasi CDM TPA Piyungan Bantul

Salah satu manfaat ekonomi implementasi CDM untuk meningkatkan pengumpulan sampah perkotaan tanpa memberikan biaya tambahan terhadap penganggaran tahunan dan dapat memberikan tambahan biaya untuk pengelolaan sampah terpadu. Pengkajian manfaat ekonomi harus menjamin bahwa kegiatan reduksi emisi gas metan melalui implementasi CDM memenuhi kriteria dari CDM Kyoto Protokol. Pengkajian ekonomi, untuk mengetahui kegiatan implementasi mekanisme pembangunan bersih dikatakan layak atau tidak dengan menggunakan perhitungan IRR (*internal rate of return*), NPV (*net present value*) dan periode pengembalian modal (*pay back periode*).

NPV adalah nilai modal sekarang didasarkan atas nilai sekarang bersih dengan nilai sekarang aliran keluar selama jangka waktu analisis (2011-2019) dengan suku bunga acuan 6,5%, dengan kriteria kelayakan NPV positif. IRR merupakan nilai petunjuk yang identik dengan seberapa besar suku bunga yang berlaku umum (*BI rate*), dengan syarat kelayakan $IRR > \text{suku bunga acuan}$. Metode *periode pengembalian modal menganalisis seberapa cepat modal atau investasi yang telah dikeluarkan dapat segera dikembalikan*, dengan kriteria kelayakan yaitu semakin cepat pengembalian maka investasi akan baik. IRR menunjukkan prediksi tingkat pengembalian modal dari kegiatan dan bila nilai NPV positif maka IRR pasti lebih tinggi daripada modal, oleh karena itu proyek tersebut menguntungkan dan layak. Bila modal tidak diketahui, maka untuk mengetahui kelayakan proyek dapat juga dengan cara membandingkan nilai IRR dengan tingkat bunga deposito yang berlaku saat ini. Bila IRR proyek lebih tinggi daripada tingkat bunga deposito tersebut, maka proyek layak. Jika sebaliknya, maka proyek ini kurang layak sebagai sarana investasi karena tingkat pengembaliannya yang masih lebih rendah dibandingkan berinvestasi di deposito.

Pengelolaan sampah TPA Piyungan sejak 31 Juli 1995 dilakukan oleh pemerintah Provinsi DIY yang berasal dari beban APBD Provinsi DIY. Dalam SK Gubernur DIY No.193/KPTS/1995, menyebutkan bahwa mulai tahun 2000, pengelolaan TPA Piyungan diserahkan kepada Pemerintah Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul dan Kota Yogyakarta. Penyerahan ini meliputi operasional dan aset-aset penunjang TPA Piyungan, dengan surat Gubernur DIY No.658.1/0777 tertanggal 5 April 2000. Biaya pengelolaan sampah TPA Piyungan investasi awal sebesar Rp.3.437 miliar, berupa pembebasan lahan sebesar Rp. 920 juta, biaya konstruksi sebesar Rp. 1.534 miliar, dan pengadaan peralatan seperti truck, mobil tangki, bulldozer, jembatan timbang, alat listrik sebesar Rp. 983 juta. Biaya ini didasarkan pada Laporan Akhir Rencana Induk Pengelolaan Persampahan dan *design report* proyek TPA Piyungan tahun 1993. Sedangkan untuk biaya operasi dan perbaikan didapat dari *sharing* pembiayaan TPA Piyungan untuk tahun 2003 sampai dengan 2005.

Berdasarkan data Bapedda Kabupaten Bantul, sebesar 153.665 ton volume sampah dari tiga daerah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul ditimbun di TPA Piyungan dengan biaya operasional dan pemeliharaan sebesar Rp 1.296.652.160. Volume sampah setiap tahun yang dibuang ke TPA Piyungan dari ketiga daerah memiliki perbedaan. Tahun 2004, Kota Yogyakarta sebesar 122.732 ton atau 79,87 persen dengan kontribusi Rp 1.035.636.080, Kabupaten Sleman 20.668 ton atau 13,45 persen dengan kontribusi Rp 174.399.716 dan Kabupaten Bantul 10.265 ton atau 6,68 persen dengan kontribusi Rp 86.616.364.

Dalam perjanjian implementasi mekanisme pembangunan bersih antara pihak Jepang yaitu Shimizu Corporation dengan pihak penyelenggara yaitu Pemerintah Daerah Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul, Kota Yogyakarta. Pembagian CERs sebesar 25% untuk pihak penyelenggara dan 75% pihak Jepang (Shimizu Corporation). Keuntungan CERs dapat digunakan oleh pemda daerah, untuk biaya operasional TPA Piyungan dan biaya pasca operasi TPA Piyungan. Biaya operasional tiap tahun meningkat, pada tahun 2004 sebesar Rp.1.296.652.160 meningkat tahun 2005 sebesar Rp.1.604.338.900, peningkatan biaya dapat terbantu dengan biaya hasil CERs. Beberapa asumsi dalam Pengkajian manfaat ekonomi dengan adanya kegiatan implementasi CDM TPA Piyungan (Tabel 4.5). Harga kredit karbon sebesar @ US\$ 11/ton CO₂e atau @ Rp 99000/ton CO₂e (rate rupiah terhadap dollar sebesar Rp.9000), dengan depresiasi 50% pertahunnya Rp.1.756.276.000. Kemudian biaya operasional penggajian pegawai diasumsikan tidak mengalami kenaikan selama 9 tahun kedepan (Tabel 4.6).

Tabel 4.6. Asumsi Pengkajian Ekonomi Kegiatan Implementasi CDM TPA Piyungan

Rate Rupiah terhadap US\$	Rp/1US\$	9000
Harga kredit karbon	Rupiah/ton-CO ₂	99.000
	US\$/ton-CO ₂	11
Harga Jual listrik ke PLN	Rupiah/kWh	850
Depresiasi 50%	9 tahun	15.806.484.000
	per tahun	1.756.276.000
Investasi Awal Konstruksi	Rupiah	31.612.968.000

Tabel 4.7. Biaya Operasional Pegawai

Item	Jumlah	Biaya/orang/bln	Total Biaya/tahun
	(Orang)	(Rupiah)	(Rupiah)
Gaji Pegawai			
General Manager	1	4.500.000	54.000.000
Engineer	1	2.430.000	29.160.000
Operator	2	1.710.000	41.040.000
Pekerja Utilitas	2	1.305.000	31.320.000
Manajer Keuangan	1	1.980.000	23.760.000
Sekuriti	4	1.170.000	56.160.000
Asisten Bisnis	2	1.440.000	34.560.000
Total	13		270.000.000

Sumber: Shimizu, 2010

Rate Rupiah terhadap US\$ adalah tingkat nilai tukar saat investasi ditanamkan. Harga Kredit Karbon merupakan harga kredit karbon di pasaran saat penandatanganan kontrak. Depresiasi ditetapkan sebesar 10% dalam jangka waktu 9 tahun. Investasi Awal Konstruksi merupakan nilai investasi untuk membuat infrastruktur CDM, dalam mata uang rupiah, diberikan secara sekaligus, diperlakukan sebagai modal dan diasumsikan memiliki Biaya Modal sebesar 10%. Pendapatan Kotor Bisnis yaitu pendapatan bisnis sebelum dikurangi biaya operasional. Biaya Operasional yaitu biaya operasional mesin, komponen utamanya adalah biaya gaji pegawai yang diasumsikan tidak mengalami kenaikan selama 9 tahun kedepan (Tabel 4.7). Biaya depresiasi dihitung menggunakan metode depresiasi *straight line* (garis lurus), sehingga pembebanan biaya tiap tahunnya menjadi berjumlah tetap hingga akhir periode depresiasi.

BEP (*break even point*) yaitu suatu titik keadaan dalam suatu operasi bisnis perusahaan tidak mendapatkan untung maupun rugi dengan kata lain penghasilan yang didapat sama dengan total biaya yang dikeluarkan. Asumsi yang dipakai untuk perhitungan BEP yaitu *variable cost/tCO₂* sebesar Rp.87,500 yaitu total biaya yang berubah-ubah tergantung dari perubahan volume, biaya tetap yaitu total biaya yang tidak akan mengalami perubahan apabila terjadi perubahan volume produksi Rp.621,255,200 dengan reduksi emisi metan sebesar Rp.99,000. Dihasilkan bahwa BEP tercapai saat jumlah hak penurunan emisi CO₂ yang dapat dijual mencapai nilai 54,020tCO₂, kemudian BEP tercapai saat nilai penjualan dari hak emisi CO₂ telah mencapai nilai Rp.5,347,964,422.

Tabel 4.8. Perhitungan NPV, IRR dan Pay Back Period TPA Piyungan tahun 2010-2019

	Tahun										Total
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Investasi awal tan-CO2e	0	86.216	-72.139	61.148	52.416	45.381	39.630	34.885	30.885	25.222	447.919
Keuntungan Bersih Pendapatan Bersih	0	4.025.600.000	3.368.313.260	2.855.137.429	2.447.420.741	2.118.922.154	1.850.395.050	1.628.840.345	1.442.071.363	1.177.655.269	20.914.355.612
Hak reduksi emisi Pendapatan Kotor Bersih	0	8.535.344.479	7.141.721.479	6.033.652.000	5.169.184.000	4.492.679.479	3.923.330.479	3.453.575.479	3.057.575.479	2.496.942.914	44.344.005.790
Biaya Baku	0	12.560.944.479	10.510.034.739	8.908.789.429	7.636.604.741	6.611.601.633	5.773.725.530	5.082.415.825	4.499.646.842	3.674.596.183	
Biaya operasional	0	270.000.000	270.000.000	270.000.000	270.000.000	270.000.000	270.000.000	270.000.000	270.000.000	270.000.000	
Biaya Ekspansi	0	351.255.200	351.255.200	351.255.200	351.255.200	351.255.200	351.255.200	351.255.200	351.255.200	351.255.200	
Total Biaya Bersih Pendapatan Bersih Bersih	0	11.939.689.279	9.888.779.539	8.287.534.229	7.015.349.541	5.990.346.433	5.152.470.330	4.461.160.625	3.878.391.642	3.053.342.983	5.591.296.900
NPV	(31.612.968.000)	11.939.689.279	9.888.779.539	8.287.534.229	7.015.349.541	5.990.346.433	5.152.470.330	4.461.160.625	3.878.391.642	3.053.342.983	
NPV Keseluruhan	(31.612.968.000)	(19.673.278.721)	(9.784.499.182)	(1.49.664.953)	5.518.384.588	11.508.731.022	16.661.201.351	21.122.361.976	25.000.753.618	28.054.096.601	

NPV jika 10% sebesar Rp10.453.428,927

IRR sebesar 20,32%

Pengembalian modal kegiatan sebesar Rp. 28.054.096.601

Pada Tabel 4.8, menggambarkan bahwa investasi modal sebesar Rp. 31 milyar dengan asumsi terdapat biaya untuk mendapat 31 milyar sebesar 10% (modal sendiri). Hasil NPV menyatakan positif yang berarti kegiatan implementasi CDM TPA Piyungan layak karena nilai potensi keuntungannya lebih tinggi dan terdapat pengembalian modal 10%. Nilai IRR adanya kegiatan implementasi CDM TPA Piyungan sebesar 20,32% lebih besar dari suku bunga acuan (*BI rate*) saat ini sebesar 6,5%, berarti nilai investasi kegiatan implementasi CDM TPA Piyungan lebih tinggi sebesar 20,32% setahun dibandingkan jika investasi di bank sebesar 6,5% setahun. Kemudian nilai NPV bernilai positif, berarti kegiatan ini layak untuk dijalankan dan pengembalian modal kegiatan ini pada tahun 2015 sebesar Rp. 28,054,096,601. Juga adanya pendapatan dari penjualan CERs dan penjualan listrik, maka kegiatan ini dapat berlanjut. Tingkat Pengembalian Internal (IRR) sebesar 20,32%, lebih tinggi dari suku bunga acuan sebesar 6,5% dan nilai NPV bernilai positif. Dengan kondisi bahwa nilai listrik yang dihasilkan menurun setara dengan nilai reduksi emisi yang menurun tiap tahunnya.

Kegiatan implementasi CDM TPA Piyungan memiliki periode pengembalian modal (*pay back period*) pada tahun 2014 sebesar Rp. 28,054,096,601. *Pay back* dilihat dari arus kas kumulatif dengan investasi awal sebesar Rp.31.612.968.000, pada tahun 2015 sudah mendapat keuntungan dan setiap tahunnya meningkat, totalnya sebesar Rp. 28,054,096,601. Terdapat permasalahan ekonomi didalam implementasi CDM tingkat pengembalian investasi, resiko yang minim dan periode pembayaran kembali yang sesuai. Di Indonesia pelaksanaan kegiatan penangkapan gas metan TPA untuk menghasilkan energi masih sedikit, saat ini ada dua kegiatan yang telah berjalan yaitu di TPA Bantar Gebang Bekasi Jakarta dan TPA Suwung Denpasar Bali. Secara umum, menurut Bank Dunia tahun 2007, hambatan utama untuk pelaksanaan proyek tersebut adalah tingkat pengembalian saat ini untuk menjual listrik pada PLN. Saat ini nilainya berkisar Rp.850 per kWhr untuk pembangkit listrik skala kecil. Kemudian negosiasi dengan PLN memerlukan waktu yang relatif lama karena sebagai kategori pembangkit skala kecil.

Listrik yang dihasilkan tahun 2011 berasal dari data sekunder *gas engine generation* (Shimizu Cooperation). Listrik yang dihasilkan dijual tidak kepada konsumen akhir tp dijual kepada Perusahaan Listrik Negara. Produksi listrik yang siap dijual, jumlahnya fluktuatif tergantung pada jumlah gas metan yang direduksi. Nilai penjualan listrik berdasarkan tarif listrik yang ditetapkan Negara. Tahun 2011-2019 potensi emisi reduksi sebesar 447919 tCO₂ menghasilkan listrik sebesar 24.505.124 Kwh/ton-CO₂ dengan jumlah CERs senilai Rp.44.344.005.790 (Tabel 4.9). listrik yang dihasilkan berkisar antara 1696555 – 4736000 Kwh/ton-CO₂, setiap tahun semakin berkurang disebabkan jumlah gas metan yang direduksi.

Tabel 4.9. Jumlah Listrik dan CERs yang Dihasilkan di TPA Piyungan Tahun 2011-2019

Tahun	Estimasi Reduksi Emisi Metan (tCO ₂)	Listrik yang Dihasilkan (Kwh/ton-CO ₂)	CERs (Rp)
2011	86216	4736000	8.535.344.479
2012	72139	3962721	7.141.721.479
2013	61148	3358985	6.053.652.000
2014	52416	2879319	5.189.184.000
2015	45381	2492850	4492.679.479
2016	39630	2176935	3.923.330.479
2017	34885	1916283	3.453.575.479
2018	30885	1696555	3.057.575.479
2019	25222	1385477	2.496.942.914
Total	447919,25	24.605.124	44.344.005.790

Sumber: Hasil analisis

Perhitungan biaya dan manfaat kegiatan CDM di TPA Piyungan akan menentukan layak atau tidaknya kegiatan bagi pemrakarsa dan masyarakat sekitar TPA Piyungan. Selain itu bagi pemrakarsa bertujuan untuk mengestimasi atau mengatur biaya-biaya lingkungan dan memperbaiki kinerja lingkungan. Sedangkan bagi masyarakat dapat mengurangi biaya-biaya yang dikeluarkan berkaitan dengan polusi yang disebabkan oleh kegiatan seperti pengendalian dan perbaikan sebagaimana biaya kesehatan yang selama ini tidak diperhitungkan sebagai biaya eksternalitas. Eksternalitas adalah setiap dampak

terhadap tingkat kesejahteraan pihak ketiga yang timbul karena tindakan seseorang tanpa dipungut kompensasi atau pembayaran (Suparmoko, 2007). Pemrakarsa bertanggung jawab terhadap kegiatan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Dampak negatif yang timbul akan diperhitungkan dengan pendekatan penilaian lingkungan dengan harga pasar. Berdasarkan Suparmoko (2006), menyatakan bahwa pendekatan penilaian lingkungan dapat diketahui dengan harga pasar, jika harga pasar tidak diketahui maka digunakan harga barang pengganti. Dalam penilaian biaya lingkungan dampak TPA Piyungan terhadap kesehatan, pendekatan harga pasar menggunakan biaya pengobatan, hilangnya waktu kerja dan biaya kesempatan atau pendapatan yang hilang.

Sebelum adanya kegiatan terdapat pola penyakit yang timbul akibat pengelolaan sampah TPA Piyungan yang kurang baik yaitu ISPA dan penyakit kulit. Jumlah penduduk desa Sitimulyo (lokasi TPA Piyungan terletak di Desa Sitimulyo, berada di daerah Selatan) sebanyak 11.761 jiwa yang terdiri dari laki-laki sebanyak 5.789 jiwa dan perempuan sebanyak 5.963 jiwa. Jumlah kepala keluarga sebanyak 2.697 KK (data monografi desa Sitimulyo, 2009). Penduduk usia produktif sebanyak 4554 jiwa dengan jenis pekerjaan yaitu pegawai negeri, ABRI, swasta, pedagang, tani, pertukangan, buruh tani, pensiunan, pemulung. Ispa dan penyakit kulit biasanya di derita oleh para pemulung karyawan TPA dan warga sekitar. Berdasarkan data Puskesmas Karang Gayam tiap tahun sekitar 29 pasien dengan keluhan ISPA dan penyakit kulit memeriksakan diri (Tabel 4.10). Biaya rata-rata berobat ke puskesmas membutuhkan biaya Rp 3000-5000. Ditambah biaya transportasi memakai kendaraan umum PP sebesar Rp 5000. Jumlah hari sakit selama 1 tahun 15 hari/individu (3-4 kali memeriksakan diri dalam 1 tahun). Jadi setiap warga tiap tahun mengeluarkan biaya atau biaya hilang internal sebesar Rp.27000-36000/tahun. Jumlah hari sakit terkena ISPA dan penyakit kulit 3-4 hari dalam waktu 1 tahun, setiap 3 atau 4 bulan sekali berobat ke puskesmas.

Biaya yang diperlukan setiap warga untuk memeriksakan kesehatan akibat penyakit Ispa dan penyakit kulit yaitu $\{(rata-rata\ hari\ sakit/tahun \times penghasilan/hari) + (biaya\ rata\ berobat\ ke\ puskesmas+biaya\ transportasi)\} =$

$\{(20 \text{ hari} \times \text{Rp. } 35.000) + (\text{Rp. } 5000 + \text{Rp. } 5000)\} = \text{Rp. } 710.000/\text{tahun}$. Biaya sebesar Rp. 710.000/tahun atau Rp. 185.000/bulan merupakan biaya yang hilang akibat dampak negatif TPA Piyungan. Penghasilan rata-rata masyarakat berdasarkan hasil wawancara yaitu $\pm \text{Rp. } 1.050.000$, bila dikurangi biaya untuk kesehatan sekitar Rp. 185.000/bulan dapat memberatkan masyarakat. Biaya tersebut harus ditanggung oleh masyarakat sekitar TPA Piyungan, selama ini biaya ini belum diinternalkan dalam biaya pengoperasian TPA Piyungan. Berdasarkan hasil wawancara biaya tersebut tidak terlalu memberatkan karena mata pencaharian menjadi pemulung, pengepul dan penggembala sapi masih dapat menghidupi mereka, dan telah bekerja selama TPA Piyungan berdiri.

