

**MODEL OPTIMASI SISTEM PENGOLAHAN SAMPAH KOTA
(Wilayah Studi Jakarta Barat)**

DISERTASI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor

Dwi Indrawati
NPM: 9105040042



UNIVERSITAS INDONESIA
PROGRAM PASCA SARJANA
PROGRAM STUDI ILMU LINGKUNGAN
JAKARTA
JULI 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Dwi Indrawati

NPM : 9105040042

Tanda Tangan :


Tanggal : 17 Juli 2010


HALAMAN PENGESAHAN


Disertasi ini diajukan oleh :
Nama : Dwi Indrawati
NPM : 9105040042
Program Studi : Ilmu Lingkungan
Judul disertasi : **MODEL OPTIMASI SISTEM PENGOLAHAN
SAMPAH KOTA
(Wilayah Studi Jakarta Barat)**


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


DEWAN PENGUJI


Promotor : Prof.Dr.Ir. Sulistyoweni Widanarko, ()
Dipl.SE, SKM

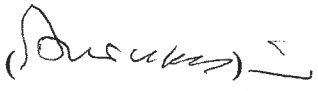
Kopromotor : Prof.Dr.Ir. Dadan Umar Daihani, ()
DEA

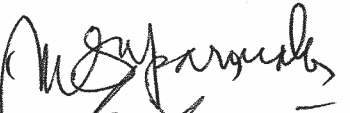
Dr.Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, ()
DEA


Tim Penguji : Dr.Ir. Setyo Sarwanto Moersidik, (Ketua) ()
DEA

Prof.Dr. Emil Salim (Anggota) ()

Prof.Dr.Ir. Roekmijati W Soemantojo, MSi. (Anggota) ()

Prof.Dr.Ir. Surna T Djajadiningrat (Anggota) ()

Drs. M. Suparmoko, MA, Ph.D (Anggota) ()

Dr.dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, MSi. (Anggota) ()

Ditetapkan di : Jakarta
Tanggal : 17 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Disertasi dengan judul **Model Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota (Wilayah Studi Jakarta Barat)** ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Doktor dalam Ilmu Lingkungan. Dengan mengucap syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada:

1. Prof.Dr.Ir. Sulistyoweni Widanarko, Dipl.S.E.,SKM, selaku Promotor, Prof.Dr.Ir. Dadan Umar Daihani, DEA dan Dr.Ir. Setyo S. Moersidik, DEA, selaku Ko-Promotor yang telah meluangkan waktu, perhatian, serta bimbingan dalam menyelesaikan penulisan disertasi.
2. Dr.Ir. Setyo S. Moersidik, DEA selaku Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan dan Dr.dr. Tri Edhi Budhi Soesilo, M.Si, selaku Sekretaris Program Studi Ilmu Lingkungan, atas segala perhatian, bantuan dan dorongan semangat baik dalam proses belajar maupun dalam penulisan disertasi.
3. Dr.Ir. M. Hasroel Thayib, APU, selaku Penasehat Akademik atas waktu dan perhatiannya dalam memberikan masukan dan arahan dalam penyelesaian disertasi ini.
4. Pihak Universitas Trisakti: Prof.Dr. Thoby Mutis, selaku Rektor Universitas Trisakti, Ir. Ida Bagus Rabindra, MSP selaku Dekan Fakultas Arsitektur Lansekap dan Teknologi Lingkungan, dan Ariani Dwi Astuti, ST.,MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan, atas kesempatan dan karyasiswa yang diberikan untuk melanjutkan studi Jenjang Doktor pada Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Indonesia.
5. Pemerintah Daerah DKI Jakarta, khususnya Dinas Kebersihan, Sudin Kebersihan Jakarta Barat, Dinas Tata Kota, Dinas Pertanahan dan Pemetaan, yang telah membantu penulis dalam memberikan informasi dan data guna mendukung analisis disertasi ini.

6. Seluruh staf Program Studi Ilmu Lingkungan, Pascasarjana Universitas Indonesia yang telah membantu dan meluangkan waktu bagi penulis dalam menyelesaikan masalah akademik dan administrasi dalam penyelesaian studi.
7. Suami dan anak-anak tercinta: Hendra Kirana, Kanyadibya Kirana, Wirabhama Kirana, serta Ibunda beserta kakak adik tercinta atas segala doa, bantuan dan dorongan semangat yang tiada putusya kepada penulis, baik selama proses belajar maupun dalam menyelesaikan disertasi ini.
8. Seluruh rekan Program Doktor, Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia dan seluruh rekan di Jurusan Teknik Lingkungan, FALTL, Universitas Trisakti atas perhatian dan pengertian yang diberikan kepada penulis guna menyelesaikan studi.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian disertasi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu per satu.

Jakarta, Juli 2010

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Dwi Indrawati
NPM : 9105040042
Program Studi : Ilmu Lingkungan
Fakultas : Pascasarjana
Jenis karya : Disertasi

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

Model Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota (Wilayah Studi Jakarta Barat)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan karya ilmiah 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 : 17 Juli 2010

Yang menyatakan

(Dwi Indrawati)

ABSTRAK

Nama : Dwi Indrawati
Program Studi : Ilmu Lingkungan
Judul : Model Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota
(Wilayah Studi Jakarta Barat)

Meningkatnya pembangunan kota, penambahan jumlah penduduk, tingkat aktivitas dan tingkat sosial-ekonomi masyarakat menyebabkan meningkatnya jumlah timbulan sampah di perkotaan. Sampah yang tidak dikelola dengan baik tentunya akan berdampak terhadap nilai dan fungsi lingkungan, oleh karena itu diperlukan upaya pengelolaan di antaranya melalui pengolahan dan pemanfaatan sampah. Namun demikian, pada tingkat kota umumnya pengelola dihadapkan pada permasalahan keterbatasan lahan dan metode dalam menentukan sistem pengolahan sampah yang optimal. Tujuan umum dari penelitian ini adalah mengembangkan model pendukung pengambilan keputusan dalam menentukan sistem pengolahan sampah kota yang optimal dengan mempertimbangkan aspek keberlanjutan, yang meliputi aspek teknis, lingkungan, ekonomi dan sosial. Dalam model yang dikembangkan ini dirumuskan model matematis perhitungan dampak lingkungan potensial terkait dengan konsumsi energi, potensi pemanasan global dan potensi toksik, dengan skenario yang dikembangkan atas alternatif pilihan teknologi. Pada studi kasus wilayah Jakarta Barat, melalui implementasi model perhitungan dampak lingkungan potensial yang telah dirumuskan, menunjukkan bahwa skenario sistem pengolahan sampah dengan kombinasi teknologi pengomposan dan teknologi *reusable landfill* (Skenario 3) merupakan sistem pengolahan sampah yang optimal untuk wilayah studi. Kombinasi alternatif teknologi pengolahan sampah terpilih tersebut didasarkan atas analisis manfaat-biaya yang telah memperhitungkan aspek keterbatasan lahan dan dampak lingkungan potensial.

Kata kunci: model, optimal, sampah kota, teknologi pengolahan

ABSTRACT

Name : Dwi Indrawati
Study Program : Environmental Sciences
Title : Optimization Model of Urban Solid Waste Treatment System
(Study area: West Jakarta)

The population growth and rapid urbanization flow have caused the amount of solid waste generation in the urban area to increase. Solid waste that is not managed properly will definitely affect the value and function of the environment. In addition, large amounts of urban solid waste disposal require large area. Densely populated areas like large cities will have difficulty in finding land for landfills. To reduce the burden on landfill and prolong the life of landfills, it is necessary to reduce the amount of solid waste dumped into landfills, inter alia, through processing and utilization of solid waste. In an urban area, generally, organizers are faced to problems in developing sustainability of the solid waste treatment system, including the method and strategy for determining the best combination of solid waste treatment technologies. The purpose of this research is to develop a model that can support the decision making process in determining the optimal urban solid waste treatment system. The formulation of the model for selecting the optimal urban solid waste treatment system was done through the step of organizing the alternatives of urban solid waste treatment technology combination. Generally the optimization strategy was done in two steps that included the formulation of the mathematical model for calculating the potential environmental impact which covered energy consumption, global warming potential and toxicity potential. The step followed afterwards was the implementation of the mathematical model, implying on the emergence of the environmental cost burden. In the case study of West Jakarta area, the implementation of mathematical model for calculating the environmental impact potential indicated that the scenario of solid waste treatment system with the combination of composting technology and reusable landfill technology (Scenario 3) is the optimal solid waste treatment system for the study area. The combination of alternative solid waste treatment technology selected was based on a cost-benefit analysis which has considered the aspect of land scarcity and potential environmental impacts.