Tabel 4.10 Data Pemeriksaan Kesehatan Karyawan TPA, Pemulung dan Masyarakat Disekitar Lokasi TPA Piyungan Oleh Puskesmas Keliling Puskesmas Karang Gayam, Kecamatan Piyungan

No	Nama	Umur (Thn)	Alamat	Diagnosa	Keterangan
1	Sumarwoto	26	Ngablak	Ispa	warga
2	Mardi Utomo	70	Ngablak	Asma	warga
3	Partini	24	Ngablak	Ispa	warga
4	Supardi	31	Ngablak	Ispa	warga
5	Ponijah	60	Ngablak	Ispa	warga
6	Gunadi	23	Ngablak	Ispa	warga
7	Sugito	24	Ngablak	Ispa	karyawan
8	Astomo	38	Ngablak	Ispa	karyawan
9	Rohdi	28	Ngablak	Lain-lain	karyawan
10	Sugiyono	47	Ngablak	Kulit	karyawan
11	Samsudin	23	Ngablak	Ispa	karyawan
12	Sugeng	27	Ngablak	Kulit	Pemulung
13	Rubinah	35	Ngablak	kulit	Pemulung
14	Ponyem	30	Ngablak	Ispa	Pemulung
15	Partyem	26	Ngablak	Ispa	Pemulung
16	Komari	32	Ngablak	Ispa	Pemulung
17	Painem	28	Ngablak	Ispa	Pemulung
18	Mujinar	23	Ngablak	Kulit/ Ispa	Pemulung
19	Samto	45	Ngablak	Kulit/ Ispa	Pemulung
20	Suminah	21	Ngablak	Kulit	Pemulung
21	Sriyulianti	15	Ngablak	Ispa	Pemulung
22	Suyatno	30	Ngablak	Ispa/kulit	Pemulung
23	Sumardi	29	Ngablak	kulit	Pemulung
24	Panggung	27	Ngablak	Ispa/kulit	Pemulung
25	Wagjyah	37	Ngablak	Lain-lain	Pemulung
26	Warsini	26	Ngablak	kulit	Pemulung
27	Tumini	23	Ngablak	Kulit	Pemulung
28	Fato,ah	23	Ngablak	kulit	Pemulung
29	Rayuni	39	Ngablak	Kulit	Pemulung

Sumber: Data Pusling Puskesmas Karang Gayam

Biaya modal yang hilang untuk usia produktif, diasumsikan 5% dari jumlah penduduk usia produktif menderita penyakit Ispa atau kulit dalam radius 1 m-1,5 km dari TPA Piyungan yaitu

$\{(\sum \text{penduduk usia produktif} \times 5\%) \times (\text{rata-rata hari sakit/tahun} \times \text{penghasilan/hari}) + \text{biaya rata berobat ke puskesmas}\}$

$\{(4554 \times 5\%) \times (20 \text{ hari} \times \text{Rp. } 35.000) + \text{Rp. } 5000\} = \text{Rp. } 159.395.000$

Jadi, total biaya yang dikeluarkan untuk biaya modal yang hilang rata-rata Rp. 159.395.000. Biaya ini dapat diinternalkan dalam pembiayaan pihak pemrakarsa yang melakukan kegiatan yang dapat menimbulkan dampak. Kegiatan reduksi emisi gas metan dalam aspek perancangan akan terdapat beberapa tahapan kegiatan sistem instalasi *Flare* gas TPA Piyungan yaitu (1) melakukan konstruksi penggalian landfill; (2) konstruksi pengurugan; (3) konstruksi perpipaan; tahap (4) konstruksi pembangunan sistem *flaring*, tahap (5) yaitu konstruksi; tahap terakhir (6) yaitu instrumentasi dan monitoring dari sistem *Flare* gas. Bertujuan untuk mengelola TPA Piyungan secara terintegrasi dengan sistem instalasi *Flare* gas, untuk mengurangi dampak negatif dari pengelolaan TPA yang kurang baik. Dengan pengelolaan TPA Piyungan yang terintegrasi diharapkan pengurangan dampak negatif berupa Ispa dan penyakit kulit.

4.5. Peranan CDM Dalam Pengelolaan Persampahan TPA Piyungan Bantul

Kondisi awal pengelolaan sampah TPA Piyungan yaitu kumpul kemudian angkut lalu buang, hal ini menimbulkan dampak lingkungan dan sosial. Maka diperlukan paradigma baru pengelolaan sampah yaitu 3R, bahwa sampah haruslah diolah dan dimanfaatkan. Berkaitan dengan hal tersebut Pemerintah Daerah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul melaksanakan kerjasama pengelolaan prasarana dan sarana seperti, sektor air limbah, sektor jalan, sektor drainase, sektor transportasi, sektor air bersih, sektor tata ruang termasuk sektor persampahan, yang disebut dengan Sekretariat Bersama Kartamantul, dengan kepengurusan dibagi tiap daerah, yaitu Sekda Kabupaten Bantul sebagai Ketua Sekretariat Bersama Kartamantul, Kepala Bappeda Kabupaten Bantul sebagai sekretaris Sekretariat Bersama Kartamantul.

Dasar hukum Pengelolaan TPA Piyungan yaitu Perjanjian Kerjasama Antar Pemerintah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul, Nomor: 07/Perj/Bt/2001, 05/PK.KDH/2001, dan 02/PK/2001 tentang Pengelolaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah di Piyungan Kabupaten Bantul.

Perjanjian TPA Sampah di Piyungan ditandatangani di Hotel Radisson Yogyakarta tanggal 28 November 2001. Perjanjian kerjasama ini dibuat atas dasar saling membantu dan menguntungkan dalam pengelolaan operasi dan pemeliharaan prasarana dan sarana TPA dengan tujuan agar pemanfaatan, pengelolaan dan pengembangan TPA dapat dilakukan secara efektif dan efisien serta memenuhi standar teknis lingkungan, perjanjian kerjasama ini terdiri dari 25 pasal. Kerjasama pengelolaan sampah di Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman khususnya dalam mekanisme pembangunan bersih di TPA Piyungan merupakan salah satu komponen dari sistem pengelolaan sampah perkotaan Propinsi DIY.

Peran mekanisme pembangunan bersih di TPA Piyungan dalam pengelolaan lingkungan hidup dalam segi lingkungan, sosial, ekonomi, dan hukum yaitu

A. Lingkungan

Salah satu manfaat mekanisme pembangunan bersih bagi Indonesia yaitu berkontribusi kepada pencapaian pembangunan berkelanjutan seperti pertumbuhan ekonomi, memperbaiki taraf hidup masyarakat dan pengurangan dampak emisi gas rumah kaca. Suatu kondisi dapat dikatakan berkelanjutan jika utilitas atau manfaat yang diperoleh masyarakat tidak berkurang sepanjang waktu dan konsumsi tidak menurun sepanjang waktu. Berkelanjutan merupakan kondisi dimana sumber daya alam dikelola sedemikian rupa untuk memelihara kesempatan produksi dimasa mendatang atau kondisi dimana kondisi minimum keseimbangan dan daya tahan ekosistem terpenuhi. Sedangkan menurut Daly (1990) dalam Fauzi (2006), menyebutkan aspek definisi operasional pembangunan berkelanjutan salah satunya yaitu sumber energi yang tidak terbarukan dapat dieksploitasi dengan mengurangi laju deplesi dengan cara menciptakan energi substitusi.

Implementasi CDM di TPA Piyungan akan menghasilkan listrik dari tahun 2011-2019 sebesar 24.605.124 Kwh/ton-CO₂ yang berasal dari pembakaran gas metan. Listrik yang berasal dari kegiatan ini merupakan energi substitusi, dapat sedikit mengurangi penggunaan energi fosil yang merupakan energi tidak terbarukan dan jumlah pasokannya semakin berkurang. Menurut Haris (2000) dalam Fauzi (2006), sistem yang berkelanjutan secara lingkungan harus mampu

memelihara sumber daya yang stabil, menghindari eksploitasi sumber daya alam dan fungsi penyerapan lingkungan. Implementasi CDM di TPA Piyungan bertujuan untuk mengurangi atau mereduksi emisi gas metan agar fungsi lingkungan dalam menyerap gas metan di udara tidak semakin terbebani dan meminimalisir perubahan iklim.

Implementasi CDM juga memperhatikan ketahanan lingkungan, tidak mengganggu kesehatan manusia dan lingkungannya serta menjaga kelestarian sumberdaya alam sebagai bahan baku yang diolah. Penilaian dampak terhadap lingkungan perlu dilakukan dengan kriteria dan standar yang telah ditetapkan pemerintah dalam Peraturan Pemerintah No.27 Tahun 1999 tentang analisis mengenai *dampak lingkungan hidup*. Kegiatan CDM harus memberikan dampak yang positif terhadap lingkungan dan perlindungan terhadap iklim global. Dampak positif implementasi CDM di TPA Piyungan berupa fungsi iklim tidak terganggu, terencana penimbunan sampah, terkelolanya penanganan lindi dan penanganan gas metan sehingga terhindarnya pencemaran air, pencemaran udara, berkurangnya gangguan bau dan vektor penyakit. Kemudian melindungi masyarakat dari dampak negatif, menghindari dampak dari emisi metan, kapasitas pelayanan sampah meningkat baik dari segi jumlah maupun luas areal pelayanan, lingkungan menjadi bersih, sampah yang dibuang ke TPA dapat dikelola, terkendalinya pencemaran lingkungan akibat sampah dan kota menjadi bersih, sehat dan nyaman. Kegiatan CDM tidak dapat dijalankan apabila dampak negatif lebih besar dari dampak positif.

B. Sosial

Wawancara dan pengamatan di lapangan bertujuan untuk mengetahui persepsi masyarakat sekitar TPA Piyungan akibat adanya kegiatan instalasi penangkapan gas metan. Responden merupakan masyarakat yang tinggal disekitar TPA Piyungan, bekerja menjadi pengepul dan karyawan di kantor pengelolaan TPA Piyungan. Satu pengepul menjadi koordinator dari para pemulung, satu pengepul mengkoordinasi pemulung sebanyak 37 orang. Terdapat 5 pengepul besar di TPA Piyungan. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan wawancara terhadap beberapa pemulung dan pengepul sebanyak 5 responden mendapatkan hasil sebagai berikut

1. Latar belakang pendidikan responden berpengaruh terhadap pekerjaan responden. Pengepul mempunyai pendidikan tingkatan SMA, selain menjadi pengepul juga menjadi karyawan di kantor pengelolaan TPA Piyungan, sedangkan pemulung mempunyai pendidikan tingkatan SD. Dari latar belakang pendidikan responden, terbanyak adalah tingkatan SMA sebesar 80% bekerja sebagai pengepul, SD sebesar 20% bekerja sebagai pemulung.
2. Kepemilikan bangunan yang ditempati responden umumnya milik responden (100%). Bangunan rumah merupakan bangunan permanen dengan jumlah penghuni antara 3-4 jiwa termasuk responden.
3. Rata-rata pendapatan responden 35000-40000 per hari, berarti pendapatan perbulan responden \pm 1 juta. Pendapatan berasal dari mengumpulkan sampah, sebagai karyawan atau menjual sapi.
4. Responden yang tinggal di sekitar TPA Piyungan adalah mereka yang telah tinggal selama 5 tahun (20%) dan diatas 5 tahun (80%).
5. Penyakit yang sering diderita responden, yang paling dirasakan adalah penyakit ISPA dan penyakit kulit sebesar (100%). Sedangkan keluhan yang mereka kemukakan adalah bau dan kondisi jalan rusak (100%).

Terdapat dua komunitas yang hidup di kawasan sekitar TPA Piyungan yaitu kelompok pertama, mereka yang merupakan penduduk asli daerah tersebut (tinggal di daerah tersebut setelah TPA dibangun). Kelompok kedua, adalah pemulung dan pengumpul yang pindah ke daerah tersebut setelah TPA dibangun dengan alasan kesempatan ekonomi. Komunitas yang berada disekitar TPA Piyungan sebagian besar bergantung kepada TPA untuk penghidupan mereka, yaitu dari hasil memulung atau mengumpulkan sampah yang masih dapat dijual kembali dan menggembala sapi. Sapi yang terdapat di TPA Piyungan sebesar 800 ekor, menjadikan sampah yang berada di TPA sebagai makanan mereka.

Pemulung di TPA Piyungan mendapatkan penghasilan dengan mengumpulkan sampah sebesar \pm 1jt/bln. Mereka dibagi ke dalam kelompok-kelompok dan mengumpulkan tas plastik, botol dan kaca, termasuk botol kaca, atau besi, paku dan bahan logam lainnya. Para pemulung mendapatkan bayaran sesuai dengan berat barang yang dikumpulkan. Saat ini, para pemulung di TPA

Piyungan sebagian besar mengumpulkan plastik, botol aqua, botol kaca, dan kardus karena barang tersebut memiliki harga yang relatif tinggi. Para pemulung bergantung kepada TPA sebagai sumber mata pencaharian mereka. Berkaitan dengan adanya kegiatan instalasi penangkapan gas metan di TPA Piyungan, dari pihak Pemerintah daerah dan pemrakarsa memberikan sosialisasi kepada penduduk sekitar.

Tabel 4.11. Persepsi Masyarakat Terhadap Kegiatan instalasi penangkapan gas Kegiatan Instalasi Penangkapan Gas Metan

No	Adanya Kegiatan instalasi penangkapan gas metan	Jumlah Responden	%
1.	Setuju	4	80
2.	Tidak Setuju	1	20
Jumlah		5	100

Sumber: Hasil Wawancara

Berdasarkan Tabel 4.11, memiliki persepsi yang positif terhadap kegiatan instalasi penangkapan gas metan yang diusulkan di TPA Piyungan sebesar 80% dan yang tidak setuju sebanyak 20%. Keinginan responden terhadap adanya kegiatan instalasi penangkapan gas metan yaitu selama lokasi kegiatan tidak mengganggu area mereka mencari penghasilan, tidak menyebabkan dampak kesehatan terhadap responden dan responden dapat diikuti dalam tahap konstruksi, jumlah responden sebanyak 10 (4 pengepul, 6 pemulung) (Tabel 4.12). Lokasi instalasi penangkapan gas metan berada di zona 2 sedangkan lokasi zona aktif berada di zona 3. Para pemulung mengharapkan bahwa dengan dilakukannya kegiatan TPA akan memberikan dampak terhadap kualitas di lingkungan sekitar TPA sekaligus juga berarti akan meningkatkan kualitas hidup para pemulung. Oleh karena itu, keterlibatan mereka sangat dibutuhkan untuk memastikan bahwa kehidupan mereka dan aktivitas kegiatan instalasi penangkapan gas metan tidak terganggu.

Tabel 4.12. Keluhan dan Masalah Masyarakat Terhadap Kegiatan instalasi penangkapan gas metan

No	Keluhan dan keinginan	Jenis Kegiatan
1.	Pemulung dan pengepul berharap kegiatan LFG akan meningkatkan pendapatan mereka	Diskusi
2.	Memperbolehkan mereka untuk memulung	
3.	Dapat diikuti dalam tahap konstruksi	
4.	Selama lokasi kegiatan tidak mengganggu area mereka mencari penghasilan	
5.	Tidak menyebabkan dampak kesehatan	
6.	Dapat diikuti dalam kegiatan sebagai karyawan proyek	
7.	Kekhawatiran terhadap bahaya kebakaran	
8.	Penggunaan hasil kegiatan untuk keperluan rumah tangga	

Sumber: Hasil Wawancara

Aspek keberlanjutan sosial dari kegiatan ini yaitu peningkatan kualitas hidup dan lingkungan dengan pengurangan bau, lalat dan polusi kemudian peningkatan ekonomi masyarakat sekitar yang mempunyai toko atau warung karena pada saat konstruksi akan mendapat tambahan keuntungan. Pengadaan sebagian material mengutamakan komponen material lokal seperti tanah penutup. Pekerja monitoring dan kontrol akan menggunakan profesional lokal.

C. Peraturan Perundang-Undangan

Secara nasional sudah terdapat beberapa Undang-Undang yang dapat dijadikan acuan untuk membuat peraturan daerah mengenai implementasi mekanisme pembangunan bersih, hal ini bertujuan untuk kepastian hukum secara operasional dan berlaku secara regional masing-masing daerah dari implementasi mekanisme pembangunan bersih. Undang-undang yang berlaku berkaitan dengan implementasi mekanisme pembangunan bersih antara lain:

1. UU No. 32 Tahun 2008 tentang pengelolaan lingkungan hidup bahwa sasaran pengelolaan lingkungan hidup yaitu salah satu tujuan yaitu mengantisipasi isu lingkungan global, adanya penyusunan rencana perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup (RPPLH) dengan memperhatikan perubahan iklim, RPPLH merupakan perencanaan tertulis yang memuat potensi, masalah lingkungan hidup, serta upaya perlindungan dan pengelolannya dalam kurun waktu tertentu.

2. UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah khususnya Bab II pasal 3 dan pasal 4, asas pengelolaan sampah diselenggarakan berdasarkan asas tanggung jawab, asas berkelanjutan, asas manfaat, asas keadilan, asas kesadaran, asas kebersamaan, asas keselamatan, asas keamanan dan asas nilai ekonomi, sedangkan tujuan pengelolaan sampah untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya. Oleh karena itu implementasi reduksi emisi metan dengan CDM sejalan dengan isi UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah bahwa sampah di TPA dapat dijadikan energi.
3. Pemerintah daerah Kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul melakukan kerjasama pengelolaan persampahan. Kemudian untuk mengelola TPA Piyungan menjadi lebih baik dan mengurangi emisi metan di TPA Piyungan, terdapat penawaran dari pihak Jepang (*Shimizu Corporation*) untuk melakukan kerjasama. Hal ini sejalan dengan UU No.18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, pasal 26, ayat (1) menyatakan bahwa Pemerintah Daerah dapat melakukan kerja sama antar pemerintah daerah dalam melakukan pengelolaan sampah, serta ayat (2) bahwa kerjasama sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dapat diwujudkan dalam bentuk kerja sama dan/atau pembuatan usaha bersama pengelolaan sampah.
4. Indonesia meratifikasi Protokol Kyoto dengan instrumen hukum yaitu UU No.17 Tahun 2004 Tentang Kyoto Protokol, dari pengesahan UU ini maka posisi produk hukum akan sejajar dengan undang-undang lainnya. Salah satu pemenuhan komitmen Indonesia sebagai negara yang meratifikasi Protokol Kyoto, melalui pemerintah provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai pihak penyelenggara kegiatan mekanisme pembangunan bersih yaitu implementasi program mekanisme pembangunan bersih di TPA Piyungan Bantul.
5. Peraturan Pemerintah No. 27 tahun 1999 tentang analisis mengenai dampak lingkungan dapat dipakai sebagai pedoman penyelenggaraan proyek CDM untuk mengkaji dampak besar dan penting.