Keywords: model, optimal, urban solid waste, treatment technology,

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
RINGKASAN	xx
SUMMARY	xxii
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Sumber dan Timbulan Sampah Kota	6
2.2. Teknologi Pengolahan Sampah	11
2.2.1. Pengomposan (<i>Composting</i>)	12
2.2.2. Insinerasi	16
2.2.3. Teknologi penimbunan akhir (<i>Landfilling</i>)	18
2.2.4. Pemilihan teknologi pengolahan sampah	23
2.2.5. Fasilitas konversi sampah	26
2.3. Pengelolaan Sampah Terpadu dan Berkelanjutan di Perkotaan	28
2.4. Penilaian Keberlanjutan Pengelolaan Sampah Kota	35
2.4.1. Penilaian aspek lingkungan sistem pengolahan sampah dengan <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	36
2.4.2. Aspek biaya dalam pengelolaan sampah kota	46
2.4.2.1. Biaya pengolahan sampah dengan teknologi pengomposan	48
2.4.2.2. Biaya pengolahan sampah dengan teknologi insinerasi	50
2.4.2.3. Biaya pengolahan sampah dengan teknologi penimbunan akhir (<i>landfilling</i>)	51
2.5. Pengambilan Keputusan Dalam Penanganan Sampah Kota	56

2.6.	Model Pengelolaan Sampah Kota	58
2.7.	Kerangka Berpikir	64
2.8.	Hipotesis Penelitian	66
3.	METODE PENELITIAN	69
3.1.	Waktu dan Lokasi Penelitian	69
3.2.	Lingkup dan Metode Penelitian	69
3.2.1.	Identifikasi dan analisis karakteristik kota	70
3.2.2.	Analisis kondisi pengelolaan sampah saat ini	72
3.2.3.	Pengembangan model optimasi sistem pengolahan sampah kota	73
3.2.3.1.	Penyusunan alternatif pilihan kombinasi teknologi pengolahan sampah kota	75
3.2.3.2.	Perumusan model perhitungan dampak lingkungan potensial sistem pengolahan sampah kota	75
3.2.3.3.	Implementasi model perhitungan dampak lingkungan potensial	78
3.2.3.4.	Analisis manfaat-biaya	79
3.3.	Variabel Penelitian	82
3.4.	Metode Pengumpulan Data	82
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	84
4.1.	Gambaran Umum Karakteristik Kota Jakarta Barat	84
4.1.1.	Kondisi geografi	84
4.1.2.	Kondisi demografi	87
4.1.3.	Kondisi sosial-ekonomi	88
4.2.	Kondisi Pengelolaan Sampah Jakarta Barat Saat Ini	94
4.2.1.	Sumber dan timbulan sampah	94
4.2.2.	Komposisi sampah	95
4.2.3.	Teknis operasional	96
4.2.3.1.	Pewadahan sampah	96
4.2.3.2.	Pengumpulan dan pengangkutan sampah	97
4.2.3.3.	Pembuangan akhir sampah	110
4.2.4.	Keterlibatan masyarakat	112
4.2.5.	Pembiayaan	116
4.2.6.	Organisasi dan manajemen	119
4.2.7.	Peraturan/hukum	121
4.3.	Komponen Karakteristik Kota Jakarta Barat Dalam Hubungannya Dengan Timbulan dan Komposisi Sampah	124
4.3.1.	Hubungan jumlah dan kepadatan penduduk dengan timbulan sampah	124
4.3.2.	Hubungan peruntukan lahan dengan komposisi sampah	127
4.3.3.	Hubungan kondisi sosial-ekonomi dengan jumlah dan komposisi sampah	131

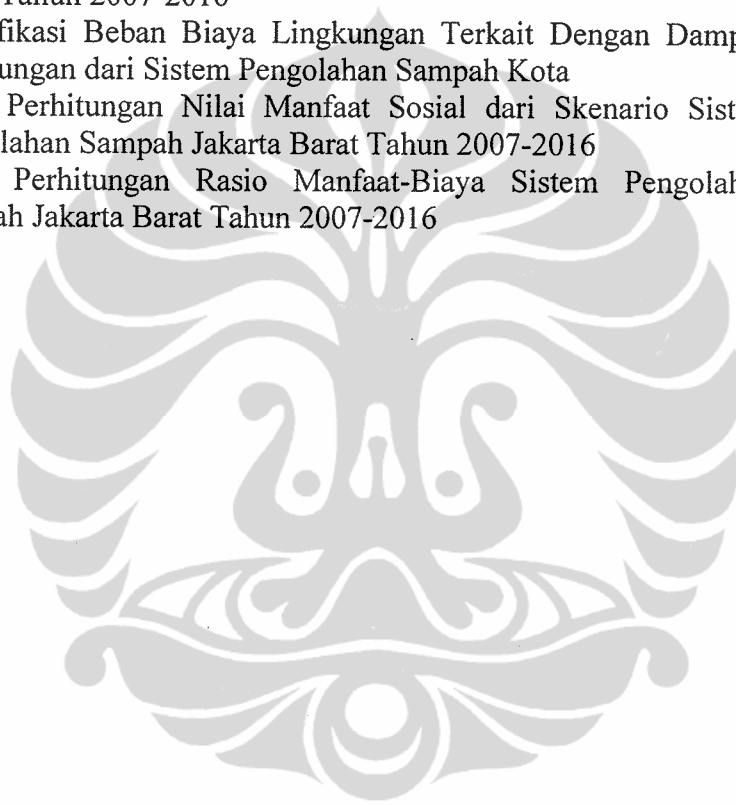
4.4.	Pengembangan Model Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota (Wilayah Studi Jakarta Barat)	135
4.4.1.	Asumsi dan batasan model	135
4.4.2.	Penyusunan skenario sistem pengolahan sampah kota	136
4.4.3.	Perumusan model perhitungan dampak lingkungan potensial	139
4.4.3.1.	Model perhitungan konsumsi energi	147
4.4.3.2.	Model perhitungan potensi pemanasan global	153
4.4.3.3.	Model perhitungan potensi toksik terhadap manusia	158
4.4.4.	Implementasi model perhitungan untuk penilaian dampak lingkungan potensial sistem pengolahan sampah kota di wilayah studi	164
4.4.5.	Analisis dan perhitungan biaya langsung sistem pengolahan sampah kota	167
4.4.6.	Analisis manfaat-biaya dari sistem pengolahan sampah kota	175
4.5.	Hasil Pengembangan Model	190
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	194
5.1.	Kesimpulan	194
5.2.	Saran	195
	DAFTAR REFERENSI	196
	LAMPIRAN	206