D. Ekonomi

Pertumbuhan ekonomi di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta tahun 2003 sebesar 4.76% meningkat tahun 2004 sebesar 5.05% dan menurun tahun 2005

sebesar 4.88%. Penurunan ini disebabkan pertumbuhan negatif sektor pertambangan dan pertanian disebabkan berkurangnya lahan pertanian dan pertambangan (BPS, 2005). Berdasarkan RPJMD 2007-2011 (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah), biaya pengelolaan persampahan kota Yogyakarta sebesar ± Rp.15 miliar, Kabupaten Sleman sebesar ± Rp.1miliar, Kabupaten Bantul sebesar ± Rp.1 miliar. Biaya ini digunakan untuk pengembangan kinerja pengelolaan persampahan yaitu peningkatan cakupan layanan, pengangkutan sampah, pembangunan TPA, pengendalian dampak negatif pembuangan sampah.

Perolehan CERs sebesar Rp. 44.344.005.790 (@ Rp 99000/ton CO₂e) dengan total estimasi reduksi emisi metan tahun 2011-2019 sebesar 447.919 tCO₂e. Pembagian CERs yang disepakati yaitu pihak Jepang 75% sebesar Rp. 33.258.004.342 sedangkan Indonesia 25% sebesar Rp. 11.086.001.447. Hasil CERs dapat dimanfaatkan Pemerintah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai peningkatan biaya pengelolaan persampahan untuk memperbaiki fungsi lingkungan hidup dan mewujudkan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai kota dan kabupaten yang nyaman dan ramah lingkungan. Biaya hasil CERs dapat digunakan untuk penambahan biaya operasional dan pemeliharaan TPA Piyungan sehingga mengurangi beban anggaran operasional atau untuk dapat sebagai biaya resiko pencemaran lingkungan yang mungkin ada di masa depan, biaya pemeliharaan pasca penutupan TPA.

Pemerintah Daerah sebagai salah satu pemangku kepentingan dalam pengambilan keputusan mempunyai peran dalam keberhasilan kegiatan implementasi mekanisme pembangunan bersih di TPA Piyungan. Hasil wawancara dengan 8 responden mewakili Kementerian Lingkungan Hidup, Pemerintah Kota Yogyakarta, Pemerintah Kabupaten Sleman, Pemerintah Kabupaten Bantul, Pengelola TPA Piyungan dan Pengelola Sekretariat Bersama Kartmantul. Persepsi Pemerintah bahwa mekanisme *Clean Development Mechanism* diimplementasikan untuk mereduksi gas metan di TPA Piyungan, berdasarkan Tabel 4.13, memiliki persepsi yang positif terhadap kegiatan instalasi penangkapan gas metan yang diusulkan di TPA Piyungan sebagai salah satu sub sistem dalam pengelolaan persampahan di Kota Yogyakarta,

Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul, sebesar 87,5% dan yang kurangsetuju sebanyak 12,5%.

Tabel 4.13. Persepsi Pemerintah Terhadap Kegiatan instalasi penangkapan gas Kegiatan Instalasi Penangkapan Gas Metan

No	Adanya Kegiatan instalasi penangkapan gas metan	Jumlah Responden	%
1.	Setuju	7	87,5
2.	Kurang Setuju	1	12,5
Jumlah		8	100

Sumber: Hasil Wawancara

Pemerintah Daerah menyatakan bahwa peran implementasi CDM harus di barengi dengan pengelolaan sampah dengan penerapan metode 3R, karena diharapkan sesuai dengan amanat UU No.18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah. Kemudian Faktor yang berperan dalam keberhasilan implementasi CDM TPA Piyungan yaitu keterlibatan masyarakat sekitar, tidak terganggunya masyarakat sekitar, pembagian pembiayaan yang jelas antara pihak pengembang dengan pemerintah daerah, prosedur konstruksi dari kegiatan harus diikuti, pelibatan seluruh pemerintah daerah dalam kegiatan, peran Sekber Kartamantul sebagai perwakilan pihak pemda dalam pengelolaan persampahan DIY dan sistem operasional sistem gas flaring seperti SDM, peningkatan kapasitas, pembiayaan serta monitoring sesuai dengan perjanjian dan dijalankan.

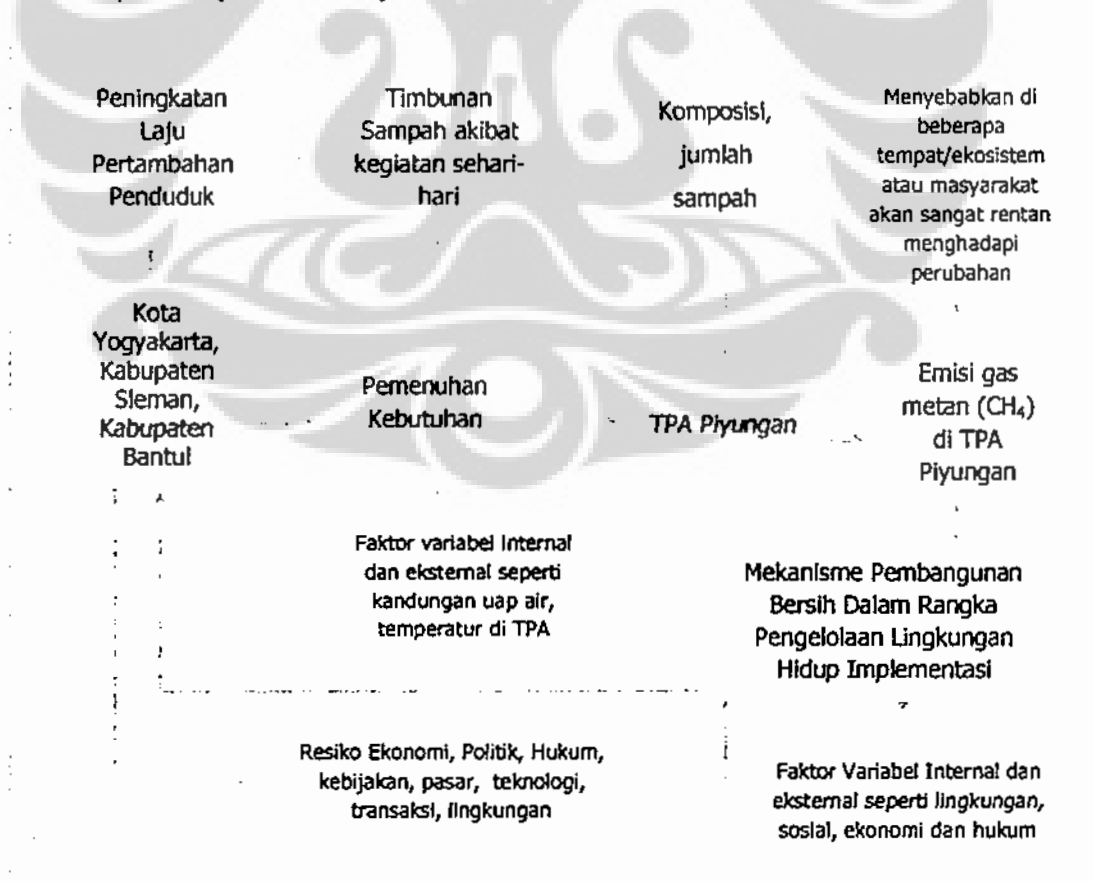
Selain mempunyai peran yang positif terhadap TPA Piyungan, terdapat beberapa resiko yang menjadi kendala dalam kegiatan implementasi mekanisme pembangunan bersih yaitu

1. Resiko ekonomi yaitu adanya faktor makroekonomi seperti inflasi dan variasi kenaikan suku bunga, serta penukaran mata uang (ADB, 2006).
2. Resiko politik yaitu situasi sosio politis negara tuan rumah akan berisiko terhadap kegiatan, seperti sanksi ekonomi dan politik yang dapat menghalangi perdagangan dan pembayarab hutang. Perubahan pada pemerintahan dapat membawa kepada keadaan politik yang tidak menguntungkan yang dapat menghalangi pelaksanaan kegiatan implementasi mekanisme pembangunan bersih atau transfer CERs.

3. Resiko kebijakan dan hukum yaitu ketidakpastian mengenai regulasi di daerah untuk kegiatan implementasi mekanisme pembangunan bersih, walaupun Indonesia telah meratifikasi Protokol Kyoto dengan instrumen hukum yaitu UU No.17 Tahun 2004 Tentang Kyoto Protokol kemudian persepsi pemerintah daerah bahwa mekanisme pembangunan bersih merupakan *sesuatu hal yang baru dan kompleks*. Kemudian pengalaman pemerintah daerah mengimplementasikan mekanisme pembangunan bersih masih minim.
4. Resiko Pasar yaitu harga karbon di pasaran tergantung kepada asumsi-asumsi spekulatif (ADB, 2006).
5. Resiko teknologi yaitu adanya transfer teknologi dari negara maju ke negara berkembang. Transfer teknologi akan mengakibatkan resiko kemampuan sumber daya manusia dalam operasi dan pemeliharaan peralatan (ADB, 2006).
6. Resiko transaksi yaitu ketidakmampuan pengembang proyek untuk menghasilkan CERs sesuai dengan perhitungan waktu dan jumlah pada kontrak atau ketidakmampuan rekanan untuk membayar CERs (ADB, 2006).
7. Resiko lingkungan yaitu pengembang memastikan seluruh penjinan lingkungan telah diterima seperti AMDAL, kemudian pengembang proyek perlu memantau secara berkelanjutan setiap perubahan yang mungkin terjadi pada peraturan-peraturan lingkungan. Dampak lingkungan pada tahap konstruksi, operasional yaitu pencemaran udara, bising dan debu.

Peran mekanisme pembangunan bersih bagi pengelolaan persampahan TPA Piyungan Bantul dalam aspek lingkungan, sosial, ekonomi dan hukum. Peran CDM dalam aspek lingkungan yaitu dampak positif berupa terencananya penimbunan sampah, terkelolanya penanganan limbah dan penanganan gas metan sehingga terhindarnya pencemaran air, pencemaran udara, berkurangnya gangguan bau dan vektor penyakit. Kemudian melindungi masyarakat dari dampak negatif, menghindari dampak dari emisi metan, kapasitas pelayanan sampah meningkat baik dari segi jumlah maupun luas areal pelayanan, lingkungan menjadi bersih, sampah yang dibuang ke TPA dapat dikelola, terkendalinya pencemaran lingkungan akibat sampah dan kota menjadi bersih. Aspek sosial yaitu pemulung dan penduduk sekitar memiliki persepsi yang positif terhadap kegiatan instalasi penangkapan gas metan yang diusulkan

di TPA Piyungan selama lokasi kegiatan tidak mengganggu area mereka mencari penghasilan. Keterlibatan mereka sangat dibutuhkan untuk memastikan bahwa kehidupan mereka dan aktivitas kegiatan instalasi penangkapan gas metan tidak terganggu. Aspek ekonomi yaitu keuntungan CERS dapat digunakan untuk penambahan biaya operasional dan pemeliharaan TPA Piyungan sehingga mengurangi beban anggaran operasional atau dapat digunakan untuk biaya resiko pencemaran lingkungan yang mungkin ada di masa depan dan biaya pemeliharaan pasca operasi. Aspek hukum yaitu pemerintah daerah Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul, Kota Yogyakarta melaksanakan UU No.18 tahun 2008, yaitu kerjasama antar pemerintah dan perencanaan TPA dengan sistem *control landfill*, namun belum adanya kepastian hukum secara operasional dan berlaku secara regional. Manfaat tidak langsung yang dapat diperoleh yaitu adanya transfer teknologi, *capacity building*, peningkatan kualitas lingkungan serta memperkuat posisi Indonesia di forum dunia. Dengan demikian ketiga aspek (ekonomi, sosial dan lingkungan) dalam pembangunan berkelanjutan akan terpenuhi (Gambar 4.8)



Gambar 4.8. Pendekatan Peran Implementasi Mekanisme Pembangunan Bersih dalam Rangka Pengelolaan Lingkungan Hidup di TPA Piyungan

4.6. Pengelolaan Persampahan TPA Piyungan Bantul Setelah Implementasi CDM

TPA atau tempat pemrosesan akhir adalah tempat untuk memproses dan mengembalikan sampah ke media lingkungan secara aman bagi manusia dan lingkungan (UU No.18 tahun 2008). Menurut perencanaan, TPA Piyungan akan habis masa beroperasi pada tahun 2012. Kondisi TPA Piyungan setelah implementasi CDM dapat direncanakan sebagai tempat pemanfaatan kembali *sampah secara aman bagi manusia dan lingkungan, pemanfaatannya seperti lahan perkebunan, taman, tempat rekreasi, hutan, tempat pemrosesan sampah tingkat lanjut.* Berdasarkan rencana pemerintah provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, TPA Piyungan akan diperluas setelah luas areal 12,5 ha telah habis masa beroperasi. Rencana ini masih dalam tahap perencanaan selain mencari lokasi baru untuk TPA.

Undang-Undang nomor 18 tahun 2008 tentang pengelolaan sampah Bab XVI Ketentuan Peralihan Pasal 44, disebutkan bahwa pemerintah daerah harus membuat perencanaan penutupan tempat pemrosesan akhir sampah yang menggunakan sistem pembuangan terbuka paling lama 1 (satu) tahun terhitung sejak berlakunya Undang-Undang ini. Oleh karena itu, pemerintah daerah wajib *untuk menutup TPA lama mereka yang menggunakan sistem pembuangan terbuka dan menggantinya dengan TPA dengan sistem *controlled landfill* atau *sanitary landfill* terhitung 1 tahun sejak undang-undang ini diberlakukan.* Kajian perancangan penutupan dan pemanfaatan untuk lahan pasca operasi TPA diperlukan untuk perencanaan penutupan TPA Piyungan agar terintegrasi dalam pemanfaatannya.

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah memiliki umur operasional berdasarkan dari kapasitas lahan dan timbulan sampah yang masuk ke TPA. Setelah TPA selesai beroperasi, dibutuhkan perancangan penutupan TPA sesuai standar agar tidak terjadi pencemaran pada lingkungan sekitar lahan TPA. *Selain dilakukan penutupan pada TPA, akan lebih baik jika dilakukan pemanfaatan atau rehabilitasi lahan pasca operasi TPA, agar lahan TPA tidak menjadi lahan kritis dan tanpa fungsi.*

Pemanfaatan lahan bekas TPA bergantung pada karakteristik dari lahan TPA. Pemanfaatan lahan bekas TPA biasanya dimanfaatkan sebagai taman atau tempat rekreasi dan berbagai sarana yang tidak memerlukan pembangunan bangunan berat. Pemanfaatan bangunan diatas lahan bekas TPA akan sulit, dikarenakan perbedaan area serta masih adanya timbulan gas. Karakteristik lahan TPA Piyungan yaitu mempunyai kemiringan yang bervariasi berupa curam dan mendatar, serta terdapat tanah ledok dengan jurang yang cukup dalam. Lokasi TPA mempunyai bentuk morfologi perbukitan diantara bukit yang mengelilinginya sehingga mempunyai bentuk geometri berupa cekungan. Dalam peta Geologi lembar Yogyakarta bahwa lokasi TPA sekarang, termasuk dalam zona sesar dan termasuk dalam formasi dengan litologi tuff dan andesit yang mempunyai kemampuan menyimpan air yang kurang baik. Kemudian sifat fisik tanah TPA Piyungan bervariasi menurut letak dan kedalamannya yaitu endapan lumpur, lempung berpasir.

Crawford (1985), menyatakan bahwa interaksi antara pemanfaatan TPA dengan kemungkinan-kemungkinan permasalahan pada TPA dilihat dari nilai yang memiliki arti masing-masing (Tabel 4.14). Pemanfaatan TPA yaitu sebagai tempat rekreasi, padang rumput, hutan, dan industri kecil merupakan bentuk perencanaan dengan biaya relatif rendah dan memiliki efek jangka panjang yang lebih ringan dan terkendali. Sedangkan untuk pemanfaatan perumahan, pertanian atau perkebunan dan industri kecil memiliki konsekuensi serius.

Tabel 4.14 Perbandingan Pemanfaatan dan Permasalahan dalam Penutupan TPA

Permasalahan	Pemanfaatan						
	Perumahan	Industri Kecil	perkebunan	Padang Rumput	Tempat Rekreasi	Sarana Olahraga	Hutan
Settlement	1	1	1	3	2	1	4
Leachate	1	2	1	2	3	2	3
Gas	1	2	1	2	3	1	2
Kontaminasi	1	3	1	2	3	3	3
Timbulan sampah B3	1	2	1	2	2	1	4
Kekuatan tanah	1	4	2	2	4	2	3
Profil tanah	1	4	1	3	3	1	4
Pertumbuhan tanaman	1	4	1	4	4	2	4
Nilai Total	8	22	9	20	24	13	27

Sumber: Crawford (1985)

Tabel 4.14 menunjukkan nilai 1-4 yang mempunyai arti yaitu nilai 1 merupakan pertimbangan utama, bahwa jika terdapat masalah akan memiliki konsekuensi yang serius; nilai 2 yang berarti pertimbangan penting dengan konsekuensi yang tinggi walaupun masalah kecil masih dapat ditoleransi; nilai 3 berarti pertimbangan minor yang tidak memiliki konsekuensi serius; dan nilai 4 berarti memerlukan pemantauan pada saat kondisi ekstrem. Kemudian nilai total menyatakan bahwa nilai yang semakin rendah berarti berbiaya mahal sedangkan nilai tinggi berarti berbiaya relatif rendah. Nilai tersebut menyatakan bahwa pemanfaatan hutan, tempat rekreasi, industri kecil dapat dijadikan alternatif karena berbiaya rendah dan merupakan pertimbangan minor yang tidak memiliki konsekuensi serius walaupun memerlukan pemantauan pada saat kondisi ekstrem.

Pemanfaatan TPA Piyungan dengan pertimbangan kondisi lingkungan, sosial ekonomi, pedoman pemanfaatan TPA Kementerian Pekerjaan Umum dan Crawford (1985) dapat dimanfaatkan menjadi TPA terpadu. Kegiatan yang akan direncanakan yaitu sebagai area pemrosesan sampah tingkat lanjut dan dapat dijadikan areal penghijauan dan lokasi ternak masyarakat sekitar. Area pemrosesan sampah didalamnya terdiri dari pengolahan sampah organik dengan komposting dan non organik dengan daur ulang sampah. Tempat pemrosesan akhir sampah Piyungan dalam sistem operasinya hanya menerima sampah yang dapat di daur ulang dan sampah yang dapat digunakan sebagai kompos seperti sampah tanaman dan sampah sisa dapur dari pemukiman terdekat. Hasil pengomposan dapat dimanfaatkan untuk penghijauan di areal TPA Piyungan.

TPA Piyungan memiliki 3 zona dengan luas 10 ha, zona 1 seluas 1,5 ha dapat dijadikan tempat pengolahan sampah terdiri dari areal pencacahan dan pemilahan, areal komposting dan kantor; zona 2 sebesar 2,5 ha telah digunakan sebagai instalasi pengumpulan gas metan dan akan menjadi instalasi gas setelah TPA Piyungan pasca operasi; zona 3 seluas 2,5 ha dapat dijadikan areal penghijauan sekitar TPA Piyungan.

Pengkajian pengelolaan persampahan di TPA Piyungan setelah pasca operasi implementasi mekanisme pembangunan bersih mempertimbangkan aspek teknis, aspek sosial, aspek ekonomi dan aspek lingkungan. Aspek teknis dapat

berupa fasilitas penunjang landfill, ketinggian sel, sejarah operasi TPA. Aspek sosial berupa kondisi sosial masyarakat setempat di sekeliling TPA. Aspek ekonomi berupa pembiayaan penutupan TPA. Aspek lingkungan yaitu kondisi topografi, luas daerah, Rencana tata ruang daerah/kota agar tidak terjadi dampak negatif.