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
2.1	Laju Timbulan Sampah Berdasarkan Sumber Sampah	6
2.2	Laju Timbulan Sampah Kota di Beberapa Negara dan Proyeksinya pada Tahun 2025	8
2.3	Perbandingan Metode Pengomposan Aerobik	15
2.4	Pembagian Jenis <i>Refused Derived Fuel (RDF)</i>	17
2.5	Kelebihan dan Kekurangan Beberapa Teknologi Pengolahan Sampah	21
2.6	Skoring Pengolahan Sampah Kota Berdasarkan Aspek Lingkungan, Aspek Teknis, dan Aspek Finansial	25
2.7	Skala dan Kegiatan dalam Sistem Pengelolaan Sampah Terpadu dan Berkelanjutan	31
2.8	Potensi Pemanasan Global Gas Rumah Kaca	41
2.9	Kandungan Karbon Fosil dari Beberapa Komponen Sampah	41
2.10	Faktor Emisi CO ₂ dalam Proses Pengomposan Sampah	42
2.11	Jumlah dan Komposisi Gas yang Timbul dari <i>Landfill</i>	42
2.12	Konsentrasi Logam Berat Dalam <i>Leachate</i> Sampah Kota	44
2.13	Kurva Biaya yang Disarankan untuk Fasilitas Pengolahan Sampah	47
2.14	Biaya Investasi Pengolahan Sampah	47
2.15	Perbandingan Biaya Investasi Pengolahan Sampah menjadi Kompos di Rencana Lokasi <i>Intermediate Treatment Facility (ITF)</i> DKI Jakarta	48
2.16	Instalasi Pengomposan di Lokasi TPA Eksisting di Jawa Barat	49
2.17	Jenis dan Harga Insinerator Modular	50
2.18	Perbandingan Biaya Investasi Pengolahan Sampah 3R dan <i>Waste to Energy (WtE)</i> Usulan Rencana Pengolahan sampah di Lokasi ITF Duri Kosambi	51
2.19	Analisis Statistik Diskriptif Biaya Spesifik Operasional dan Pemeliharaan Sistem Pembuangan Akhir Sampah	52
2.20	Biaya Spesifik Investasi serta Operasi dan Pemeliharaan Pemanfaatan Kembali/Daur Ulang Sampah	53
2.21	Metode Pengambilan Keputusan Dalam Pengelolaan Sampah yang Ada Saat Ini	57
3.1	Identifikasi Komponen Karakteristik Kota	72
4.1	Jumlah Kelurahan, RW, RT, Kepala Keluarga dan Penduduk di Jakarta Barat berdasarkan Kecamatan	84
4.2	Luas Peruntukan Lahan Menurut Kecamatan di Jakarta Barat	86
4.3	Luas Wilayah, Jumlah Penduduk, Kepadatan Penduduk, dan Rata-rata Jumlah Anggota Keluarga (ART) menurut Kecamatan	87

4.4	Persentase Penduduk Jakarta Barat Usia 10 Tahun ke Atas menurut Ijazah Tertinggi yang Dimiliki	89
4.5	Persentase Penduduk Jakarta Barat menurut Lapangan Usaha	90
4.6	Jumlah dan Jenis Fasilitas Komersial di Jakarta Barat menurut Kecamatan	91
4.7	Jumlah Rumah di Kotamadya Jakarta Barat menurut Kondisi Fisik Bangunan	91
4.8	Persentase Rumah Tangga Jakarta Barat menurut Luas Bangunan Tempat Tinggal	92
4.9	Pengeluaran Rata-rata per Kapita Sebulan menurut Jenis Pengeluaran Makanan di Jakarta Barat Tahun 2006	93
4.10	Pengeluaran Rata-rata per Kapita Sebulan menurut Jenis Pengeluaran Non Makanan di Jakarta Barat Tahun 2006	94
4.11	Komposisi Sampah Jakarta Barat	96
4.12	Jenis Pewadahan Berdasarkan Sumber Sampah	97
4.13	Jumlah dan Jenis TPS menurut Kecamatan di Jakarta Barat	99
4.14	Jumlah Armada Angkutan Sampah menurut Jenis Angkutan di Jakarta Barat	100
4.15	Jumlah Kendaraan Pengangkut Sampah dan Alat Berat Menuurut Jenis dan Kapasitas pada Tahun 2006	109
4.16	Alasan Responden Tidak Memilah Sampah	113
4.17	Nilai Ekonomis Komponen Sampah Anorganik Jakarta Barat	116
4.18	Biaya Pelayanan Pengelolaan Sampah di Jepang	117
4.19	Hasil Penerimaan Retribusi Kebersihan per Bulan di Jakarta Barat Tahun 2006 (<i>dalam rupiah</i>)	119
4.20	Penanganan Sampah oleh Pihak Swasta Wilayah Kotamadya Jakarta Barat	123
4.21	Jumlah Penduduk, Kepadatan Penduduk dan Timbulan Sampah per hari di Jakarta Barat	126
4.22	Persentase Sumber Timbulan Sampah Jakarta Barat	128
4.23	Persentase Peruntukan Lahan di Jakarta Barat Menurut Kecamatan	128
4.24	Jumlah dan Skala Industri di Jakarta Barat Menurut Kecamatan	129
4.25	Komponen Sampah Berdasarkan Sumber Sampah	130
4.26	Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Jakarta Barat Atas Dasar Harga Konstan Tahun 2000	131
4.27	Perkembangan Jumlah Penduduk Miskin di Jakarta Barat	132
4.28	Komposisi Sampah Jakarta Barat	135
4.29	Material Sampah dan Kombinasi Teknologi Pengolahan	137
4.30	Aliran Material Sampah pada Setiap Skenario Berdasarkan Data Timbulan dan Komposisi Sampah Jakarta Barat Tahun 1997-2006	140
4.31	Kriteria dan Indikator Aspek Lingkungan dalam Sistem Pengolahan Sampah	142

4.32	Hasil Penghitungan Konsumsi Energi Sistem Pengolahan Sampah Kota	152
4.33	Hasil Penghitungan Potensi Pemanasan Global Sistem pengolahan Sampah Kota	157
4.34	Rekapitulasi Hasil Penghitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Kota	163
4.35	Hasil Penghitungan Prediksi Dampak Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat Tahun 2007-2016 Melalui Pendekatan Model Matematis	166
4.36	Hasil Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat Tahun 2007-2016	174
4.37	Identifikasi Beban Biaya Lingkungan Terkait Dengan Dampak Lingkungan dari Sistem Pengolahan Sampah Kota	178
4.38	Hasil Perhitungan Nilai Manfaat Sosial dari Skenario Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat Tahun 2007-2016	182
4.39	Hasil Perhitungan Rasio Manfaat-Biaya Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat Tahun 2007-2016	187



DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
2.1	Sumber, Volume dan Komposisi Sampah DKI Jakarta	9
2.2	Komposisi Sampah Kota di Pulau Jawa Bagian Barat	10
2.3	Proses Pengomposan Sampah	13
2.4	<i>Windrow Composting</i>	14
2.5	Proses Pengomposan <i>Aerated Static Pile</i>	14
2.6	Anatomi dari Fasilitas Konversi Sampah	27
2.7	Dimensi Sistem Pengelolaan Sampah Terpadu dan Berkelanjutan	32
2.8	Model <i>Input-output</i> dalam Sistem Pengolahan Sampah	45
2.9	Variabel-variabel dalam Model Optimasi Pengolahan Sampah Kota	63
2.10	Kerangka Konsep Pengembangan Model Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota	67
2.11	Diagram Strategi Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota	68
3.1	Diagram Lingkup Pengembangan Model Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Optimal	73
3.2	Diagram Perumusan Model Perhitungan Dampak Lingkungan Potensial	74
3.3	Diagram Implementasi Model Perhitungan Dampak Lingkungan Potensial	74
4.1	Peta Wilayah Jakarta Barat	85
4.2	Peta Kepadatan Penduduk Jakarta Barat	88
4.3	Sumber Timbulan Sampah Jakarta Barat	94
4.4	Grafik Timbulan Sampah Jakarta Barat	95
4.5	Pola Pengumpulan Sampah di Permukiman Teratur	98
4.6	Pola Pengumpulan Sampah di Permukiman Tidak Teratur	99
4.7	Lokasi TPS di Kecamatan Grogol Petamburan, Jakarta Barat	101
4.8	Lokasi TPS di Kecamatan Cengkareng, Jakarta Barat	102
4.9	Lokasi TPS di Kecamatan Kalideres, Jakarta Barat	103
4.10	Lokasi TPS di Kecamatan Taman Sari, Jakarta Barat	104
4.11	Lokasi TPS di Kecamatan Tambora, Jakarta Barat	105
4.12	Lokasi TPS di Kecamatan Palmerah, Jakarta Barat	106
4.13	Lokasi TPS di Kecamatan Kembangan, Jakarta Barat	107
4.14	Lokasi TPS di Kecamatan Kembangan, Jakarta Barat	108
4.15	Kondisi TPA Bantar Gebang Bekasi	110
4.16	Rencana Lokasi TPST Ciangir, Kabupaten Tangerang	111
4.17	Diagram Alir Pengelolaan Sampah di Jakarta Barat	112
4.18	Perkembangan Jumlah Penduduk dan Timbulan Sampah Jakarta Barat Tahun 1997 hingga 2006	125
4.19	Grafik Hubungan antara Jumlah Penduduk dan Timbulan	127