A. Aspek Teknis

Beberapa hal terkait teknis dalam perencanaan pasca operasi TPA Piyungan, seperti (1) Fasilitas penunjang landfill dibutuhkan penutup akhir atau final cover yang terdiri dari lapisan subgrade, media pengumpul gas, lapisan tanah liat dipadatkan, geomembrane HDPE, kerikil, geotekstil, tanah humus, dan vegetasi. Komposisi lapisan-lapisan tersebut tergantung pada jenis karakteristik dari lahan. Berdasarkan Yates (2009) menyatakan bahwa fungsi yang diharapkan dari penutup akhir (final cover) adalah pengontrol gerakan air ke sarana supaya timbulan lindi dibatasi, pengontrol limpasan air agar keluar sarana, pengontrol binatang atau vektor-vektor penyakit.

Kemudian (2) ketinggian sel, yang terdapat di TPA Piyungan saat ini sekitar 20m-40 m berbeda-beda menurut zona; (3) sejarah pengelolaan TPA Piyungan yaitu di kelola dengan sistem *control landfill* walaupun dalam perencanaan awal dikelola dengan sistem *sanitary landfill*. Hal ini dikarenakan biaya operasional dan pemeliharaan yang cukup besar walaupun sudah terdapat *sharing* pembiayaan antara pemerintah kota Yogyakarta, Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul serta adanya kendala teknis dilapangan seperti kekurangan peralatan dan bahan yang disediakan. Kondisi eksisting TPA Piyungan berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara kepada pengelola TPA Piyungan Bantul dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Kondisi Eksisting TPA Piyungan

Keterangan Kondisi	TPA Piyungan	Keterangan
Ketinggian sel (m)	20-40 m	setiap zona berbeda
Instalasi Gas	ada	hanya terdapat pipa yang tertanam setelah sampah ditimbun dan tidak terencana dengan baik
Pengolah Lindi	ada	tidak berfungsi dengan baik

Lanjutan Tabel 4.15.

Keterangan Kondisi	TPA Piyungan	Keterangan
Daerah penyangga	ada	terdapat bukit yang mengelilingi lokasi TPA Piyungan, terdapat vegetasi yang membentuk kawasan hijau
Drainase	ada	terdapat disekeliling TPA Piyungan
Tanah Penutup lokal	mencukupi	berasal dari sebelah utara lokasi TPA Piyungan, namun pengambilan harus dipantau karena dapat mengakibatkan longsor
Area	terdapat area persawahan di sebelah utara dan barat	jika areal persawahan terkena dampak negatif, seperti tercemar lindi, maka produksi padi menurun dan akan mempengaruhi pendapatan warga desa

(Sumber: Hasil Observasi Lapangan TPA Piyungan, 2010)

Perencanaan penutupan memerlukan beberapa sistem yang saling terintegrasi dan berdasarkan pemanfaatan yang akan dilakukan di TPA Piyungan. Sistem yang dibutuhkan yaitu

- a) Sistem pengoleksi gas sebagai pengontrol gas yang terbentuk di lahan TPA, dilengkapi oleh pipa vertikal atau horizontal sebagai pengoleksi landfill gas, sistem ini mengikuti sistem yang telah ada karena adanya kegiatan penangkapan gas metan, sistem akan berada di zona 2 TPA Piyungan seluas 2,5 ha.
- b) Sistem drainase air hujan sebagai pengontrol run-off dari hujan serta mencegah erosi pada top soil, drainase TPA Piyungan yang telah ada akan tetap dipergunakan.
- c) Sistem pengumpulan lindi dapat dikendalikan dengan menempatkan liner pada bagian dasar landfill dan pipa untuk menyalurkan lindi sebelum lindi tersebut keluar dari landfill, pengolahan lindi TPA Piyungan yang ada, akan dipergunakan, sebelumnya pengolahan lindi diperbaiki.
- d) Tanah penutup akhir, lapisan tanah akhir yang disertai dengan penanaman vegetasi untuk cegah erosi atau sebagai pemanfaatan lainnya. Dalam penentuan alternatif final cover juga diperhatikan perencanaan pasca operasi atau pemanfaatan lahan yang telah ditentukan sebelumnya. Rencana pemanfaatan TPA sebagai penghijauan dan areal pemrosesan

dengan tetap mengikuti syarat-syarat penentuan lapisan penutup akhir. Tanah penutup akhir ini merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari perencanaan TPA, fungsinya adalah memastikan sampah yang tertumpuk di lahan urug tidak mencemari lingkungan sekitarnya dengan menahan rembesan air hujan, menangkap air untuk mengalirkannya ke saluran drainase dan *laisan* untuk tumbuhnya tanaman; kemudian mendukung fungsi lahan urug setelah operasi. Dengan kriteria desain yaitu (1) permeabilitas akhir adalah 10^{-6} cm/detik; (2) Kemiringan permukaan adalah 3%; (3) Desain *landscape* akhir sesuai rencana.

- e) Lapisan penutup berfungsi menunjang perkembangan tumbuhan penutup. Kualitas tanah penutup yang diharapkan adalah mudah dalam pengerjaan, ikatan partikel cukup baik dan kuat. Untuk bahan yang sesuai adalah campuran antara pasir dan lempung dengan presentase perbandingan yang hampir sama. Tanah ini memiliki kapasitas kelembaban yang tinggi dengan tebal lapisan minimal 15 cm. Sebaiknya lapisan ini diberikan tambahan pupuk. Namun demikian, pada pasca operasi direncanakan penanaman pohon dengan akar yang dalam, maka ketebalan mencapai 1,5 - 2 m, agar kondisi pohon cukup kuat dan pertumbuhan akarnya tidak terganggu oleh gas yang terperangkap dalam lapisan sampah.
- f) Pagar dan buffer area sebagai penanda batas areal pemanfaatan dan area transisi dengan pemukiman di TPA Piyungan yaitu perbukitan disebelah selatan, barat dan timur.
- g) Lapisan ventilasi untuk gas metan sebagai penangkap gas metan yang terbentuk, akan mengikuti sistem pengumpulan gas metan yang telah ada dari kegiatan implementasi mekanisme pembangunan bersih.
- h) Sumur monitor sebagai fasilitas dalam memantau keadaan air tanah di sekitar TPA Piyungan.

Perencanaan penutupan TPA Piyungan sebagai tempat pemrosesan akhir sampah terpadu. Bangunan yang diperlukan seperti bangunan pengolahan sampah seperti ruang pemilahan dan pencacahan sampah organik, ruang pembuatan kompos, ruang pengolahan sampah non organik, gudang penyimpanan kompos dan kantor. Unit-unit yang diperlukan seperti conveyor, pencacah sampah organik dengan kapasitas sesuai dengan sampah yang akan

diolah, mesin ayak mekanis, pencacah plastik, press plastik, pencuci kantong plastik dan genset (Gambar 4.9).



Gambar 4.9. Unit-Unit Pengolahan Sampah Piyungan (Sumber:hasil modifikasi)

B. Aspek lingkungan

Pengkajian lingkungan untuk pemanfaatan pasca operasi TPA Piyungan sebagai TPA terpadu. Secara tata ruang wilayah, direncanakan TPA Piyungan pasca operasi menjadi wilayah penghijauan. Kegiatan yang terdapat di TPA Piyungan pasca operasi dapat mengakibatkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya, misalnya air tanah, air permukaan yang tercemar lindi. Reklamasi lahan TPA pasca operasi, untuk menghindari terjadinya dampak negatif, karena proses dekomposisi sampah menjadi lindi dan gas berlangsung dalam waktu yang sangat lama \pm 30 tahun (Thobanoglous, 1993). Oleh karena itu lahan bekas TPA direkomendasikan untuk lahan terbuka hijau atau sesuai dengan rencana tata guna lahannya. Apabila lahan bekas TPA akan digunakan sebagai daerah perumahan atau bangunan lain, maka perlu memperhitungkan faktor keamanan bangunan.

Kondisi eksisting TPA Piyungan yaitu berada di nilai habitat yang rendah secara biologis, terdapat zona penyangga karena di sekitar daerah perbukitan, profil lokasi berupa lembah gunung berbatuan dan relatif jauh dari permukiman.

Lahan di lokasi TPA Piyungan sebagian besar tanah untuk tanaman palawija tumpang sari dan sawah tadah hujan. Iklim di lokasi pada musim kemarau tampak kering dan pada musim penghujan tampak hijau. Berdasarkan sifat kimiawi tanah bahan organik di lokasi ini sangat rendah, untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah perlu tambahan bahan organik berupa pupuk kandang, kompos maupun sisa-sisa tanaman.

Reklamasi lahan bekas TPA disesuaikan dengan rencana peruntukan, terutama berkaitan dengan konstruksi lapisan tanah penutup akhir. Untuk lahan terbuka hijau, ketebalan tanah penutup yang dipersyaratkan adalah 1 m, tergantung dari jenis tanaman yang akan ditanam, ditambah dengan lapisan top soil. Sedangkan untuk peruntukan bangunan pengolahan sampah terpadu, persyaratan penutupan tanah akhir serupa dengan konstruksi jalan dan faktor keamanan sesuai dengan peraturan konstruksi yang berlaku.

Kegiatan operasional pasca operasi dengan pemanfaatan TPA Piyungan sebagai area pemrosesan sampah tingkat lanjut memiliki kelebihan dan kelemahan yaitu jenis pengolahan pengomposan memiliki kelebihan yaitu volume sampah organik di Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul, Kota Yogyakarta sebesar 77%, mengurangi volume sampah berkurang lebih signifikan, biaya investasi murah. Sedangkan kelemahan yaitu perlu perawatan yang baik dan kontinyu, proses pengomposan lebih lama dan memerlukan tenaga yang lebih banyak. Untuk pemanfaatan kembali sampah non organik memiliki kelebihan yaitu volume sampah non organik berkurang, mengurangi usia pakai lahan TPA, lapangan kerja bagi masyarakat sekitar. Kelemahannya yaitu tidak semua jenis sampah non organik dapat didaur ulang, kurang sehat bagi kesehatan pekerja daur ulang atau pemulung.

Kegiatan tersebut dapat menimbulkan dampak terhadap komponen lingkungan. Komponen lingkungan yang terkena dampak yaitu (1) komponen fisik dapat berupa kualitas udara, kebisingan dan debu, kerusakan jalan, kualitas air tanah dan air permukaan; (2) komponen biotis dapat berupa berkembangnya binatang vektor penyakit nyamuk, berkurangnya populasi fauna akuatik (Tabel 4.16).

Tabel 4.16. Komponen Lingkungan Terkena Dampak Operasional TPA Piyungan Pasca Operasi

Komponen Lingkungan Terkena Dampak	Sumber Dampak	Tolak Ukur	Tindakan Pengelolaan
Komponen Fisik			
a. Kualitas Udara Kebisingan dan debu	Kendaraan mengangkut sampah terpilah untuk dilakukan pengolahan	SK MENLH 50/1996 dan SK Gubernur 214/KPTS/1991	1. Perawatan mesin kendaraan dan saluran gas buang secara baik 2. Perbaikan jalan secara rutin
b. Kerusakan jalan	Operasional pengangkutan sampah terpilah untuk dilakukan pengolahan	Kenyamanan berlalu lintas	Perbaikan jalan secara rutin
c. Kualitas air tanah dan air permukaan	Penanganan lindi yang kurang baik	keputusan Gub.Kep.DIY No. 281/KPTS/1998	Perbaikan dan operasional IPAL secara baik
Komponen Biotis			
a. berkembangnya binatang vector penyakit	Penanganan lindi yang kurang baik	Kepadatan larva nyamuk	Operasional aerator secara benar dan penebaran ikan
b. berkurangnya populasi fauna aquatik	Penanganan lindi yang kurang baik	Keanekaragaman fauna aquatik	Pengolahan lindi sesuai dengan perencanaan dan operasional yang benar.

(Sumber: Hasil Analisis)

Dampak positif dari pemanfaatan sebagai area pemrosesan sampah tingkat lanjut dan areal penghijauan yaitu (1) pemrosesan sampah menjadi kompos dan pemilahan sampah non organik menjadi barang layak jual akan mengurangi timbunan sampah kota dan mengurangi dampak negatif dari sampah; (2) penghijauan bermanfaat untuk mengurangi erosi,, penghasil oksigen menyerap air untuk persediaan air tanah, penyerapan CO₂, udara menjadi sejuk, stabilitas iklim, penahan debu (barrier) dan menjadi tempat alami satwa.

Pengelolaan lingkungan TPA Piyungan pasca operasi, berdasarkan Tabel 4.15 dibutuhkan monitoring kualitas lingkungan pasca operasi TPA. Bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya pencemaran karena kebocoran dari jaringan pipa pengumpul lindi, proses pengolahan lindi yang tidak memadai dan kebocoran pipa ventilasi gas TPA dan operasional pengangkutan sampah terpilah untuk dilakukan pengolahan. Fasilitas yang diperlukan untuk monitoring ini yaitu sumur uji dan sistem pipa ventilasi gas. Terdapat sumur uji di TPA Piyungan sebanyak 4 sumur, menurut ketentuan harus terdapat minimal 3 unit, yaitu

yang terletak sebelum area penimbunan, dekat lokasi penimbunan dan sesudah area penimbunan.

Untuk melakukan monitoring, parameter kunci kualitas air yang akan di monitor secara berkala yaitu TDS atau *total dissolved solid* merupakan padatan terlarut yang terdiri dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air dan mempunyai ukuran lebihkecil dari padatan tersuspensi, TSS atau *total suspended solid* merupakan padatan tersuspensi terdiri dari partikel yang bobot dan ukurannya lebih kecil dari sedimen, BOD atau *biochemical oksigen demand* merupakan banyaknya oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan bahan organik dalam satu liter air limbah, COD atau *chemical oksigen demand* (banyaknya oksigen yang dibutuhkan oksidator untuk mengoksidasi bahan dalam air limbah) dan kualitas udara yaitu CO atau karbon monoksida, dihasilkan dari bahan bakar yang mengandung karbon dan terjadinya pembakaran yang tidak sempurna dari mesin, NO atau nitrogen oksida, dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna pada bahan bakar bensin. Periode pemantauan sebaiknya dilakukan secara berkala terutama untuk parameter kunci, sedangkan untuk parameter yang lebih lengkap dapat dilakukan setahun 1-2 kali (musim kemarau dan hujan).

C. Aspek Sosial

Kondisi sosial masyarakat setempat sebelum dibangunnya TPA Piyungan tidak ada penduduk desa Sitimulyo yang bekerja menjadi pemulung. Setelah beroperasinya TPA Piyungan tahun 1996, penduduk sekitar mulai bekerja sebagai oemulung atau pengempul. Terdapat dua komunitas yang hidup di kawasan sekitar TPA Piyungan yaitu kelompok pertama, mereka yang merupakan penduduk asli daerah tersebut (tinggal di daerah tersebut sebelum TPA dibangun). Kelompok kedua, adalah pemulung dan pengumpul yang pindah ke daerah tersebut setelah TPA dibangun dengan alasan kesempatan ekonomi. Komunitas yang berada disekitar TPA Piyungan sebagian besar bergantung kepada TPA untuk penghidupan mereka, yaitu dari hasil memulung atau mengumpulkan sampah yang masih dapat dijual kembali dan menggembala sapi. Sapi yang terdapat di TPA Piyungan sebesar 800 ekor, menjadikan sampah yang berada di TPA sebagai makanan mereka. Mereka

melakukan pekerjaan menjadi pemulung dan pengepul untuk menambah penghasilan. Pendidikan pemulung di TPA Piyungan sebagian besar berpendidikan tidak tamat SD dan pendidikan tertinggi tamat SMP. Dengan kondisi sosial masyarakat di TPA Piyungan seperti disebutkan maka masyarakat akan kehilangan penghasilan dari hasil penjualan.

Kegiatan operasional pasca operasi dengan pemanfaatan TPA Piyungan menimbulkan dampak terhadap komponen sosial. Komponen sosial yang terkena dampak yaitu (1) terbentuknya interaksi positif dan kelembagaan sosial; (2) keresahan masyarakat; (3) menambah peluang kerja; (4) tersedia lahan untuk memilah sampah; (5) tersedianya lahan untuk usaha penjualan; (6) pendapatan masyarakat meningkat; (7) timbul dan berkembangnya penyakit kulit dengan perantara air yang tercemar oleh lindi; (8) timbul dan berkembangnya penyakit yang ditularkan daging ternak (Tabel 4.17).

Tabel 4.17. Komponen Sosial Terkena Dampak Operasional TPA Piyungan Pasca Operasi

Komponen Lingkungan Terkena Dampak	Sumber Dampak	Tolak Ukur	Tindakan Pengelolaan
Komponen Sosial			
a. terbentuknya interaksi positif dan kelembagaan sosial	Interaksi pendatang dengan masyarakat sekitar	Tidak timbul konflik	Dengan cara pembinaan dan sosialisasi kepada masyarakat agar mengetahui secara benar bagaimana untuk menangani dampak
b. keresahan masyarakat	Timbul kebisingan dan pencemaran air Operasional pengangkutan sampah terpilah untuk dilakukan pengolahan	Keresahan masyarakat SK Gub 214/KPTS/1991	
c. menambah peluang kerja	Sebagai karyawan dalam pengolahan sampah terpadu	Jumlah rekrutmen tenaga yang berasal dari masyarakat setempat	Rekrutmen tenaga untuk memilah sampah, mengolah sampah menjadi kompos.
d. tersedia lahan untuk memilah sampah	Bangunan pengolahan sampah terpadu terdapat ruang untuk memilah sampah	Jumlah masyarakat yang bekerja menjadi pemulung dapat melakukan kegiatan	Melakukan sosialisasi lokasi tempat pemilahan dan cara kerjanya

Lanjutan Tabel 4.18.

Komponen Lingkungan Terkena Dampak	Sumber Dampak	Tolak Ukur	Tindakan Pengelolaan
e. tersedianya lahan untuk usaha penjualan	Bangunan pengolahan sampah terpadu terdapat ruang untuk menjual hasil daur ulang, hasil pengomposan	Peningkatan pendapatan masyarakat perbulan	Pemda mengarahkan dan membina kegiatan pengolahan sampah terpadu
f. pendapatan masyarakat meningkat	Tersedianya lahan untuk menjual hasil pemilahan sampah dan lahan untuk penggembalaan		Pelibatan peternak dalam pengaturan penggembalaan agar tidak mengganggu penghijauan di zona 3 dan bangunan pengolahan sampah terpadu di zona 1
Komponen kesehatan Masyarakat			
a. timbul dan berkembangnya penyakit kulit dengan perantara air yang tercemar oleh lindi	Pengolahan lindi yang tidak baik	Angka penyakit kulit yang meningkat	Pengoperasian lindi sesuai dengan perencanaan teknis
b. timbul dan berkembangnya penyakit yang ditularkan daging temak	binatang temak yang membawa bibit penyakit	Ditemukannya penyakit yang diakibatkan oleh hewan temak masyarakat di TPA Piyungan	Bekerjasama dengan dinas kesehatan dan peternakan untuk melakukan observasi kemungkinan berkembangnya penyakit yang ditularkan dari temak

Sumber: Hasil Analisis

Kegiatan pasca operasi tidak lepas dari peran serta pemda dan masyarakat. Masyarakat memiliki hak untuk mengetahui rencana pemanfaatan lahan di kawasan sekitar TPA dan memperoleh penggantian yang layak atas kerugian yang timbul akibat pelaksanaan kegiatan pembangunan yang sesuai rencana pemanfaatan lahan. Serta memiliki kewajiban untuk berlaku tertib dalam keikutsertaan kegiatan pemanfaatan ruang dan Mematuhi ketentuan yang ditetapkan dalam persyaratan izin pemanfaatan ruang dan memberikan akses terhadap kawasan yang oleh pedoman dinyatakan sebagai kawasan yang harus diatur.