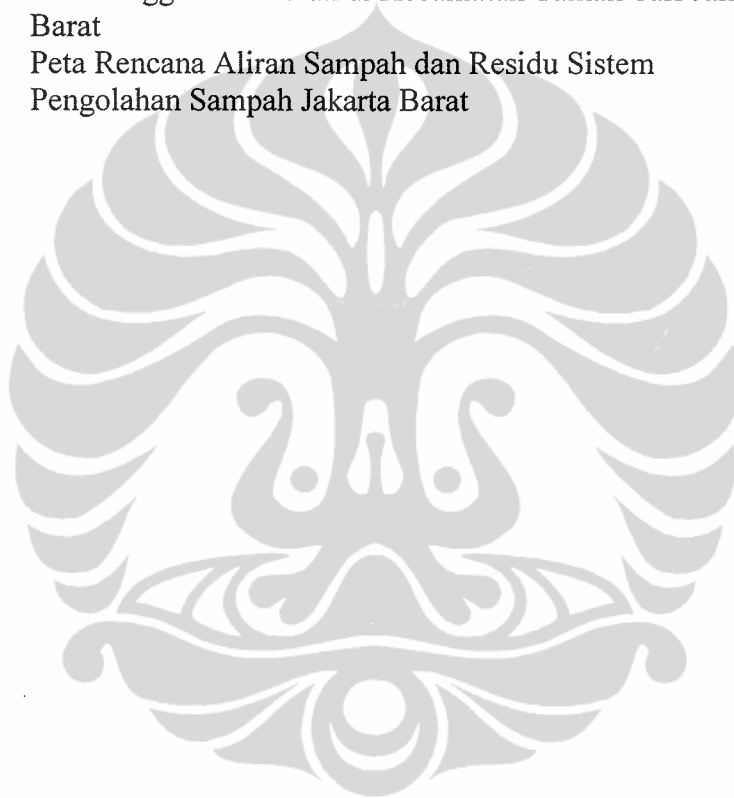
	Sampah pada Tingkat Kecamatan	
4.20	Komposisi Sampah Berdasarkan Tingkat Pendapatan	134
4.21	Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat Saat Ini (Skenario 1)	138
4.22	Alternatif Pengembangan Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat (Skenario 2)	138
4.23	Alternatif Pengembangan Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat (Skenario 3)	138
4.24	Alternatif Pengembangan Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat (Skenario 4)	138
4.25	Alternatif Pengembangan Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat (Skenario 5)	139
4.26	Lingkup Siklus Hidup Sampah dalam Sistem Pengolahan Sampah Kota	141
4.27	Lingkup <i>Input-Output</i> Pengolahan Sampah dengan Teknologi Penimbunan Akhir Sampah (<i>Landfilling</i>)	143
4.28	Lingkup <i>Input-Output</i> Pengolahan Sampah dengan Teknologi Insinerasi	144
4.29	Lingkup <i>Input-Output</i> Pengolahan Sampah dengan Teknologi Pengomposan	145
4.30	Lingkup <i>Input-Output</i> Pra Daur Ulang Sampah	146
4.31	Proyeksi Timbulan Sampah Jakarta Barat	165
4.32	Hasil Penilaian Konsumsi Energi Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat Tahun 2007-2016	167
4.33	Hasil Penilaian Potensi Pemanasan Global dan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat Tahun 2007-2016	167
4.34	Hasil Analisis Biaya Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat Tahun 2007-2016	174
4.35	Tahapan Perumusan Model Perhitungan Dampak Potensial	191
4.36	Tahapan Implementasi Model Perhitungan Dampak Potensial	191
4.37	Model Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota Terpadu	192

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Jumlah dan Kepadatan Penduduk Jakarta Barat menurut Kelurahan	208
Lampiran 2. Peruntukan Lahan Jakarta Barat menurut Kelurahan	209
Lampiran 3. Sumber dan Timbulan Sampah Jakarta Barat menurut Kecamatan	210
Lampiran 4. Jumlah Timbulan Sampah dan Komponen Karakteristik Kota Jakarta Barat dari Tahun 1997 hingga Tahun 2007	211
Lampiran 5. Anggaran Sudin Kebersihan Jakarta Barat Tahun 2007	212
Lampiran 6. Struktur Organisasi Sudin Kebersihan Kodya Jakarta Barat	216
Lampiran 7. Hasil Analisis Regresi Jumlah Penduduk dengan Timbulan Sampah Jakarta Barat	217
Lampiran 8. Grafik Hubungan antara Jumlah Penduduk dengan Timbulan Sampah Jakarta Barat	218
Lampiran 9. Hasil Analisis Regresi Kepadatan Penduduk dengan Timbulan Sampah Jakarta Barat	219
Lampiran 10. Grafik Hubungan antara Kepadatan Penduduk dengan Timbulan Sampah Jakarta Barat	220
Lampiran 11. PDRB dan Timbulan Sampah Menurut Tipologi Kota	221
Lampiran 12. Hasil Analisis Regresi PDRB Kota dengan Timbulan Sampah dari Beberapa Kota di Indonesia	222
Lampiran 13. Grafik Hubungan Timbulan Sampah dengan PDRB/kapita	223
Lampiran 14. Jenis Data dan Asumsi untuk Analisis Aspek Lingkungan dan Biaya Sistem Pengolahan Sampah	224
Lampiran 15. <i>Summary Output</i> Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 1	229
Lampiran 16. <i>Summary Output</i> Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 2	239
Lampiran 17. <i>Summary Output</i> Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 3	249
Lampiran 18. <i>Summary Output</i> Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 4	259
Lampiran 19. <i>Summary Output</i> Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 5	269
Lampiran 20. Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 1	279
Lampiran 21. Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 2	280
Lampiran 22. Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 3	282

Lampiran 23.	Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 4	285
Lampiran 24.	Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 5	288
Lampiran 25.	Faktor Potensi Toksik Untuk Logam Berat Cd, Pb, Hg dan Dioxin pada Kompartemen Udara dan Air	291
Lampiran 26.	Hasil Penghitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 1	298
Lampiran 27.	Hasil Penghitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 2	299
Lampiran 28.	Hasil Penghitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 3	300
Lampiran 29.	Hasil Penghitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 4	302
Lampiran 30.	Hasil Penghitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 5	305
Lampiran 31.	Hasil Analisis Regresi Aspek Lingkungan	308
Lampiran 32.	Proyeksi Timbulan Sampah Jakarta Barat Tahun 2016	312
Lampiran 33.	Proyeksi Jumlah Penduduk dan Jumlah Timbulan Sampah Jakarta Barat Tahun 2007-2016	313
Lampiran 34.	Aliran Material Sampah pada Setiap Skenario Sistem Pengolahan Sampah Tahun 2007-2016	314
Lampiran 35.	Faktor <i>Compound Interest</i>	315
Lampiran 36.	Rincian Biaya Pengangkutan Sampah ke Fasilitas Pengolahan	316
Lampiran 37.	Rincian Biaya Pengangkutan Sampah atau Residu ke Fasilitas Penimbunan Akhir (<i>Landfill</i>)	317
Lampiran 38.	Rincian Biaya Pengolahan Sampah dengan Teknologi <i>Landfilling</i>	318
Lampiran 39.	Rincian Biaya Pengolahan Sampah dengan Teknologi Insinerasi	319
Lampiran 40.	Rincian Biaya Pengolahan Sampah dengan Teknologi Pengomposan	320
Lampiran 41.	Rincian Biaya Pengolahan Sampah dengan Teknologi Pra Daur Ulang	321
Lampiran 42.	Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Skenario 1	322
Lampiran 43.	Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Skenario 2	323
Lampiran 44.	Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Skenario 3	324
Lampiran 45.	Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Skenario 4	325
Lampiran 46.	Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Skenario 5	326
Lampiran 47.	Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Kebon Jeruk, Jakarta Barat	327
Lampiran 48.	Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Kembangan, Jakarta Barat	328

Lampiran 49.	Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Cengkareng, Jakarta Barat	329
Lampiran 50.	Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Kalideres, Jakarta Barat	330
Lampiran 51.	Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Grogol Petamburan, Jakarta Barat	331
Lampiran 52.	Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Palmerah, Jakarta Barat	332
Lampiran 53.	Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Tambora, Jakarta Barat	333
Lampiran 54.	Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Taman Sari Jakarta Barat	334
Lampiran 55.	Peta Rencana Aliran Sampah dan Residu Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat	335



RINGKASAN

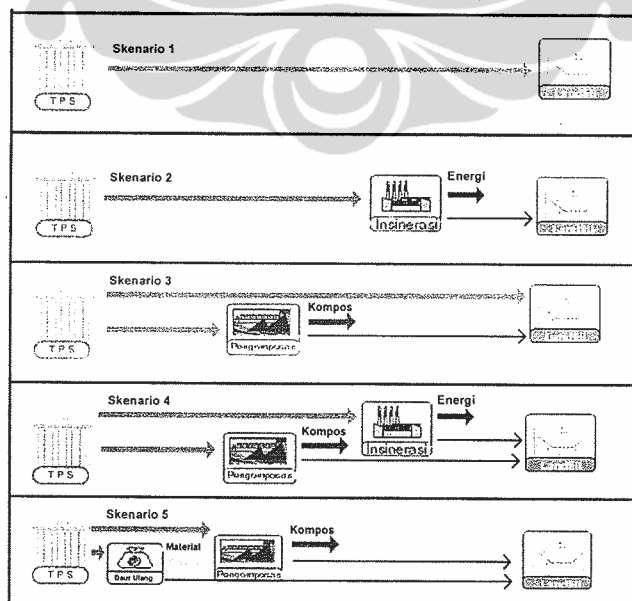
Program Studi Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Indonesia
Disertasi (Juli, 2010)

- A. Nama: Dwi Indrawati
- B. Judul disertasi: Model Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota (Wilayah Studi Jakarta Barat)
- C. Jumlah halaman: Halaman permulaan 24, Halaman isi 206, Gambar 51, Peta 10, Tabel 61, Lampiran 55.

Isi Ringkasan:

Sampah sejak lama sudah menjadi persoalan kota, berbagai upaya pun telah dilakukan namun hingga kini persoalan sampah tidak juga reda, demikian pula yang terjadi di beberapa kota di Indonesia. Pada tingkat kota, umumnya pengelola dihadapkan pada permasalahan dalam menentukan sistem pengolahan sampah yang berkelanjutan, termasuk metode dan strategi untuk menentukan alternatif pilihan kombinasi teknologi pengolahan sampah yang tepat. Hasil penelitian yang telah dikembangkan saat ini memperlihatkan bahwa penelitian mengenai pemilihan teknologi pengolahan sampah kota umumnya masih berfokus pada pertimbangan teknologi secara parsial bukan kombinasi teknologi yang terintegrasi dalam suatu sistem pengolahan sampah yang berkelanjutan. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model yang dapat mendukung pengambilan keputusan dalam menentukan sistem pengolahan sampah kota yang optimal.

Pengembangan model diawali dengan penyusunan alternatif pilihan kombinasi teknologi pengolahan sampah kota, yang dijabarkan dalam beberapa skenario berikut:



Skenario 1 merupakan skenario dasar yang merepresentasikan kondisi penanganan sampah di wilayah studi saat ini, sedangkan skenario lainnya merupakan alternatif pilihan kombinasi teknologi yang dapat dikembangkan. Selanjutnya, setiap skenario dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak *Life Cycle Analysis-Integrated Waste Management (LCA-IWM)* untuk mengetahui dampak lingkungan potensial yang ditimbulkan. Analisis terhadap dampak potensial mencakup dua tujuan utama, yaitu konservasi sumberdaya alam dan pengendalian pencemaran. Kriteria konservasi sumberdaya alam dibatasi pada parameter konsumsi energi sebagai indikator penipisan sumberdaya alam, sedangkan kriteria pengendalian pencemaran mencakup potensi pemanasan global serta potensi toksik terhadap manusia. Berdasarkan hasil analisis dengan metode LCA dan dilanjutkan dengan analisis regresi maka dirumuskan model matematis untuk perhitungan konsumsi energi, potensi pemanasan global serta potensi toksik. Implementasi model perhitungan tersebut selanjutnya digunakan untuk memprediksi nilai dampak lingkungan potensial dari setiap pilihan skenario sistem pengolahan sampah pada masa mendatang. Untuk memilih skenario sistem pengolahan sampah yang optimal dilakukan analisis manfaat-biaya. Skenario sistem pengolahan sampah kota yang terpilih adalah skenario yang memiliki rasio manfaat-biaya yang paling besar.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa wilayah studi Jakarta Barat yang pada tahun 2006 berpenduduk 1.565.947 jiwa merupakan tipologi kota metropolitan dengan timbulan sampah sebesar 5.500 m³/hari atau 503.305 ton/tahun. Sumber sampah terbesar berasal dari permukiman, yaitu sebesar 67,71 persen. Jumlah timbulan sampah berfluktuasi sejak tahun 1997 hingga 2006, dengan jumlah tertinggi pada tahun 1998 sebesar 6.918 m³/hari dan terendah pada tahun 1999 sebesar 5.007 m³/hari. Komponen sampah organik sebesar 65,42 persen dan anorganik sebesar 34,58 persen.

Dalam pengembangan model optimasi sistem pengolahan sampah kota, perumusan skenario dari berbagai kemungkinan penerapan kombinasi teknologi pengolahan sampah merupakan suatu tahapan yang mengawali prosedur pengembangan. Model perhitungan dalam bentuk persamaan matematis yang dihasilkan dari penelitian ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan untuk:

- memprediksi dampak lingkungan potensial dari skenario sistem pengolahan sampah kota, khususnya dalam memprediksi besarnya konsumsi energi, potensi pemanasan global, serta potensi toksik terhadap manusia.
- memprediksi besarnya biaya dari skenario sistem pengolahan sampah kota.

Implementasi pada wilayah studi Jakarta Barat menghasilkan suatu keputusan bahwa sistem pengolahan sampah yang merupakan kombinasi teknologi pengomposan dan teknologi *reusable landfill* (Skenario 3) merupakan sistem pengolahan sampah yang optimal untuk wilayah studi, dengan nilai rasio manfaat-biaya sebesar 1,714 dan NPV sebesar Rp. 346.440.904.343,-.

Daftar Kepustakaan: 125 (dari tahun 1995 sampai tahun 2009)

SUMMARY

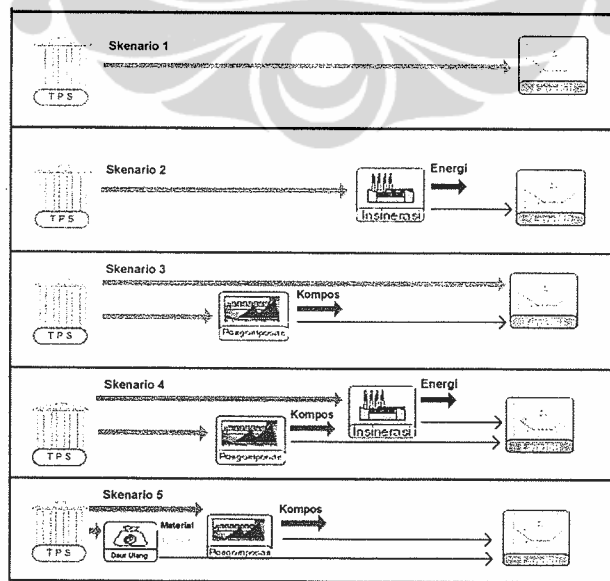
Programme of Study in Environmental Science
Postgraduate Programme University of Indonesia
Dissertation (July, 2010)

- A. Name: Dwi Indrawati
B. Title: Optimization Model of Urban Solid Waste Treatment System (Study area: West Jakarta)
C. Number of pages: Initial page 23, Contents 206, Figures 51, Maps 10, Tables 61, Appendices 55

Summary:

Solid waste has become a major concern in the urban area for a long time. Many efforts have been done, but the problem has not yet been solved until now. The same case happens in some urban area of Indonesia. In an urban area, generally, organizers and planners are faced to problems in determining a sustainable solid waste treatment system, including the method and strategy for selecting the best combination of solid waste treatment technologies. The result of the research done until now shows that generally the selection of urban solid waste treatment technology still focuses on technology partially, not a combination of technologies integrated into a sustainable solid waste treatment system. The purpose of this research is to develop a model that can support the decision making process in determining the optimal urban solid waste treatment system.