D. Aspek Ekonomi

Penentuan estimasi biaya dalam perencanaan penutupan TPA dapat dilakukan dengan menginventarisasikan komponen atau unit yang diperlukan terlebih dahulu serta dilakukan penentuan alternatif pemanfaatan (reklamasi) yang sesuai dengan lokasi TPA dan tata ruang wilayah. TPA Piyungan akan dimanfaatkan sebagai *area pemrosesan sampah tingkat lanjut dan areal penghijauan*. Komponen yang diperlukan seperti topsoil dengan menggunakan geomembrane atau tidak. Penggunaan geomembrane pada topsoil harus mempertimbangkan pendanaan yang tersedia karena biaya pemasangan geonet tergolong cukup mahal, oleh karena itu penggunaan geomembrane harus dibatasi untuk TPA yang terdapat kondisi sensitif dan berpotensi mencemari lingkungan lebih lanjut.

Pembiayaan untuk perencanaan penutupan TPA dari tahap awal sampai pemeliharaan serta pemanfaatan serta tahap monitoring perlu diperhitungkan dalam perencanaan awal penutupan. Dibawah ini merupakan aspek-aspek dari biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan penutupan TPA Piyungan

1. Biaya investasi terdiri dari komponen pembiayaan konstruksi, pengadaan peralatan, monitoring dan pemeliharaan.
2. Biaya operasional seperti belanja pegawai, belanja barang dan jasa, belanja pemeliharaan dan belanja modal.
3. Biaya untuk penutupan terdiri dari sistem cover, sistem drainase air hujan sebagai *pengontrol run off hujan, lapisan tanah akhir dengan campuran antara pasir dan lempung dengan presentase perbandingan yang hampir sama dan penanaman vegetasi penutup termasuk persiapan dan pupuk.*
4. Biaya untuk sistem cover, termasuk biaya bahan dan peletakan Lapisan permukaan (tanah lokal), lapisan pelindung, drainase lapisan (pasir), penghalang lapisan (tanah liat / Geomembrane), lapisan transisi, lapisan ventilasi untuk gas metan sebagai penangkap gas metan
5. Biaya pasca terdiri dari monitoring, pemeliharaan umum vegetasi penutup, perawatan untuk *perbedaan settlement pada cover penutup, upah dan gaji untuk pemeliharaan TPA, berkaitan dengan operasi pengumpulan lindi, periodik sampling dan analisis parameter lingkungan.*

Pembiayaan dapat berasal dari dana APBD (anggaran pendapatan dan belanja daerah) Pemerintah Daerah Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul, Kota Yogyakarta atau dapat berasal dari keuntungan CERs yang berasal dari implementasi mekanisme pembangunan bersih sebesar Rp. 44.344.005.790.

Selain itu terdapat pendapatan dari pemanfaatan sampah organik menjadi kompos dan penjualan sampah yang masih dapat digunakan. Didasarkan pada persentase komposisi sampah dikalikan dengan harga persatuan sampah didapatkan nilai potensi ekonomi sampah TPA Piyungan (Tabel 4.18). Hasil pemanfaatan sampah dapat dijadikan pemasukan bagi unit pengelola persampahan TPA Piyungan dan juga bagi masyarakat yang bekerja pada tempat pengelolaan sampah terpadu.

Tabel 4.18 Nilai Potensi Ekonomi Pemanfaatan Sampah TPA Piyungan

No	Komposisi	Persen	Volume (m ³ /hari)	Berat (kg/hari)	Harga Rp per/kg	Potensi Nilai Uang (Rp/hari)	Potensi Nilai Uang (Rp/bulan)
1	Organik yang dapat dikomposkan	77%	1.360	272	200	54.408	1.632.240
2	Plastik	10%	0.175	35	1000	35.025	1.050.750
3	Kertas	6%	0.097	20	350	6.843	205.290
4	Logam	2%	0.033	7	1000	668	20.040
5	Gelas	3%	0.059	12	600	7.173	215.190
6	Karet	3%	0.056	11	300	3.375	101.250

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 4.18 didapatkan bahwa nilai potensi pemanfaatan sampah TPA Piyungan berdasarkan timbulan sampah tahun 2010 sebesar 160.445 ton/tahun atau 1.75 m³/hari sebesar Rp. 113.508/hari dan Rp. 3.405.240/bulan. Potensi ekonomi sampah paling besar yaitu dijadikan kompos, karena persentase kompos organik lebih banyak dibandingkan sampah yang tidak dapat dikompos dan kebutuhan kompos dipasaran untuk menyuburkan tanah. Selain itu plastik juga berkontribusi sebesar Rp. 1.050.750/bulan atau Rp.35.025/hari dalam pendapatan nilai uang. Beberapa jenis plastik memang dapat digunakan kembali menjadi pellet plastik atau barang jenis lainnya.

Pengelolaan persampahan setelah implementasi mekanisme pembangunan bersih akan digunakan menjadi tempat pemrosesan akhir (TPA) dengan pemanfaatan sebagai area pemrosesan sampah tingkat lanjut dan areal penghijauan. TPA Piyungan memiliki 3 zona dengan luas 10 ha, zona 1 seluas

1,5 ha dapat dijadikan tempat pengolahan sampah terdiri dari areal pencacahan dan pemilahan, areal komposting dan kantor; zona 2 sebesar 2,5 ha telah digunakan sebagai instalasi pengumpulan gas metan dan akan menjadi instalasi gas setelah TPA Piyungan pasca operasi; zona 3 seluas 2,5 ha dapat dijadikan areal penghijauan sekitar TPA Piyungan.



BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Emisi metan total TPA Piyungan tahun 1995 hingga tahun 2010 sebesar 1.661,6 tCO₂e.
2. Pengurangan emisi gas metan dari tanpa adanya kegiatan CDM dengan adanya kegiatan reduksi emisi metan melalui implementasi CDM di TPA Piyungan, yaitu total estimasi reduksi emisi metan tahun 2011-2019 sebesar 447.919 tCO₂e.
3. Kajian ekonomi menyimpulkan bahwa nilai NPV dan IRR kegiatan bernilai positif. Nilai IRR implementasi CDM TPA Piyungan sebesar 20,32% lebih besar dari suku bunga acuan (*BI rate*) saat ini sebesar 6,5%, kemudian nilai NPV bernilai positif, berarti kegiatan ini layak untuk dijalankan dan pengembalian modal kegiatan pada tahun 2015, total pengembalian modal sebesar Rp. 15.408.909.401. Tahun 2011-2019 potensi emisi reduksi sebesar 447919 tCO₂ menghasilkan listrik sebesar 24.605.124 kWh/ton-CO₂ dengan jumlah CERs senilai Rp.44.344.005.790. Biaya lingkungan dampak TPA Piyungan terhadap kesehatan dengan pendekatan harga pasar menggunakan biaya pengobatan, hilangnya waktu kerja dan biaya kesempatan atau pendapatan yang hilang, sebesar Rp. 710.000/tahun atau Rp. 185.000/bulan setiap warga. Sedangkan untuk usia produktif yang rentan terkena dampak Rp. 159.395.000/tahun
4. Peran mekanisme pembangunan bersih bagi pengelolaan persampahan TPA Piyungan Bantul dalam aspek lingkungan yaitu berupa terencananya penimbunan sampah, terkelolanya penanganan lindi dan penanganan gas metan sehingga terhindarnya pencemaran air, pencemaran udara, berkurangnya gangguan bau dan vektor penyakit; Aspek sosial yaitu pengepul dan penduduk sekitar memiliki pendapat, dari hasil wawancara sebesar 80%, tidak memperlmasalahkan adanya kegiatan pemanfaatan gas

metan, selama lokasi kegiatan tidak mengganggu area mereka mencari penghasilan; Aspek ekonomi yaitu keuntungan CERs dapat digunakan untuk penambahan biaya operasional dan pemeliharaan TPA Piyungan; Aspek hukum yaitu pemerintah daerah Kabupaten Sleman, Kabupaten Bantul, Kota Yogyakarta melaksanakan UU No.18 tahun 2008, yaitu kerjasama antar pemerintah. Manfaat tidak langsung yang dapat diperoleh yaitu adanya transfer teknologi, *capacity building*, peningkatan kualitas lingkungan serta memperkuat posisi Indonesia di forum dunia.

5. Pengelolaan persampahan setelah implementasi mekanisme pembangunan bersih akan digunakan menjadi tempat pemrosesan akhir (TPA) dengan pemanfaatan sebagai area pemrosesan sampah tingkat lanjut dan areal penghijauan.

5.2 Saran

Kegiatan pengendalian dampak perubahan iklim masih perlu dilaksanakan mengingat produksi sampah pertahun semakin meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk. Reduksi emisi metan di Indonesia juga belum berjalan dengan baik, mengingat masih sedikit TPA yang menerapkan sistem flare gas. Diperlukan upaya sosialisasi pemahaman mengenai kegiatan implementasi mekanisme pembangunan bersih bagi Pemerintah Daerah, masyarakat. Dengan demikian diharapkan Pemerintah dapat membuat regulasi di daerah untuk kegiatan implementasi mekanisme pembangunan bersih. Dalam mengatasi perubahan iklim diharapkan kegiatan implementasi mekanisme pembangunan bersih di TPA Piyungan akan segera dijalankan dan terus memaksimalkan manfaat emisi gas metan sebagai *renewable energy*. Kegiatan ini perlu diimplementasikan ke TPA di Indonesia.

Rekomendasi bagi penelitian selanjutnya melakukan kajian lebih lanjut mengenai pemanfaatan TPA Piyungan dengan sistem *landfill mining*, bertujuan meningkatkan kapasitas TPA Piyungan atau memakai kembali.

DAFTAR REFERENSI

- _____. 2007. Rencana Aksi Nasional dalam Menghadapi Perubahan Iklim. KLH, Jakarta.
- _____. 2009. Laporan Proyek TPA Piyungan. Jakarta.
- Asian Development Bank. 2006. *Small Scale Clean Development Mechanism Project Handbook*. Filipina.
- Axiom Technology Centre dan Indra Scientific. 2010. *Waste recycling and fuel gas generating technology*. Brussel.
- Bappenas dan Bakornas PB. 2006. Bencana Terkait Hidro-meteorologi Di Indonesia. Bakornas, Jakarta.
- Bank Dunia. 2007. Studi Kelayakan Proyek Gas Lahan TPA. ERM, Jakarta.
- BPS. 2007. Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Dalam Angka. Yogyakarta.
- BPPT dan Shimizu. 2009. *Final Report Yogyakarta Municipal Waste Utilization Project*. Yogyakarta.
- Boer, Rizaldi. 2002. Masalah Gas Rumah Kaca : Hubungannya dengan Lingkungan Pertanian. Makalah Seminar Nasional Peningkatan Kualitas lingkungan dan Produk Pertanian, Kudus 4 November 2002. Kerjasama Loka Penelitian Pencemaran lingkungan Pertanian dengan Fak. Pertanian Universitas Muria Kudus. Kudus.
- Crutzen P J, Aselman I and Seiler W. 1986. *Methane production by domestic animals, wild ruminant, other herbivorous fauna, and humans*. *Tellus* 38B:271-284.
- Crawford, John F, dan Smith, Paul G. 1985. *Landfill Technology*. Butterworths
- Damanhuri, E, dan T. Padi. 2004. *Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah*. Dept. Teknik Lingkungan ITB.

- David, Alain. 2005. *An Introduction to Landfill Gas Development*. National Office of Pollution Prevention Environment Canada, Kanada.
- Dinas Pertanian dan Kehutanan Kabupaten Sleman. 2006. Rencana Strategik 2006-2010. Dinas Pertanian dan Kehutan Kabupaten Sleman, Sleman.
- Direktorat Penataan Ruang Nasional. 2000. Pedoman Pemanfaatan Kawasan Sekitar TPA Sampah. Jakarta.
- Fauzi. 2003. Peran Serta Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah Di Das Lubuk Minturun (Studi Kasus di Sub DAS Kelurahan Ikur Koto, Kecamatan Koto Tengah, Kota Padang). Program Studi Pascasarjana Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia. Jakarta.
- Fauzi. 2006. Teori dan Aplikasi Ekonomi Sumber daya Alam dan Lingkungan. Gramedia Pustaka. Jakarta.
- IPCC. 1995. *IPCC Radiative Forcing Report: Climate Change 1995, The Science of Climate Change, Contribution of Working Group 1 to The Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge press University.
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.
- IPCC. 2007. *IPCC Radiative Forcing Report: Climate Change 2007, Mitigation and Adaptation, Contribution of Working Group 3 to The Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge press University.
- KLH. 2006. Strategi Nasional 3R. Jakarta.
- KLH. 2007. Panduan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- KLH. 2007. Rencana Aksi Nasional dalam Menghadapi Perubahan Iklim. Kementerian Lingkungan hidup, Jakarta.

- KLH. 2008. Skema CDM dan Peluang CDM Dalam Pengelolaan Sampah. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- KLH. 2008. Statistik Persampahan Indonesia Tahun 2008. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- KLH. 2009. Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Angka. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- KLH. 2010. Profil Komposting 2010. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Lelieveld J, and Crutzen PJ. 1993. *Methane emissions into the atmosphere, an overview. In Van Amstel AR (Ed.), Methane and Nitrous Oxide, Methods in National Emissions Inventories and Options for Control. Proc. Intern. IPCC Workshop. Netherlands, 3-5 February 1993, pp.17-25.*
- Murdiyaso, Daniel. 2003. Sepuluh Tahun Perjalanan Negosiasi Konvensi Perubahan Iklim. Kompas, Jakarta.
- Murdiyaso, Daniel. 2003. CDM: Mekanisme Pembangunan Bersih. Kompas, Jakarta.
- Mulyanto, H.R. 2007. Ilmu Lingkungan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Putra, Themy Kendra. 1997. Estimasi dan Prediksi Kecenderungan Emisi Metan di Tempat Pembuangan Akhir Sampah (Studi Kasus di TPA Bantar Gebang, Bekasi). Program Studi Pascasarjana Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia. Jakarta.
- Pacey dan DeGier. 1986. *The Factors Influencing Landfill Gas Production.* Makalah disampaikan dalam *Conference of Energy from Landfill Gas.* United Kingdom of Energy. London.
- Peraturan Pemerintah No. 27 tahun 1999 tentang analisis mengenai dampak lingkungan. Jakarta, 1999.
- Peraturan Walikota Yogyakarta No. 17 tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kota Yogyakarta tahun 2007-2011. Yogyakarta, 2007.

- Rarastri, Anggita Dhiny. 2007. *Kontribusi Sampah Terhadap Pemanasan Global*. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Sell. 1981. *Industrial Pollution Control, Issues and Techniques*. Van Nostrand Reinhold Company, New York
- Sudasi, Untung. 2002. *Produksi Padi dan Pemanasan Global: Tanah Sawah Bukan Sumber Utama Emisi Metan*. Makalah Pengantar Falsafah Sains. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Suparmoko dan Maria R Suparmoko. 2007. *Ekonomika Lingkungan*. BPF. Yogyakarta
- Suparmoko. 2006. *Panduan dan Analisis Valuasi Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Konsep, Metode Perhitungan dan Aplikasi)*. BPF. Yogyakarta.
- Sutamihardja, RTM. 2009. *Perubahan Lingkungan Global sebuah Antologi Tentang Bumi Kita*. Yayasan Pasir Luhur, Bogor.
- Sutamihardja, RTM dan Mari Eko Mulyani. 2010. *Perubahan Iklim: IPCC, UNFCCC dan Protokol Kyoto (inpres Desember 2010)*. Yayasan Pasir Luhur, Bogor.
- Soemarwoto, O. 2001. *Peluang Berbisnis Lingkungan Hidup Di Pasar Global untuk Pemertanian Berkelanjutan*. Makalah Seminar "Kebijakan Perlindungan Lingkungan dan Pembangunan berkelanjutan Indonesia di Era Reformasi dalam Menghadapai KTT Rio + 10". Jakarta.
- Tchobanoglous, George, et al. 1993. *Integrated Solid Waste Management*. Singapore : McGraw-Hill, inc.
- Undang-Undang No. 32 tahun 2009 tentang *Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta, 2008.
- Undang-Undang No. 18 tahun 2008 tentang *Pengelolaan Sampah*. Jakarta, 2008.
- Undang-Undang No.17 Tahun 2004 Tentang *Kyoto Protokol*. Jakarta, 2004.

UNDP. 2008. *Final Disposal*. UNDP, Washington.

USEPA. 1990. *Methane Emission and Opportunities for Control Workshop Result of Intergovernmental Panel on Climate Change*. USEPA, Washington.

Yates, Alfred M, Evans, David W. 2009. *Innovative Landfill Closures, A Tale of Two Sites*. *Journal of Solid Waste and Management*.



Lampiran 1. Estimasi DOC TPA Piyungan

Sektor	Limbah		
Kategori	Tempat Pembuangan Akhir Sampah		
Kode	4A		
Lembar	1 dari 2 Estimasi DOC		
	A	B	C
Komponen	% Komposisi Sampah TPA Piyungan (Wt)	DOC Dalam % Sampah Organik Basah Segar (DOC)*	Komponen organik yang dapat terurai kg per kg sampah basah organik segar(DOC)
			$C = A \times B$
Organik (makanan)	0.773	0.150	0.116
Kertas	0.057	0.400	0.023
Kayu	0.007	0.430	0.003
Kain	0.022	0.240	0.005
Kulit	0.002	0.390	0.001
Plastik	0.096	0.000	0.000
Metal	0.019	0.000	0.000
Gelas	0.034	0.000	0.000
Lainnya	0.016	0.000	0.000
TOTAL			0.148

Keterangan : ** IPCC 2006

Lampiran 2. Potensi Emisi Gas Metan di TPA Pyunggan

Tipe TPA	Tahun	Lokasi	A		B	C	D	E		F	G	H	I	J
			Jumlah Timbunan Sampah (ton/tahun)	Jumlah Timbunan Sampah (Gg)*	DOC	DOC F	Faktor Koreksi Metan (MCF)	Volume organik karbon terdegradable di TPA (DDOC md)	fraksi metan yang dihasilkan dari TPA (F)	Konversi Rasio (16/12)	Potensi bangkitan metan dari sampah (Lo)	Faktor Oksidasi (Ox)	(tCO _{2e}) $L = H \times (1 - I) \times \frac{GWP_{CH_4}}{GWP_{CO_2}}$	
Urban/garbage (> 5 m waste) and/or high water table	1995	TPA Pyunggan Barud	98,526	98,526	0.148	0.5	0.8	$F = A \times B \times C \times D$ 5,823	0.5	1.33	$I = E \times F \times G$ 3,882	0	81.5	
	1996		101,573	101,573	0.148	0.5	0.8	6,013	0.5	1.33	4,009	0	84.2	
	1997		104,714	104,714	0.148	0.5	0.8	6,199	0.5	1.33	4,133	0	86.8	
	1998		107,953	107,953	0.148	0.5	0.8	6,391	0.5	1.33	4,261	0	89.5	
	1999		111,292	111,292	0.148	0.5	0.8	6,588	0.5	1.33	4,392	0	92.2	
	2000		114,734	114,734	0.148	0.5	0.8	6,792	0.5	1.33	4,528	0	95.1	
	2001		118,282	118,282	0.148	0.5	0.8	7,002	0.5	1.33	4,668	0	98.0	
	2002		121,940	121,940	0.148	0.5	0.8	7,219	0.5	1.33	4,813	0	101.1	
	2003		125,712	125,712	0.148	0.5	0.8	7,442	0.5	1.33	4,961	0	104.2	
	2004		129,600	129,600	0.148	0.5	0.8	7,672	0.5	1.33	5,115	0	107.4	
	2005		133,608	133,608	0.148	0.5	0.8	7,910	0.5	1.33	5,273	0	110.7	
	2006		137,740	137,740	0.148	0.5	0.8	8,154	0.5	1.33	5,436	0	114.2	
	2007		142,000	142,000	0.148	0.5	0.8	8,406	0.5	1.33	5,604	0	117.7	
	2008		146,260	146,260	0.148	0.5	0.8	8,659	0.5	1.33	5,772	0	121.2	
	2009		150,684	150,684	0.148	0.5	0.8	8,920	0.5	1.33	5,947	0	124.9	
	2010		160,445	160,445	0.148	0.5	0.8	9,498	0.5	1.33	6,332	0	133.0	
	2011				0.148	0.5	0.8		0.5	1.33		0	87	
	2012				0.148	0.5	0.8		0.5	1.33		0	73	
	2013				0.148	0.5	0.8		0.5	1.33		0	62	
2014			0.148	0.5	0.8		0.5	1.33		0	53			
2015			0.148	0.5	0.8		0.5	1.33		0	46			
2016			0.148	0.5	0.8		0.5	1.33		0	40			
2017			0.148	0.5	0.8		0.5	1.33		0	35			
2018			0.148	0.5	0.8		0.5	1.33		0	31			
2019			0.148	0.5	0.8		0.5	1.33		0	26			
TOTAL													2,114,601	

Keterangan: 1 ton= 1 juta gram=1 mega gram=1000 gigagram

Lampiran 3. Reduksi Emisi Metan

J	K	L	M	N	O	P	Q	R
$BE_{CH_4, SWDS, Y}$ (tCO ₂ e)	LFG (tCO ₂ e)	C _{fy} (tCO ₂ e)	MDProject (tCH ₄)	EG _{pJiy} (MWh)	EFe _{Jiy} (tCO ₂ /MWh)	TDL	PE _y (tCO ₂ e)	ERY (tCO ₂ e)
$L = H \times (1 - I) \times$ GWPC _{H4}	data sekunder	Faktor Koleksi	$M = (J \times L) / GWPC_{H4}$	data sekunder			$Q = N \times O \times (1 + P)$	$R = K - Q$
81.5	4,255	0.050	194.115	44	0.891	0.2	47.045	34
84.2	4,255	0.050	200.437	44	0.891	0.2	47.045	37
86.8	4,255	0.050	206.636	44	0.891	0.2	47.045	40
89.5	4,255	0.050	213.027	44	0.891	0.2	47.045	42
92.2	4,255	0.050	219.616	44	0.891	0.2	47.045	45
95.1	4,255	0.050	226.408	44	0.891	0.2	47.045	48
98.0	4,255	0.050	233.410	44	0.891	0.2	47.045	51
101.1	4,255	0.050	240.628	44	0.891	0.2	47.045	54
104.2	4,255	0.050	248.072	44	0.891	0.2	47.045	57
107.4	4,255	0.050	255.744	44	0.891	0.2	47.045	60
110.7	4,255	0.050	263.653	44	0.891	0.2	47.045	64
114.2	4,255	0.050	271.807	44	0.891	0.2	47.045	67
117.7	4,255	0.050	280.213	44	0.891	0.2	47.045	71
121.2	4,255	0.050	288.620	44	0.891	0.2	47.045	74
124.9	4,255	0.050	297.350	44	0.891	0.2	47.045	4,208
133.0	5,784	0.682	4,318.580	526	0.891	0.2	562.399	5,222
87	86,778	1.000	4,132.286	526	0.891	0.2	562.399	86,216
73	72,701	1.000	3,461.952	526	0.891	0.2	562.399	72,139
62	61,711	1.000	2,938.619	526	0.891	0.2	562.399	61,149
53	52,979	1.000	2,522.810	526	0.891	0.2	562.399	52,417
46	45,943	1.000	2,187.762	526	0.891	0.2	562.399	45,381
40	40,192	1.000	1,913.905	526	0.891	0.2	562.399	39,630
35	35,447	1.000	1,687.952	526	0.891	0.2	562.399	34,885
31	31,447	1.000	1,497.476	526	0.891	0.2	562.399	30,885
26	25,737	1.000	1,225.571	482	0.891	0.2	515.354	25,222
2,114.601	522,544						6,283	458,095

- Harga Kredit Karbon >>> Harga kredit karbon di pasaran saat penandatanganan kontrak
- Depresiasi >>> Ditetapkan sebesar 50% dalam jangka waktu 9 tahun.
- Investasi Awal Konstruksi >>> Nilai Investasi untuk membuat infrastruktur CDM. Dieksekusi dalam mata uang rupiah, disetor secara sekaligus (lump sum). Diperlakukan sebagai modal dan diasumsikan memiliki Biaya Modal (Cost of Capital) sebesar 10%.
- Pendapatan Kotor Bisnis >>> Pendapatan bisnis sebelum dikurangi biaya operasional.
- Biaya Operasional >>> Biaya Operasional Mesin, komponen utamanya adalah biaya gaji pegawai yang diasumsikan tidak mengalami kenaikan selama 9 tahun kedepan.

Secara terperinci terangkum dalam tabel berikut:

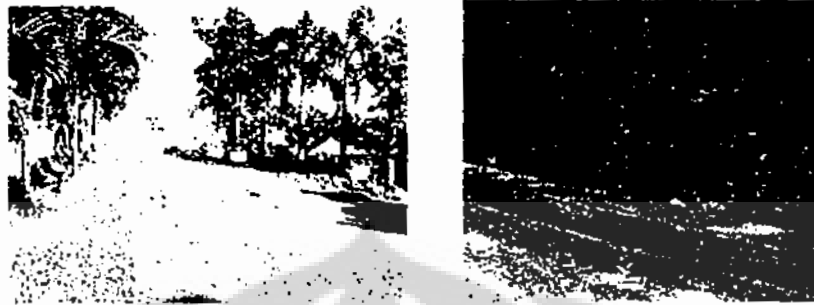
Item	Jumlah	Biaya/orang/bin	Total Biaya/tahun
	(Orang)	(Rupiah)	(Rupiah)
Gaji Pegawai			
General Manager	1	4,500,000	54,000,000
Engineer	1	2,430,000	29,160,000
Operator	2	1,710,000	41,040,000
Pekerja Utilitas	2	1,305,000	31,320,000
Manajer Keuangan	1	1,980,000	23,760,000
Sekuriti	4	1,170,000	56,160,000
Asisten Bisnis	2	1,440,000	34,560,000
Total	13		270,000,000

- Biaya Depresiasi >>> Biaya depresiasi dihitung menggunakan metode depresiasi straight line (garis lurus), sehingga pembebanan biaya tiap tahunnya menjadi berjumlah tetap hingga akhir periode depresiasi.
- Pendapatan Bisnis Bersih >>> Pendapatan kotor dikurangi dengan Total biaya bisnis.
- Nett Present Value (NPV) >>> NPV positif menunjukkan bahwa Proyek ini layak untuk dieksekusi, karena nilai potensi keuntungannya lebih tinggi daripada nilai biaya modalnya (Cost of Capital).
- Internal Rate of Return (IRR) >>> IRR menunjukkan predikisi tingkat pengembalian modal dari proyek ini, dan bila nilai NPV positif maka IRR pasti lebih tinggi daripada Cost of Capital, oleh karena itu proyek tersebut menguntungkan dan layak dieksekusi.
- >>> Bila CoC tidak diketahui, maka untuk mengetahui kelayakan proyek dapat juga dengan cara membandingkan nilai IRR dengan tingkat bunga deposito yang berlaku saat ini.
- >>> Bila IRR proyek lebih tinggi daripada tingkat bunga deposito tersebut, maka proyek layak untuk dieksekusi.
- >>> Jika sebaliknya, maka proyek ini kurang layak sebagai sarana investasi karena tingkat pengembalannya yang masih lebih rendah dibandingkan berinvestasi di deposito.

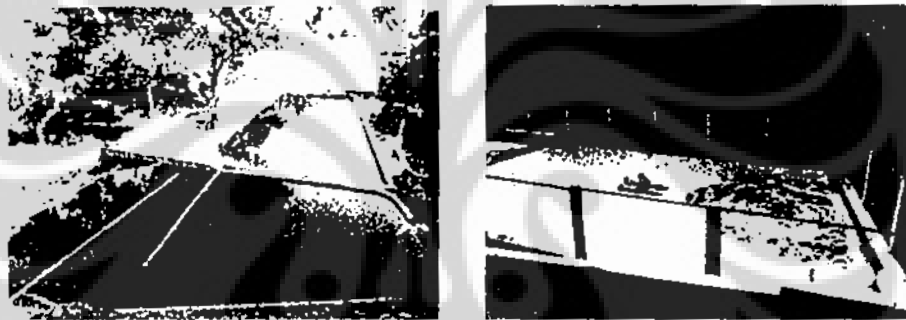
Lampiran 6. Dokumentasi Kegiatan Wawancara



Lampiran 7. Dokumentasi TPA Piyungan



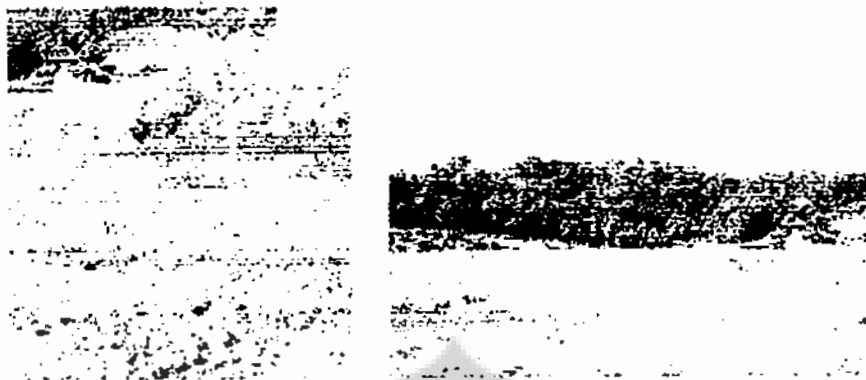
Gambar 1. Jalan Lokasi dan Drainase TPA Piyungan



Gambar 2. Kolam Pengolahan Lindi TPA Piyungan)



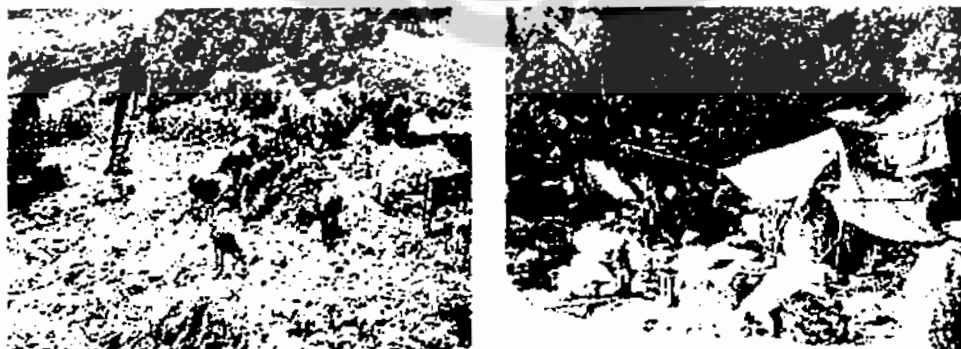
Gambar 3. Fasilitas Pendukung TPA Piyungan



Gambar 4. Pipa Gas TPA Piyungan



Gambar 5. Rumah Masyarakat dan Pengepul TPA Piyungan



Gambar 6. Zona Aktif dan Pemulung TPA Piyungan

Lampiran 8. Daftar Informan

No	Nama	Instansi	Jabatan
1	Fery Anggoro	Sekber Kartamantul	Office manager
2	Sumartinah	PPLH Regional Jawa	Kasubid Pengelolaan Limbah B3
3	Setyo Winarso	PPLH Regional Jawa	Kabid PP & PLB3
4	Sugeng W	PPLH Regional Jawa	Kasubid Pengendalian Pencemaran
5	Faizah, S.Si, M.Si	BLH Kota Yogyakarta	Kasubid Daur Ulang Sampah
6	Sugeng Riyanto, ST, MM	Kantor lingkungan Hidup Kab Sleman	Kasi Pengendalian Pencemaran Lingkungan
7	Antoni Hutagaol, ST	BLH Kab Bantul	Kasubid Pengendalian Kerusakan Lingkungan Hidup
8	Sudarmanto	Dinas PU Kab Bantul	Petugas Operasional
9	Hengky Sutanto	BPPT	
10	Haneda	KLH	Kasubid Mitigasi perubahan iklim
11	Mori Sueo	Shimizu Cooperation	
12	Agus	BLH Kota Yogyakarta	Kabid Sampah
13	Irhan	BPPT	

DATA PENGEPUK DAN PEMULUNG DI TPA SAMPAH PIYUNGAN

No	Koordinator/Pengepuk	Data Pemulung			
		No	Nama	Jenis Kel	Umur
I	DALWANTO	1	Jumakir	L	40
		2	Wagiyah	P	30
		3	Sariyem	P	27
		4	Suroso	L	35
		5	Ponijan	P	40
		6	Dodi	L	20
		7	Ny. Kirno	P	40
		8	Sukimah	P	35
		9	Nur'amin	L	12
		10	Poniran	P	25
		11	Daliyem	P	23
		12	Sunar	P	26
		13	Mismini	P	27
		14	Slamet	L	17
		15	Ponijan	L	17
		16	Sumaryono	L	15
		17	Jumadi	L	15
		18	Adi Utomo	L	40
		19	Tugiman	L	17
		20	Ngatinah	P	37
		21	Walmad	L	37
		22	Surtini	P	37
		23	Sumirah	P	40
		24	Sumini	P	28
		25	Juminten	P	29
		26	Sihono	L	29

		27	Giyono	L	45
		28	Samin	L	12
		29	Yanti R	P	17
		30	Mbah Sardi U	P	46
		31	Mbah Sumo	P	60
		32	Suharjo	L	60
		33	Sugiyanto	L	47
		34	Sobirin	L	23
		35	Damad	L	45
		36	Ngadiyono	L	24
		37	Ponijan	L	21
II	PONIRAN	1	Maryono	L	30
		2	Ny. Hernikem	P	32
		3	Ny. Suyatmi H	P	30
		4	Ny. Mardi U	P	40
		5	Warsiyah	P	40
		6	Winarto	L	40
		7	Lastri Ariani	P	40
		8	Lastri Buwono	P	14
		9	Waljuni	L	18
		10	Lanjar	L	50
		11	Jumiyem	P	40
		12	Tumi	P	35
		13	Triyono	L	29
		14	Poniran	L	40
		15	Lasiyem	P	35
		16	Sartiyah	P	40
		17	Budi	L	12
		18	Ngatno	L	13

		19	Suhardi	L	27
		20	Miyadi	L	57
		21	Watik	L	50
		22	Icuk	L	50
III	GIYANTO	1	Kasidin	L	29
		2	Yatmorejo	L	30
		3	Ny. Yatmorejo	P	49
		4	Santoso	L	32
		5	Harto	L	40
		6	Ny. Harto	P	35
		7	Sukinem	P	37
		8	Gunadi	L	46
		9	Ny. Gunadi	P	45
		10	Jumeno	L	40
		11	Giyanto	L	18
		12	Sarto	L	42
		13	Ny. Sarto	P	40
		14	Mardi	L	35
		15	Sipin	L	39
		16	Parlan	L	33
		17	Ibu Sarto	P	40
		18	Ibu Tasmo	P	45
IV	SODRIAN	1	Buang	L	25
		2	Imam	L	25
		3	Sokiman	L	25
		4	Slamet	L	21
		5	Ngasiran	L	25
		6	Ngadiyem	P	22
		7	Suprpto	L	20

		8	Poniyem	P	40
		9	Mbah Wiryo	L	60
		10	Mbah Yan	P	56
		11	Prajiman	L	15
		12	Suwiryo	L	42
		13	Ny. Suwiryo	P	40
V	NGATINO	1	Mbah Is	P	52
		2	Sardi	L	35
		3	Wasiman	L	35
		4	Sudis	L	40
		5	Mbah Mudi	P	50
		6	Karto	L	60
		7	Budi	L	40
		8	Ranu	L	40
		9	Sukin	L	40
		10	Tumijem	P	37
		11	Jani	P	41
		12	Jiman	L	38

Lampiran 9. Panduan Wawancara (Pemerintah)

Nama :

Instansi :

Jabatan :

Lama Bekerja :

1. Menurut saudara bagaimana kondisi persampahan di kota saudara?
2. Alasan saudara?
3. Pengolahan seperti apa yang menurut saudara, dapat memperbaiki manajemen persampahan di kota saudara?
4. Mengapa saudara memilih pengolahan tersebut?
5. Apakah saudara mengetahui bahwa pengelolaan sampah yang kurang baik dapat berkontribusi terhadap pemanasan global?
6. Apakah anda juga mengetahui, bahwa gas metan yang dihasilkan dari tumpukan sampah di TPA, merupakan gas rumah kaca?
7. Menurut saudara bagaimana mengatasi hal tersebut?
8. Bagaimana dengan mekanisme penghancuran gas metan dengan LFG (*Landfill Gas Flaring*)?
9. Apakah anda mengetahui perdagangan karbon melalui mekanisme pembangunan bersih?
10. Bagaimana menurut anda jika mekanisme *Clean Development Mechanism* diimplementasikan untuk mereduksi gas metan di TPA Piyungan? Gas metan merupakan salah satu gas rumah kaca yang daya rusaknya 21 kali lipat dibandingkan CO₂
11. Jika ya, bagaimana peranan CDM dalam pengelolaan persampahan di Kota anda? Apakah membantu dalam kinerja Pemerintah jika diterapkan?
12. Jika tidak, alternatif apa yang menurut anda lebih baik?
13. Bagaimana menurut anda mengenai peranan CDM dalam pemasukan daerah?
14. Masukan saudara dalam hal pembiayaan implementasi reduksi emisi metan dengan *landfill gas flaring*?
15. Masukan saudara dalam hal pengelolaan sampah di kota anda?
16. Bagaimana implementasi reduksi emisi metan dengan *landfill gas flaring* yang telah diimplementasikan di kota anda?
17. Apakah selama ini berjalan dengan baik?
18. Apa saja kendala selama ini?