The formulation of the model for selecting the optimal urban solid waste treatment system was done through the step of organizing the alternatives of urban solid waste treatment technology combination, which was expanded into some scenarios as follow:



Scenario 1 as the base scenario represents the current condition of the solid waste treatment in the case study area, while the other scenarios are the alternatives of technology combination that can be developed. Next, each scenario was analyzed by using the *Life Cycle Analysis-Integrated Waste Management (LCA-IWM)* software to determine the sustainability of the solid waste treatment system envisioned from environmental aspect. The analysis of the environmental aspect was projected into two main purposes which are natural resource conservation and pollution prevention. The criteria for natural resource conservation was scoped into energy consumption parameter as the indicator of natural resource depletion, while the criteria for pollution prevention was scoped into global warming potential and human toxicity potential. Based on the result of the analysis with LCA method and through the regression analysis, the mathematical model for calculating the energy consumption, global warming potential and toxicity potential was formulated. The implementation of this mathematical model was then used to predict the potential impact resulting from each solid waste treatment system scenario for the case study area in the future. The benefit-cost analysis was done to select the optimal solid waste treatment system scenario. The chosen scenario is the solid waste treatment system having the biggest ratio of benefit-cost.

The result of the research indicates that the case study area West Jakarta, which in 2006 had a population of 1,565,947 people, is a metropolis typology with the solid waste generation amount of 5,500 m³/day or 503.305 tons/year. The largest source of solid waste comes from the residential areas, which is 67.71 in percentage. The amount of solid waste had been fluctuated since 1997 until 2006, with the highest value of 6,918 m³/day in 1998 and the lowest of 5,007 m³/day in 1999. The component of organic waste is 65.42 percent and inorganic 34.58 percent.

The development of optimization model for urban solid waste treatment system in this research started with the step of arranging the alternatives of treatment technology combination which were carried out in a number of solid waste treatment system scenarios. Generally the optimization strategy was done in two steps that included the formulation of the mathematical model for calculating the potential environmental impact which covered energy consumption, global warming potential and toxicity potential. The step followed afterwards was the implementation of the mathematical model, implying on the emergence of the environmental cost burden. Thus, the benefit-cost ratio from each urban solid waste treatment system scenario could be formulated, therefore the optimal scenario was selected.

In the case study of West Jakarta area, the implementation of mathematical model for calculating the environmental impact potential (global warming and toxicity potential) indicated that the scenario of solid waste treatment system with the combination of composting technology and reusable landfill technology (Scenario 3) is the optimal solid waste treatment system for the study area, with the value of the benefit-cost ratio of 1.714 and the NPV of Rp. 346 440 904 343, -.

Number of References: 125 (issued from 1995 to 2009)

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sampah sejak lama sudah menjadi persoalan kota, berbagai upaya pun telah dilakukan namun hingga kini persoalan sampah tidak juga reda, demikian pula yang terjadi di beberapa kota di Indonesia. Meningkatnya pembangunan kota, penambahan jumlah penduduk, tingkat aktivitas dan tingkat sosial-ekonomi masyarakat menyebabkan meningkatnya jumlah timbulan sampah dari hari ke hari. Jumlah timbulan sampah yang meningkat serta sarana dan prasarana pemerintah daerah yang terbatas mengakibatkan permasalahan sampah di perkotaan menjadi semakin kompleks.

Data dari Kementerian Lingkungan Hidup (2004) memberikan gambaran mengenai kondisi penanganan sampah di wilayah perkotaan di Indonesia, yaitu sebesar 58,7 persen diangkut, 35,0 persen dibakar, 1,4 persen dibuang ke sungai dan sebesar 4,9 persen lain-lain. Di samping itu, data juga menunjukkan bahwa hingga tahun 2000 sistem pengelolaan sampah kota hanya mampu melayani 35,13 juta jiwa atau 32,1 persen dari total penduduk kota sebanyak 109,4 juta jiwa dari 384 kota di Indonesia. Sementara itu kondisi TPA di berbagai kota di Indonesia pada umumnya tidak memadai. Hal ini diperkuat dengan hasil evaluasi Program Adipura tahun 2007, yang menyatakan bahwa rata-rata skor yang diperoleh untuk berbagai komponen utama TPA pada umumnya berada pada rentang nilai 46 hingga 60 dengan kualifikasi buruk. Dari gambaran tersebut dapat dikatakan bahwa pengelolaan sampah khususnya di perkotaan masih belum baik.

Sampah yang tidak dikelola dengan baik tentunya akan berdampak terhadap nilai dan fungsi lingkungan. Selain itu, pembuangan sampah dalam jumlah besar memerlukan lahan yang luas. Kawasan yang padat penduduknya seperti kota besar akan mengalami kesulitan dalam mencari lahan untuk TPA. Untuk mengurangi beban TPA dan ketergantungan terhadap TPA, maka diperlukan upaya mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke TPA melalui pengolahan dan pemanfaatan sampah. Namun demikian, pada tingkat kota umumnya pengelola

dan perencana dihadapkan pada permasalahan dalam mengembangkan sistem pengolahan sampah yang berkelanjutan, termasuk metode dan strategi untuk menentukan kombinasi teknologi pengolahan sampah yang tepat. Untuk mendukung upaya tersebut, maka diperlukan suatu model yang dapat membantu dalam menentukan sistem pengolahan sampah yang optimal berdasarkan konsep pengolahan sampah yang terintegrasi dan berkelanjutan.

1.2. Perumusan Masalah

Pertambahan penduduk dan arus urbanisasi yang pesat telah menyebabkan timbulan sampah di perkotaan semakin tinggi. Besarnya timbulan sampah yang harus ditangani tersebut akan menyebabkan berbagai permasalahan lingkungan, antara lain: 1) pencemaran air oleh *leachate* (lindi) dari tumpukan sampah dan mengalir menuju badan perairan ataupun meresap ke dalam tanah; 2) pencemaran udara karena adanya gas metan (CH_4), salah satu jenis gas rumah kaca yang keluar dari tempat penimbunan akhir sampah akibat proses dekomposisi bahan organik secara anaerobik; 3) berkembangnya bakteri patogen tertentu yang dapat menimbulkan penyakit pada manusia; serta 4) menurunnya nilai estetika dan kenyamanan lingkungan.

Meningkatnya jumlah timbulan sampah kota yang tidak diimbangi dengan meningkatnya aktivitas dan ketersediaan prasarana dan sarana pengelolaan sampah mengakibatkan jumlah sampah yang tidak terkelola semakin meningkat. Hasil evaluasi terhadap kondisi pengelolaan sampah di beberapa kota, khususnya di wilayah Jabodetabek menunjukkan bahwa pada umumnya masyarakat termasuk juga pengelola kota masih memandang sampah sebagai bahan buangan, yang hanya dikumpul, diangkut dan dibuang. Walaupun ada pengolahan, jumlah sampah yang diolah masih sangat kecil, yaitu hingga tahun 2007 baru dapat mereduksi sampah sekitar 10 persen dari total timbulan sampah (Dinas Kebersihan DKI Jakarta, 2008).