19. Seberapa besar biaya investasi yang telah dikeluarkan?
20. Seberapa besar biaya operasional yang telah dikeluarkan?
21. Seberapa besar pemasukan yang telah didapatkan dari penghancuran metan?
22. Hal-hal apa sajakah yang dapat dijadikan masukan untuk mengimplementasikan reduksi emisi metan dengan *landfill gas flaring*?

Panduan Wawancara (Masyarakat)

Nama :

Alamat :

Lama Tinggal :

1. Menurut saudara bagaimana kondisi persampahan di daerah saudara? Mengapa?
2. Apa saja masalah-masalah yang ada?
3. Menurut saudara seperti apa seharusnya pengelolaan sampah di daerah saudara? Mengapa?
4. Bagaimana jika salah satu cara pengelolaan sampah dengan sampah dijadikan listrik?
5. Apakah anda setuju dengan cara tersebut? Mengapa?
6. Bagaimana jika masyarakat diikutkan? Bagaimana tanggapan saudara?
7. Menurut anda cara-cara yang bagaimana agar masyarakat dapat berpartisipasi?
8. Apa saja masukan saudara untuk memperbaiki kondisi sampah di daerah saudara?
9. Bagaimana peranan CDM selama ini di daerah saudara?
10. Bagaimana peranan CDM dalam membantu masyarakat di daerah saudara?
11. Apa saja kendala-kendala yang ada selama ini?
12. Apa saja masukan saudara ?
13. Selain mengepul/memulung, pekerjaan apa yang anda tekuni?
14. Penghasilan anda yang berasal dari hasil mengepul/memulung?



Intergovernmental Panel on Climate Change



2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

Volume 5

Waste

Edited by Simon Eggleston, Leandro Buendia,
Kyoko Miwa, Todd Ngara and Kiyoto Tanabe



IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme

IGES

A report prepared by the Task Force on National Greenhouse Gas Inventories (TFI) of the IPCC and accepted by the Panel but not approved in detail

Whilst the information in this IPCC Report is believed to be true and accurate at the date of going to press, neither the authors nor the publishers can accept any legal responsibility or liability for any errors or omissions. Neither the authors nor the publishers have any responsibility for the persistence of any URLs referred to in this report and cannot guarantee that any content of such web sites is or will remain accurate or appropriate.



Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan on behalf of the IPCC

© The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006.

When using the guidelines please cite as:

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 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 National Greenhouse Gas Inventories Programme
Technical Support Unit

% Institute for Global Environmental Strategies
2108-11, Kamiyamaguchi
Hayama, Kanagawa
JAPAN, 240-0115

Fax: (81 46) 855 3808
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>

Printed in Japan

ISBN 4-88788-032-4

VOLUME 5

WASTE



Coordinating Lead Authors

Riitta Pipatti (Finland) and Sonia Maria Manso Vieira (Brazil)

Review Editors

Dina Kruger (USA) and Kirit Parikh (India)

CHAPTER 3

SOLID WASTE DISPOSAL



EQUATION 3.2
DECOMPOSABLE DOC FROM WASTE DISPOSAL DATA

$$DDOCm = W \cdot DOC \cdot DOC_f \cdot MCF$$

Where:

- DDOCm = mass of decomposable DOC deposited, Gg
 W = mass of waste deposited, Gg
 DOC = degradable organic carbon in the year of deposition, fraction, Gg C/Gg waste
 DOC_f = fraction of DOC that can decompose (fraction)
 MCF = CH₄ correction factor for aerobic decomposition in the year of deposition (fraction)

Although CH₄ generation potential (L_0)² is not used explicitly in these *Guidelines*, it equals the product of DDOCm, the CH₄ concentration in the gas (F) and the molecular weight ratio of CH₄ and C (16/12).

EQUATION 3.3
TRANSFORMATION FROM DDOCm TO L₀

$$L_0 = DDOCm \cdot F \cdot 16/12$$

Where:

- L₀ = CH₄ generation potential, Gg CH₄
 DDOCm = mass of decomposable DOC, Gg
 F = fraction of CH₄ in generated landfill gas (volume fraction)
 16/12 = molecular weight ratio CH₄/C (ratio)

Using DDOCma (DDOCm accumulated in the SWDS) from the spreadsheets, the above equation can be used to calculate the total CH₄ generation potential of the waste remaining in the SWDS.

FIRST ORDER DECAY BASICS

With a first order reaction, the amount of product is always proportional to the amount of reactive material. This means that the year in which the waste material was deposited in the SWDS is irrelevant to the amount of CH₄ generated each year. It is only the total mass of decomposing material currently in the site that matters.

This also means that when we know the amount of decomposing material in the SWDS at the start of the year, every year can be regarded as year number 1 in the estimation method, and the basic first order calculations can be done by these two simple equations, with the decay reaction beginning on the 1st of January the year after deposition.

EQUATION 3.4
DDOCm ACCUMULATED IN THE SWDS AT THE END OF YEAR T

$$DDOCma_T = DDOCmd_T + (DDOCma_{T-1} \cdot e^{-k})$$

EQUATION 3.5
DDOCm DECOMPOSED AT THE END OF YEAR T

$$DDOCm_{decomp_T} = DDOCma_{T-1} \cdot (1 - e^{-k})$$

² In the 2006 *Guidelines* L_0 (Gg CH₄ generated) is estimated from the amount of decomposable DOC in the SWDS. The equation in *GPG2000* is different as L_0 is estimated as Gg CH₄ per Gg waste disposed, and the emissions are obtained by multiplying with the mass disposed.

3.2.1.1 FIRST ORDER DECAY (FOD)

METHANE EMISSIONS

The CH₄ emissions from solid waste disposal for a single year can be estimated using Equations 3.1. CH₄ is generated as a result of degradation of organic material under anaerobic conditions. Part of the CH₄ generated is oxidised in the cover of the SWDS, or can be recovered for energy or flaring. The CH₄ actually emitted from the SWDS will hence be smaller than the amount generated.

EQUATION 3.1
CH₄ EMISSION FROM SWDS

$$CH_4 \text{ Emissions} = \left[\sum_x CH_4 \text{ generated}_{x,T} - R_T \right] \cdot (1 - OX_T)$$

Where:

CH ₄ Emissions	=	CH ₄ emitted in year T, Gg
T	=	inventory year
x	=	waste category or type/material
R _T	=	recovered CH ₄ in year T, Gg
OX _T	=	oxidation factor in year T, (fraction)

The CH₄ recovered must be subtracted from the amount CH₄ generated. Only the fraction of CH₄ that is not recovered will be subject to oxidation in the SWDS cover layer.

METHANE GENERATION

The CH₄ generation potential of the waste that is disposed in a certain year will decrease gradually throughout the following decades. In this process, the release of CH₄ from this specific amount of waste decreases gradually. The FOD model is built on an exponential factor that describes the fraction of degradable material which each year is degraded into CH₄ and CO₂.

One key input in the model is the amount of degradable organic matter (DOC_m) in waste disposed into SWDS. This is estimated based on information on disposal of different waste categories (municipal solid waste (MSW), sludge, industrial and other waste) and the different waste types/material (food, paper, wood, textiles, etc.) included in these categories, or alternatively as mean DOC_m in bulk waste disposed. Information is also needed on the types of SWDS in the country and the parameters described in Section 3.2.3. For Tier 1, default regional activity data and default IPCC parameters can be used and these are included in the spreadsheet model. Tiers 2 and 3 require country-specific activity data and/or country-specific parameters.

The equations for estimating the CH₄ generation are given below. As the mathematics are the same for estimating the CH₄ emissions from all waste categories/waste types/materials, no indexing referring to the different categories/waste materials/types is used in the equations below.

The CH₄ potential that is generated throughout the years can be estimated on the basis of the amounts and composition of the waste disposed into SWDS and the waste management practices at the disposal sites. The basis for the calculation is the amount of Decomposable Degradable Organic Carbon (DDOC_m) as defined in Equation 3.2. DDOC_m is the part of the organic carbon that will degrade under the anaerobic conditions in SWDS. It is used in the equations and spreadsheet models as DDOC_m. The index *m* is used for mass. DDOC_m equals the product of the waste amount (*W*), the fraction of degradable organic carbon in the waste (DOC), the fraction of the degradable organic carbon that decomposes under anaerobic conditions (DOC_f), and the part of the waste that will decompose under aerobic conditions (prior to the conditions becoming anaerobic) in the SWDS, which is interpreted with the methane correction factor (MCF).

outputs. For example, changes in waste management, such as bans to dispose food waste or degradable organic materials, can result in rapid changes in the composition of waste disposed in SWDS.

Both options can be used for estimating the carbon in harvested wood products (HWP) that is long-term stored in SWDS (see Volume 4, Chapter 12, Harvested Wood Products). If no national data are available on bulk waste, it is *good practice* to use the waste composition option in the spreadsheets, using the provided IPCC default data for waste composition.

In the spreadsheet model, separate values for DOC and the decay half-life may be entered for each waste category and in the waste composition option also for each waste type/material. The decay half-life can also be assumed to be the same for all waste categories and/or waste types. The first approach assumes that decomposition of different waste types/materials in a SWDS is completely independent of each other; the second approach assumes that decomposition of all types of waste is completely dependent on each other. At the time of writing these *Guidelines*, no evidence exists that one approach is better than the other (see Section 3.2.3, Half-life).

The spreadsheet calculates the amount of CH₄ generated from each waste component on a different worksheet. The methane correction factor (MCF – see Section 3.2.3) is entered as a weighted average for all disposal sites in the country. MCF may vary by time to take account of changes in waste management practices (such as a move towards more managed SWDS or deeper sites). Finally, the amount of CH₄ generated from each waste category and type/material is summed, and the amounts of CH₄ recovered and oxidised in the cover material are subtracted (if applicable), to give an estimate of total CH₄ emissions. For the bulk waste option, DOC can be a weighted average for MSW.

The spreadsheet model is most useful to Tier 1 methods, but can be adapted for use with all tiers. For Tier 1 the spreadsheets can estimate the activity data from population data and disposal data per capita (for MSW) and GDP (industrial waste), see Section 3.2.2 for additional guidance. When Tier 2 and 3 approaches are used, countries can extend the spreadsheet model to meet their own demands, or create their own models. The spreadsheet model can be extended with more sheets to calculate the CH₄ emissions if needed. MCF, OX and DOC for bulk waste can be made to vary over time. The same can easily be done to other parameters like DOC_c. New half-lives will require new CH₄ calculating sheets. Countries with good data on industrial waste can add new CH₄ calculating sheets and calculate the CH₄ emissions separately for different types of industrial waste. When the spreadsheet model is modified or country-specific models are used, key assumptions and parameters should be transparently documented. Details on how to use the spreadsheet model can be found in the instructions spreadsheet.

The model can be copied from the *2006 Guidelines* CDROM or downloaded from the IPCC NGGIP website < <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/> >.

Modelling different geographical or climate regions

It is possible to estimate CH₄ generation in different geographical regions of the country. For example, if the country contains a hot and wet region and a hot and dry region, the decay rates will be different in each region.

Dealing with different waste categories

Some users may find that their national waste statistics do not match the categories used in the model (food, garden and park waste, paper and cardboard, textiles and others as well as industrial waste). Where this is the case, the spreadsheet model will need to be modified to correspond to categorisation used by the country, or country-specific waste types will need to be re-classified into the IPCC categories. For example, clothes, curtain, and rugs are included in textiles, kitchen waste is similar to food waste, and straw and bamboo are similar to wood. The national statistics may contain a category called street sweepings. The user should estimate the composition of this waste. For example, it may be 50 percent inert material, 10 percent food, 30 percent paper and 10 percent garden and park waste. The street sweepings category can then be divided into these IPCC categories and added on to the waste already in these categories. In a similar manner, furniture can be divided into wood, plastic or metal waste, and electronics to metal, plastic and glass waste. This can all be done in a separate worksheet set up by the inventory compiler.

Adjusting waste composition at generation to waste composition at SWDS

The user should establish whether national waste composition statistics refer to the composition of waste generated or waste received at SWDS. The default waste composition statistics presented here are the composition of waste generated, not waste sent to SWDS. The composition should therefore be adjusted if necessary to take account of the impact of recycling or composting activities on the composition of the waste sent to SWDS. This could be best done in a separate spreadsheet set up by the inventory compiler, to estimate

Where:

- T = inventory year
- DDOCma_T = DDOCm accumulated in the SWDS at the end of year T, Gg
- DDOCma_{T-1} = DDOCm accumulated in the SWDS at the end of year (T-1), Gg
- DDOCmd_T = DDOCm deposited into the SWDS in year T, Gg
- DDOCm decomp_T = DDOCm decomposed in the SWDS in year T, Gg
- k = reaction constant, $k = \ln(2)/t_{1/2}$ (y⁻¹)
- t_{1/2} = half-life time (y)

The method can be adjusted for reaction start dates earlier than 1st of January in the year after deposition. Equations and explanations can be found in Annex 3A.1.

CH₄ generated from decomposable DDOCm

The amount of CH₄ formed from decomposable material is found by multiplying the CH₄ fraction in generated landfill gas and the CH₄/C molecular weight ratio.

EQUATION 3.6
CH₄ GENERATED FROM DECAYED DDOCm
 $CH_4 \text{ generated}_T = DDOCm \text{ decomp}_T \cdot F \cdot 16/12$

Where:

- CH₄ generated_T = amount of CH₄ generated from decomposable material
- DDOCm decomp_T = DDOCm decomposed in year T, Gg
- F = fraction of CH₄, by volume, in generated landfill gas (fraction)
- 16/12 = molecular weight ratio CH₄/C (ratio)

Further background details on the FOD, and an explanation of differences with the approaches in previous versions of the guidance (IPCC, 1997; IPCC, 2000), are given in Annex 3A.1.

SIMPLE FOD SPREADSHEET MODEL

The simple FOD spreadsheet model () has been developed on the basis of Equations 3.4 and 3.5 shown above. The spreadsheet keeps a running total of the amount of decomposable DOC in the disposal site, taking account of the amount deposited each year and the amount remaining from previous years. This is used to calculate the amount of DOC decomposing to CH₄ and CO₂ each year.

The spreadsheet also allows users to define a time delay between deposition of the waste and the start of CH₄ generation. This represents the time taken for substantial CH₄ to be generated from the disposed waste (see Section 3.2.3 and Annex 3A.1).

The model then calculates the amount of CH₄ generated from the DDOCm, and subtracts the CH₄ recovered and CH₄ oxidised in the cover material (see Annex 3A.1 for equations) to give the amount of CH₄ emitted.

The *IPCC Waste Model* provides two options for the estimation of the emissions from MSW, that can be chosen depending on the available activity data. The first option is a multi-phase model based on waste composition data. The amounts of each type of degradable waste material (food, garden and park waste³, paper and cardboard, wood, textiles, etc.) in MSW are entered separately. The second option is single-phase model based on bulk waste (MSW). Emissions from industrial waste and sludge are estimated in a similar way as for bulk MSW. Countries that choose to use the spreadsheet model may use either the waste composition or the bulk waste option, depending on the level of data available. When waste composition is relatively stable, both options give similar results. However when rapid changes in waste composition occur, options might give different

³ 'garden waste' may also be called 'yard waste' in US English.

3.2.3 Choice of emission factors and parameters

DEGRADABLE ORGANIC CARBON (DOC)

Degradable organic carbon (DOC) is the organic carbon in waste that is accessible to biochemical decomposition, and should be expressed as Gg C per Gg waste. The DOC in bulk waste is estimated based on the composition of waste and can be calculated from a weighted average of the degradable carbon content of various components (waste types/material) of the waste stream. The following equation estimates DOC using default carbon content values:

EQUATION 3.7
ESTIMATES DOC USING DEFAULT CARBON CONTENT VALUES

$$DOC = \sum_i (DOC_i \cdot W_i)$$

Where:

- DOC = fraction of degradable organic carbon in bulk waste, Gg C/Gg waste
- DOC_{*i*} = fraction of degradable organic carbon in waste type *i*
e.g., the default value for paper is 0.4 (wet weight basis)
- W_{*i*} = fraction of waste type *i* by waste category
e.g., the default value for paper in MSW in Eastern Asia is 0.188 (wet weight basis)

The default DOC values for these fractions for MSW can be found in Table 2.4 and for industrial waste by industry in Table 2.5 in Chapter 2 of this Volume. A similar approach can be used to estimate the DOC content in total waste disposed in the country. In the spreadsheet model, the estimation of the DOC in MSW is needed only for the *bulk waste option*, and is the average DOC for the MSW disposed in the SWDS, including inert materials.

The inert part of the waste (glass, plastics, metals and other non-degradable waste, see defaults in Table 2.3 in Chapter 2.) is important when estimating the total amount of DOC in MSW. Therefore it is advised not to use IPCC default waste composition data together with country-specific MSW disposal data, without checking that the inert part is close to the inert part in the IPCC default data.

The use of country-specific values is encouraged if data are available. Country-specific values can be obtained by performing waste generation studies, sampling at SWDS combined with analysis of the degradable carbon content within the country. If national values are used, survey data and sampling results should be reported (see also Section 3.2.2 for activity data and Section 3.8 for reporting).

FRACTION OF DEGRADABLE ORGANIC CARBON WHICH DECOMPOSES (DOC_{*r*})

Fraction of degradable organic carbon which decomposes (DOC_{*r*}) is an estimate of the fraction of carbon that is ultimately degraded and released from SWDS, and reflects the fact that some degradable organic carbon does not degrade, or degrades very slowly, under anaerobic conditions in the SWDS. The recommended default value for DOC_{*r*} is 0.5 (under the assumption that the SWDS environment is anaerobic and the DOC values include lignin, see Table 2.4 in Chapter 2 for default DOC values) (Oonk and Boom, 1995; Bogner and Matthews, 2003). DOC_{*r*} value is dependent on many factors like temperature, moisture, pH, composition of waste, etc. National values for DOC_{*r*} or values from similar countries can be used for DOC_{*r*}, but they should be based on well-documented research.

The amount of DOC leached from the SWDS is not considered in the estimation of DOC_{*r*}. Generally the amounts of DOC lost with the leachate are less than 1 percent and can be neglected in the calculations⁵.

Higher tier methodologies (Tier 2 or 3) can also use separate DOC_{*r*} values defined for specific waste types. There is some literature giving information about anaerobic degradability (DOC_{*r*}) for material types (Barlaz,

⁵ In countries with high precipitation rates the amount of DOC lost through leaching may be higher. In Japan, where the precipitation is high, SWDS with high penetration rate, have been found to leach significant amounts of DOC (sometimes more than 10 percent of the carbon in the SWDS) (Matsufuji *et al.*, 1996).

the amounts of each waste material generated, then subtract estimates of the amount of each waste material recycled, incinerated or composted, and work out the new composition of the residual waste sent to SWDS.

Open burning of waste at SWDS

Open burning at SWDS is common in many developing countries. The amount of waste (and DDOC_m) available for decay at SWDS should be adjusted to the amount burned. Chapter 5 provides methods how to estimate the amount of waste burned. The estimation of emissions from SWDS should be consistent with estimates for open burning of waste at the disposal sites.

3.2.2 Choice of activity data

Activity data consist of the waste generation for bulk waste or by waste component and the fraction of waste disposed to SWDS. Waste generation is the product of the per capita waste generation rate (tonnes/capita/yr) for each component and population (capita). Chapter 2 gives guidance on the collection of data on waste generation and waste composition as well as waste management practices. Regional default values for MSW can be found in Table 2.1 for the generation rate and the fraction disposed in SWDS, and Table 2.3 for the waste composition. For industrial waste default data can be found in Table 2.2. To achieve accurate emission estimates in national inventories it is usually necessary to include data on solid waste disposal (amount, composition) for 3 to 5 half-lives (see Section 3.2.3) of the waste deposited at the SWDS, and specifications of different half-lives for different components of the waste stream or for bulk waste by SWDS type (IPCC, 2000). Changes in waste management practices (e.g., site covering/capping, leachate drainage improvement, compacting, and prohibition of hazardous waste disposal together with MSW) should also be taken into account when compiling historical data.

The FOD methods require data on solid waste disposal (amounts and composition) that are collected by default for 50 years. Countries that do not have historical statistical data, or equivalent data on solid waste disposal that go back for the whole period of 50 years or more will need to estimate these data using surrogates (extrapolation with population, economic or other drivers). The choice of the method will depend on the availability of data in the country.

For countries using default data on MSW disposal on land, or for countries whose own data do not cover the past 50 years, the missing historical data can be estimated to be proportional to urban population⁴ (or total population when historical data on urban population are not available, or in cases where waste collection covers the whole population). For countries having national data on MSW generation, management practices and composition over a period of years (Tier 2 FOD), analyses on the drivers for solid waste disposal are encouraged. The historical data could be proportional to economic indicators, or combinations of population and economic indicators. Trend extrapolation could also produce good results. Waste management policies to reduce waste generation and to promote alternatives to solid waste disposal should be taken into account in the analyses. Data on industrial production (amount or value of production, preferably by industry type, depending on availability of data) are recommended as surrogate for the estimation of disposal of industrial waste (Tier 2). When production data are not available, historical disposal of industrial waste can be estimated proportional to GDP or other economic indicators. GDP is used as the driver in the Tier 1 method.

Historical data on urban population (or total population), GDP (or other economic indicators) and statistics in industrial production can be obtained from national statistics. International databases can help when national data are not available, for example:

- Population data (1950 onwards with five-year intervals) can be found in UN Statistics (see <http://esa.un.org/unpp/>).
- GDP data (1970 onwards, annual data at current prices in national currency) can be found in UN Statistics (see <http://unstats.un.org/unsd/snaama/selectionbasicFast.asp>).

For those years data are not available interpolation or extrapolation can be used.

Alternative methods have been put forward in literature and can be used when they can be shown to give better estimates than the above-mentioned default methods.

The choice of method and surrogate, and the reasoning behind the choice, should be documented transparently in the inventory report. The use of surrogate methods, interpolation and extrapolation as means to derive missing data is described in more detail in Chapter 6, Time Series Consistency, in Volume 1.

⁴ The choice between urban population and total population should be guided by the coverage of waste collection. When data on coverage of waste collection is not available, the recommendation is to use urban population as the driver.

FRACTION OF CH₄ IN GENERATED LANDFILL GAS (F)

Most waste in SWDS generates a gas with approximately 50 percent CH₄. Only material including substantial amounts of fat or oil can generate gas with substantially more than 50 percent CH₄. The use of the IPCC default value for the fraction of CH₄ in landfill gas (0.5) is therefore encouraged.

The fraction of CH₄ in generated landfill gas should not be confused with measured CH₄ in gas emitted from the SWDS. In the SWDS, CO₂ is absorbed in seepage water, and the neutral condition of the SWDS transforms much of the absorbed CO₂ to bicarbonate. Therefore, it is *good practice* to adjust for the CO₂ absorption in seepage water, if the fraction of CH₄ in landfill gas is based on measurements of CH₄ concentrations measured in landfill gas emitted from the SWDS (Bergman, 1995; Kämpfer and Weissenfels, 2001; IPCC, 1997).

OXIDATION FACTOR (OX)

The oxidation factor (OX) reflects the amount of CH₄ from SWDS that is oxidised in the soil or other material covering the waste.

CH₄ oxidation is by methanotrophic micro-organisms in cover soils and can range from negligible to 100 percent of internally produced CH₄. The thickness, physical properties and moisture content of cover soils directly affect CH₄ oxidation (Bogner and Matthews, 2003).

Studies show that sanitary, well-managed SWDS tend to have higher oxidation rates than unmanaged dump sites. The oxidation factor at sites covered with thick and well-aerated material may differ significantly from sites with no cover or where large amounts of CH₄ can escape through cracks/fissures in the cover.

Field and laboratory CH₄ and CO₂ emission concentrations and flux measurements that determine CH₄ oxidation from uniform and homogeneous soil layers should not be used directly to determine the oxidation factor, since in reality, only a fraction of the CH₄ generated will diffuse through such a homogeneous layer. Another fraction will escape through cracks/fissures or via lateral diffusion without being oxidised. Therefore, unless the spatial extent of measurements is wide enough and cracks/fissures are explicitly included, results from field and laboratory studies may lead to over-estimation of oxidation in SWDS cover soils.

The default value for oxidation factor is zero. See Table 3.2. The use of the oxidation value of 0.1 is justified for covered, well-managed SWDS to estimate both diffusion through the cap and escape by cracks/fissures. The use of an oxidation value higher than 0.1, should be clearly documented, referenced, and supported by data relevant to national circumstances. It is important to remember that any CH₄ that is recovered must be subtracted from the amount generated before applying an oxidation factor.

TABLE 3.2
OXIDATION FACTOR (OX) FOR SWDS

Type of Site	Oxidation Factor (OX) Default Values
Managed ¹ , unmanaged and uncategorised SWDS	0
Managed covered with CH ₄ oxidising material ²	0.1

¹ Managed but not covered with aerated material
² Examples: soil, compost

HALF-LIFE

The half-life value, $t_{1/2}$ is the time taken for the DOC_m in waste to decay to half its initial mass. In the FOID model and in the equations in this Volume, the reaction constant k is used. The relationship between k and $t_{1/2}$ is: $k = \ln(2)/t_{1/2}$. The half-life is affected by a wide variety of factors related with the composition of the waste, climatic conditions at the site where the SWDS is located, characteristics of the SWDS, waste disposal practices and others (Pelt *et al.*, 1998; Environment Canada, 2003).

The half-life value applicable to any single SWDS is determined by a large number of factors associated with the composition of the waste and the conditions at the site. Recent studies have provided more data on half-lives

2004; Micales & Skog, 1997; US EPA, 2002, Gardner *et al.*, 2002). The reported degradabilities especially for wood, vary over a wide range and is yet quite inconclusive. They may also vary with tree species. Separate DOC_f values for specific waste types imply the assumption that degradation of different types of waste is independent of each other. As discussed further, below under Half-Life, scientific knowledge at the moment of writing these *Guidelines* is not yet conclusive on this aspect.

Hence the use of waste type specific values for DOC_f can introduce additional uncertainty to the estimates in cases where the data on waste composition are based on default values, modelling or estimates based on expert judgement. Therefore, it is *good practice* to use DOC_f values specific to waste types only when waste composition data are based on representative sampling and analyses.

METHANE CORRECTION FACTOR (MCF)⁶

Waste disposal practices vary in the control, placement of waste and management of the site. The CH_4 correction factor (MCF) accounts for the fact that unmanaged SWDS produce less CH_4 from a given amount of waste than anaerobic managed SWDS. In unmanaged SWDS, a larger fraction of waste decomposes aerobically in the top layer. In unmanaged SWDS with deep disposal and/or with high water table, the fraction of waste that degrades aerobically should be smaller than in shallow SWDS. Semi-aerobic managed SWDS are managed passively to introduce air to the waste layer to create a semi-aerobic environment within the SWDS. The MCF in relation to solid waste management is specific to that area and should be interpreted as the waste management correction factor that reflects the management aspect it encompasses.

An MCF is assigned to each of four categories, as shown in Table 3.1. A default value is provided for countries where the quantity of waste disposed to each SWDS is not known. A country's classification of its waste sites into managed or unmanaged may change over a number of years as national waste management policies are implemented.

The Fraction of Solid Waste Disposed to Solid Waste Disposal Sites (SW_F) and MCF reflect the way waste is managed and the effect of site structure and management practices on CH_4 generation. The methodology requires countries to provide data or estimates of the quantity of waste that is disposed of to each of four categories of solid waste disposal sites (Table 3.1). Only if countries cannot categorise their SWDS into four categories of managed and unmanaged SWDS, the MCF for 'uncategorised SWDS' can be used.

Type of Site	Methane Correction Factor (MCF) Default Values
Managed - anaerobic ¹	1.0
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

¹ Anaerobic managed solid waste disposal sites: These must have controlled placement of waste (i.e., waste directed to specific deposition areas, a degree of control of scavenging and a degree of control of fires) and will include at least one of the following: (i) cover material; (ii) mechanical compacting; or (iii) levelling of the waste.

² Semi-aerobic managed solid waste disposal sites: These must have controlled placement of waste and will include all of the following structures for introducing air to waste layer: (i) permeable cover material; (ii) leachate drainage system; (iii) regulating pondage; and (iv) gas ventilation system.

³ Unmanaged solid waste disposal sites - deep and/or with high water table: All SWDS not meeting the criteria of managed SWDS and which have depths of greater than or equal to 5 metres and/or high water table at near ground level. Latter situation corresponds to filling inland water, such as pond, river or wetland, by waste.

⁴ Unmanaged shallow solid waste disposal sites: All SWDS not meeting the criteria of managed SWDS and which have depths of less than 5 metres.

⁵ Uncategorised solid waste disposal sites: Only if countries cannot categorise their SWDS into above four categories of managed and unmanaged SWDS, the MCF for this category can be used.

Sources: IPCC (2000); Matsufuji *et al.* (1996)

⁶ The term methane correction factor (MCF) in this context should not be confused with the methane conversion factor (MCF) referred to in the Agriculture, Forestry, and Other Land Use Sector for livestock manure management emissions.

Default k values and the corresponding half-lives are provided below in Table 3.3 and in Table 3.4.

TABLE 3.3 RECOMMENDED DEFAULT METHANE GENERATION RATE (k) VALUES UNDER TIER 1 (Derived from k values obtained in experimental measurements, calculated by models, or used in greenhouse gas inventories and other studies)									
Type of Waste		Climate Zone*							
		Boreal and Temperate (MAT $\leq 20^\circ\text{C}$)				Tropical ¹ (MAT $> 20^\circ\text{C}$)			
		Dry (MAP/PET < 1)		Wet (MAP/PET > 1)		Dry (MAP < 1000 mm)		Moist and Wet (MAP ≥ 1000 mm)	
		Default	Range ²	Default	Range ²	Default	Range ²	Default	Range ²
Slowly degrading waste	Paper/textiles waste	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
	Wood/ straw waste	0.02	0.01 ^{3,4} - 0.03 ^{6,7}	0.03	0.02 - 0.04	0.025	0.02 - 0.04	0.035	0.03 - 0.05
Moderately degrading waste	Other (non - food) organic putrescible/ Garden and park waste	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
Rapidly degrading waste	Food waste/Sewage sludge	0.06	0.05 - 0.08	0.185 ⁴	0.1 ^{3,4} - 0.2 ⁹	0.085	0.07 - 0.1	0.4	0.17 - 0.7 ¹⁰
Bulk Waste		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

¹ The available information on the determination of k and half-lives in tropical conditions is quite limited. The values included in the table, for those conditions, 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 reported 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 are reported longer half-lives values (up to 231 years) that were not included in the table since are derived from extremely low k values used in sites with mean daily temperature $< 0^\circ\text{C}$ (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).

¹¹ Considering $t_{1/2} = 4 - 7$ yr as characteristic values for most developing countries in a tropical climate. High moisture conditions and highly degradable waste.

*Adapted from: Chapter 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.

(experimental or by means of models), but the results obtained are based on the characteristics of developed countries under temperate conditions. Few available results reflect the characteristics of developing countries and tropical conditions. Measurements from SWDS in Argentina, New Zealand, the United States, the United Kingdom and the Netherlands support values for $t_{1/2}$ in the range of approximately 3 to 35 years (Oonk and Boom, 1995; USEPA, 2005; Scharff *et al.*, 2003; Canada, 2004; and Argentina, 2004).

The most rapid rates ($k = 0.2$, or a half-life of about 3 years) are associated with high moisture conditions and rapidly degradable material such as food waste. The slower decay rates ($k = 0.02$, or a half-life of about 35 years) are associated with dry site conditions and slowly degradable waste such as wood or paper. A much longer half-life of 70 years or above could be justified for shallow dry SWDS in a temperate climate or for wood waste in a dry, temperate climate. A half-life of less than 3 years may be appropriate for managed SWDS in a wet, temperate climate or rapidly degrading waste in a wet, tropical climate. The inventory compiler is encouraged to establish country specific half-life values. Current knowledge and data limitations constrain the development of a default methodology for estimating half-lives from field-data at SWDS.

There are two alternative approaches to select the half-life (or k value) for the calculation: (a) calculate a weighted average for $t_{1/2}$ for mixed MSW (Jensen and Pispatti, 2002) or (b) divide the waste stream into categories of waste according to their degradation speed (Brown *et al.*, 1999). The first approach assumes degradation of different types of waste to be completely dependent on each other. So the decay of wood is enhanced due to the present of food waste, and the decay of food waste is slowed down due to the wood. The second approach assumes degradation of different types of waste is independent of each other. Wood degrades as wood, irrespective whether it is in an almost inert SWDS or in a SWDS that contains large amounts of more rapidly degrading wastes. In reality the truth will probably be somewhere in the middle. However there has been little research performed to identify the better one of both approaches (Oonk and Boom, 1995; Scharff *et al.*, 2003) and this research was not conclusive. Two options of the IPCC spreadsheet model apply either of above approaches to select the half-life as follows:

Bulk waste option: The bulk waste option requires alternative (a) above, and is suitable for countries without data or with limited data on waste composition, but with good information on bulk waste disposed at SWDS. Default values are estimated as a function of the climate zone.

Waste composition option: The waste composition option requires alternative (b) and is applicable for countries having data on waste composition. Specification of the half-life ($t_{1/2}$) of each component of the waste stream (IPCC, 2000) is required to achieve acceptably accurate results.

For both options default half-life values are estimated as a function of the climate zone. The main assumptions and considerations made are:

- Waste composition (especially the organic component) is one of the main factors influencing both the amount and the timing of CH_4 production
- Moisture content of a SWDS is an essential element for anaerobic decomposition and CH_4 generation. A simplified method assumes that the moisture content of a SWDS is proportional to the mean annual precipitation (MAP) in the location of the SWDS (Pelt *et al.*, 1998; U.S. EPA, 1998; Environment Canada, 2003) or to the ratio of MAP and potential evapotranspiration (PET).
- The extent to which ambient air temperatures influence the temperature of the SWDS and gas generation rates depends mainly on the degree of waste management and the depth of SWDS.
- Wastes in shallow open dumps generally decompose aerobically and produce little CH_4 and the emissions decline in shorter time than the anaerobic conditions. Managed (and also deep unmanaged) SWDS creates anaerobic conditions.

Countries may develop specific half-life values (or k values) more appropriate for their circumstances and characteristics. It is *good practice* that countries which develop their own half-life values document the experimental procedures used to derive to them.

The default value for CH₄ recovery is zero. CH₄ recovery should be reported only when references documenting the amount of CH₄ recovery are available. Reporting based on metering of all gas recovered for energy and flaring, or reporting of gas recovery based on the monitoring of produced amount of electricity from the gas (considering the availability of load factors, heating value and corresponding heat rate, and other factors impacting the amount of gas used to produce the monitored amount of electricity) is consistent with *good practice*.

Estimating the amount of CH₄ recovered using more indirect methods should be done with great care, using substantiated assumptions. Indirect methods might be based on the number of SWDS in a country with CH₄ collection or the total capacity of utilisation equipment or flaring capacity sold.

When CH₄ recovery is estimated on the basis of the number of SWDS with landfill gas recovery a default estimate of recovery efficiency would be 20 percent. This is suggested due to the many uncertainties in using this methodology. There have been some measurements of efficiencies at gas recovery projects, and reported efficiencies have been between 10 and 85 percent. Oonk and Boom (1995) measured efficiencies at closed, unlined SWDS to be in between 10 and 80 percent, the average over 11 SWDS being 37 percent. More recently Scharff *et al.* (2003) measured efficiencies at four SWDS to be 9 percent, 50 percent, 55 percent and 33 percent. Spokas *et al.* (2006) and Diot *et al.* (2001) recently measured efficiencies above 90 percent. In general, high recovery efficiencies can be related to closed SWDS, with reduced gas fluxes, well-designed and operated recovery and thicker and less permeable covers. Low efficiencies can be related to SWDS with large parts still being in exploitation and with e.g., temporary sandy covers.

Country-specific values may be used but significant research would need to be done to understand the impact on recovery of following parameters: cover type, percentage of SWDS covered by recovery project, presence of a liner, open or closed status, and other factors.

When the amount of CH₄ recovered is based on the total capacity of utilisation equipment or flares sold, an effort should be made in order to identify what part of this equipment is still operational. A conservative estimate of amount of CH₄ generated could be based on an inventory of the minimum capacities of the operational utilisation equipment and flares. Another conservative approach is to estimate total recovery as 35 percent of the installed capacities. Based on Dutch and US studies (Oonk, 1993; Scheehle, 2006), recovered amounts varied from 35 to 70 percent of capacity rates. The reasons for the range included (i) running hours from 95 percent down to 80 percent, due to maintenance or technical problems; (ii) overestimated gas production and as result oversized equipment; (iii) back-up flares being largely inactive. The higher rates took these considerations already into account when estimating capacity. If a country uses this method for flaring, care must be taken to ensure that the flare is not a back-up flare for a gas-to-energy project. Flares should be matched to SWDS wherever possible to ensure that double counting does not occur.

In all cases, the recovered amounts should be reported as CH₄, not as landfill gas, as landfill gas contains only a fraction of CH₄. The basis for the reporting should be clearly documented. When reporting is based on the number of SWDS with landfill gas recovery or the total capacity of utilisation equipment, it is essential that all assumptions used in the estimation of the recovery are clearly described and justified with country-specific data and references.

DELAY TIME

In most solid waste disposal sites, waste is deposited continuously throughout the year, usually on a daily basis. However, there is evidence that production of CH₄ does not begin immediately after deposition of the waste.

At first, decomposition is aerobic, which may last for some weeks, until all readily available oxygen has been used up. This is followed by the acidification stage, with production of hydrogen. The acidification stage is often said to last for several months. After which there is a transition period from acidic to neutral conditions, when CH₄ production starts.

The period between deposition of the waste and full production of CH₄ is chemically complex and involves successive microbial reactions. Time estimates for the delay time are uncertain, and will probably vary with waste composition and climatic conditions. Estimates of up to one year have been given in the literature (Gregory *et al.*, 2003; Bergman, 1995; Kämpfer and Weissenfels, 2001; Barlaz, 2004). The IPCC provides a default value of six months for the time delay (IPCC, 1997). This is equivalent to a reaction start time of 1st of January in the year after deposition, when the average residence time of waste in the SWDS has been six months. However, the uncertainty of this assumption is at least 2 months.

The IPCC Waste Model allows the user to change the default delay of six months to a different value. It is *good practice* to choose a delay time of between zero and six months. Values outside this range should be supported by evidence.