Saat ini pemerintah Provinsi DKI Jakarta masih mengandalkan mekanisme pengelolaan sampah pada teknik pembuangan akhir, baik melalui tempat penampungan sementara (TPS) atau langsung ke tempat pembuangan akhir (TPA) di Bantar Gebang, Bekasi. Pengelolaan sampah yang dilakukan di kota lainnya khususnya dalam lingkup Bodetabek seperti Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi tidak berbeda dengan kegiatan pengelolaan sampah yang dilakukan di DKI Jakarta, yaitu masih mengacu pada pola kumpul-angkut-buang, sehingga masih sangat bergantung pada ketersediaan prasarana dan sarana untuk mengumpulkan dan mengangkut sampah ke tempat pembuangan akhir. Di sisi lain, lahan untuk pembuangan akhir sampah di perkotaan semakin terbatas dan semakin mahal. Oleh karena itu, pengolahan dan pemanfaatan sampah dengan menerapkan teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi dan pengurangan sampah semaksimal mungkin, memiliki perhatian besar terhadap lingkungan serta mudah beradaptasi dengan kondisi sosial-ekonomi sangat diperlukan. Namun demikian, hingga saat ini pengelola belum memiliki model yang dapat membantu dalam memilih suatu sistem pengolahan sampah yang optimal, yang mencakup kombinasi teknologi pengolahan sampah secara terintegrasi dan berkelanjutan.

Hasil penelitian yang telah dikembangkan saat ini memperlihatkan bahwa penelitian mengenai pemilihan teknologi pengolahan sampah kota umumnya masih berfokus pada pertimbangan teknologi secara parsial bukan kombinasi teknologi yang terintegrasi dalam suatu sistem pengolahan sampah yang berkelanjutan, seperti penelitian yang pernah dilakukan oleh Amurwaraharja (2003), Syafrizal (2005), Herminindian (2007), dan Utama (2007). Penelitian lainnya terkait dengan pengolahan sampah kota yang telah dilakukan selama ini, antara lain oleh Masui *et al.* (2000) dan Robba *et al.* (2001) umumnya menitikberatkan pada aspek teknis dan implikasi biaya sehingga belum sepenuhnya mempertimbangkan aspek keberlanjutan. Selain itu model yang dikembangkan saat ini umumnya bersifat kompleks atau rumit.

Untuk itu diperlukan suatu model optimasi sistem pengolahan sampah kota yang memberikan opsi atau alternatif pilihan kombinasi teknologi pengolahan secara

terintegrasi yang telah memperhitungkan aspek keberlanjutan (teknis, lingkungan dan biaya). Aspek lingkungan mencakup kriteria penipisan sumberdaya alam dengan indikator konsumsi energi, serta kriteria pengendalian pencemaran dengan indikator potensi pemanasan global dari gas rumah kaca dan potensi toksik yang ditimbulkan. Sedangkan aspek biaya mencakup biaya langsung dan biaya sosial sebagai konsekuensi dari dampak lingkungan potensial yang ditimbulkan.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini adalah mengembangkan model yang dapat mendukung pengambilan keputusan dalam menentukan sistem pengolahan sampah kota yang optimal dengan mempertimbangkan aspek keberlanjutan.

Tujuan khusus penelitian untuk mendukung tujuan umum tersebut adalah:

1. Perumusan model:
 - a. Menyusun alternatif kombinasi teknologi pengolahan sampah yang diwujudkan dalam berbagai skenario sistem pengolahan sampah kota.
 - b. Merumuskan model matematis untuk perhitungan dampak lingkungan potensial dari suatu sistem pengolahan sampah kota, yang terdiri atas model perhitungan konsumsi energi, model perhitungan potensi pemanasan global dan model perhitungan potensi toksik.
2. Implementasi model:
 - a. Mengimplementasikan model matematis yang telah dirumuskan untuk menilai dampak potensial sistem pengolahan sampah kota.
 - b. Merumuskan rasio manfaat-biaya dari suatu sistem pengolahan sampah kota.
 - c. Menentukan alternatif pilihan skenario sistem pengolahan sampah kota yang optimal untuk wilayah studi.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk:

1. Memperkaya ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang ilmu lingkungan terkait dengan penanganan sampah kota sebagai kontribusi dalam pemecahan

masalah lingkungan di perkotaan. Dengan model yang dikembangkan ini akan memberikan pendekatan sederhana dalam menilai dampak potensial dari sistem pengolahan sampah kota, khususnya dalam hal konsumsi energi, potensi pemanasan global dan potensi toksik.

2. Digunakan dalam proses pengambilan keputusan untuk penerapan sistem pengolahan sampah terpadu pada suatu wilayah kota, dengan perencanaan fasilitas pengolahan sampah kota yang optimal.



BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sumber dan Timbulan Sampah Kota

Sumber sampah di perkotaan pada umumnya berkaitan dengan peruntukan lahan, seperti sampah yang berasal dari kawasan permukiman, kawasan komersial (pasar, pertokoan, restoran, tempat hiburan), kawasan institusi (perkantoran, sekolah, tempat ibadah dan lembaga-lembaga non komersial lainnya), kawasan industri, serta sampah yang berasal dari jalan, taman dan tempat-tempat terbuka lainnya.

Laju timbulan sampah kota (SNI S-04-1991-03) adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan klasifikasi kota:
 - a. kota kecil = 2,25 - 2,50 liter/orang/hari atau 0,30 - 0,50 kg/orang/hari,
 - b. kota sedang = 2,75 - 3,25 liter/orang/hari atau 0,70 - 0,80 kg/orang/hari.
2. Berdasarkan sumber sampah atau peruntukan lahan yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Laju Timbulan Sampah Berdasarkan Sumber Sampah

Sumber Sampah	Laju Timbulan Sampah	
	Volume (liter)	Berat (kg)
Permukiman		
- Rumah permanen (per orang/hari)	2,25 - 2,50	0,350 - 0,400
- Rumah semi permanen (per orang/hari)	2,00 - 2,25	0,300 - 0,350
- Rumah non permanen (per orang/hari)	1,75 - 2,00	0,250 - 0,300
Kantor (per pegawai/hari)	0,50 - 0,75	0,025 - 0,100
Toko (per petugas/hari)	2,50 - 3,00	0,150 - 0,350
Sekolah (per murid/hari)	0,10 - 0,15	0,010 - 0,020
Jalan arteri sekunder (per meter /hari)	0,10 - 0,20	0,020 - 0,100
Jalan kolektor sekunder (per meter/hari)	0,10 - 0,15	0,010 - 0,050
Jalan lokal (per meter/hari)	0,05 - 0,10	0,005 - 0,025
Pasar (per meter ² /hari)	0,20 - 0,60	0,100 - 0,300

Sumber: SK. SNI.S-04-1991-03

Faktor-faktor yang mempengaruhi timbulan dan jenis sampah:

1. Peruntukan lahan, seperti:
 - a. Perkantoran, dengan jenis sampah dominan berupa *combustible rubbish* atau sampah yang dapat terbakar.
 - b. Pasar, dengan jenis sampah dominan berupa sampah organik.
 - c. Industri, dengan jenis sampah sesuai dengan jenis industri.
2. Tingkat aktivitas
 Jumlah sampah yang timbul pada setiap peruntukan lahan berhubungan langsung dengan tingkat aktivitas orang-orang yang ada di dalamnya. Semakin tinggi tingkat aktivitas, maka semakin besar timbulan sampahnya.
3. Jumlah dan kepadatan penduduk
 Di kota-kota besar, semakin padat penduduknya, maka semakin besar pula sampah yang timbul. Sebaliknya lokasi tempat pengelolaan sampah semakin menyempit.
4. Kondisi sosial-ekonomi.
 Apabila kondisi sosial-ekonomi baik, maka akan besar pula timbulan sampahnya. Sebaliknya pada kondisi sosial-ekonomi yang kurang baik, timbulan sampah cenderung menurun.

Tabel 2.2 memberikan gambaran mengenai laju timbulan sampah kota di beberapa negara dengan tingkat GNP per kapita yang berbeda. Negara dengan tingkat pendapatan rendah memiliki persentase penduduk kota terendah dan laju timbulan sampah yang juga terendah, dengan rentang 0,4 – 0,9 kg per kapita per hari. Negara dengan Gross National Product (GNP) per kapita kurang dari 400 US \$ memiliki laju timbulan sampah di bawah 0,7 kg per kapita per hari. Seiring dengan meningkatnya GNP hingga tingkat menengah, laju timbulan sampah juga mengalami peningkatan dengan kisaran 0,5 – 1,1 kg per hari, sedangkan pada negara dengan GNP terbesar laju timbulan sampah berkisar 1,1 – 5,07 kg per kapita per hari (Urban Development Sector Unit, 1999).

Tabel 2.2. Laju Timbulan Sampah Kota di Beberapa Negara dan Proyeksinya pada Tahun 2025

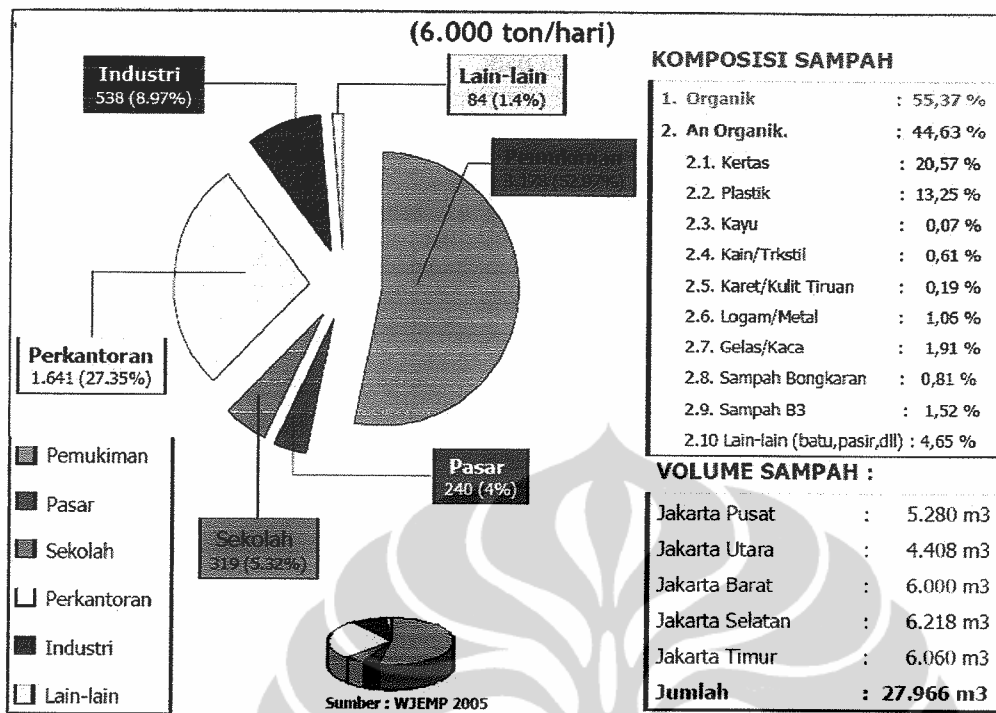
Negara	GNP/kapita ¹		Populasi penduduk kota (% dari total) ²		Laju timbulan sampah (kg/kapita/hari)	
	(1995 US \$)	2025 (1995 US \$)	1995	2025	1995	2025
Low Income:	490	1.050	27,8	48,8	0,64	0,6-1,0
Nepal	200	360	13,7	34,3	0,50	0,6
Bangladesh	240	440	18,3	40,0	0,49	0,6
Myanmar	240*	580	26,2	47,3	0,45	0,6
Vietnam	240	580	20,8	39,0	0,55	0,7
Mongolia	310	560	60,9	76,5	0,60	0,9
India	340	620	26,8	45,2	0,46	0,7
Lao PDR	350	850	21,7	44,5	0,69	0,8
China	620	1.500	30,3	54,5	0,79	0,9
Sri Lanka	700	1.300	22,4	42,6	0,89	1,0
Middle Income:	1.410	3.390	37,6	61,1	0,73	0,8-1,5
Indonesia	980	2.400	35,4	60,7	0,76	1,0
Philippines	1.050	2.500	54,2	74,3	0,52	0,8
Thailand	2.740	6.650	20,0	39,1	1,10	1,5
Malaysia	3.890	9.400	53,7	72,7	0,81	1,4
High Income:	30.990	41.140	79,5	88,2	1,64	1,1-4,5
Korea, Republic of	9.700	17.600	81,3	93,7	1,59	1,4
Hong Kong	22.990	31.000	95,0	97,3	5,07	4,5
Singapore	26.730	36.000	100,0	100,0	1,10	1,1
Japan	39.640	53.500	77,6	84,9	1,47	1,3

¹World bank, 1997
²United Nations, 1995
*estimated GNP

Sumber: Urban Development Sector Unit, East Asia and Pacific Region (1999)

Berdasarkan uraian tersebut di atas memperlihatkan bahwa ada hubungan antara besaran kota yang ditunjukkan dalam indikator jumlah penduduk, peruntukan lahan dan kondisi sosial ekonomi penduduk yang digambarkan dalam angka GNP dengan laju timbulan dan komposisi sampah kota.

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik DKI Jakarta (2007), jumlah timbulan sampah Jakarta setiap harinya berkisar 27.966 m³ atau setara dengan sekitar 6.000 ton per hari, dengan sumber terbesar berasal dari wilayah permukiman sebesar 52,97 persen, perkantoran 27,53 persen, industri 8,97 persen, sekolah 5,32 persen, pasar 4,00 persen dan lain-lain sebesar 1,40 persen. Gambaran secara umum mengenai sumber dan komposisi sampah di DKI Jakarta dapat dilihat pada Gambar 2.1.

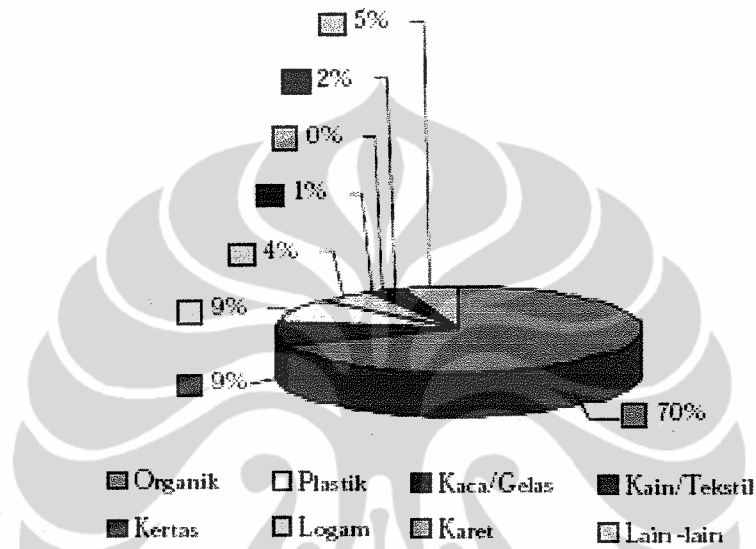


Gambar 2.1. Sumber, Volume dan Komposisi Sampah DKI Jakarta
Sumber: BPS DKI Jakarta (2007)

Selain timbulan dan komposisi sampah, informasi mengenai karakteristik sampah lainnya seperti densitas, kadar air, kadar abu, serta nilai kalor umumnya juga diperlukan dalam teknis operasional penanganan sampah, antara lain untuk pemilihan peralatan operasional dan fasilitas pengolahan sampah, penentuan kelayakan sumberdaya dan energi yang dapat dimanfaatkan kembali dari sampah, serta analisis dan desain fasilitas pembuangan akhir.

Menurut Tchobanoglous (1993), persentase komponen sampah kota bervariasi terhadap lokasi, musim, ekonomi, kondisi daerah, serta faktor lainnya. Variasi komponen sampah ini merupakan faktor yang menentukan dalam proses kebijakan pengelolaan sampah. Flintoff (1992) menyatakan bahwa meningkatnya standar hidup masyarakat akan berpengaruh terhadap komposisi sampah yang dihasilkan. Pengaruh jangka panjang dari peningkatan kesejahteraan masyarakat terhadap karakteristik sampah domestik adalah:

- a. menurunnya kerapatan;
- b. meningkatnya proporsi bahan-bahan pembungkus, seperti kertas dan plastik serta bahan pembungkus lainnya;
- c. menurunnya kelembaban;
- d. meningkatnya nilai kalor.



Gambar 2.2. Komposisi Sampah Kota di Pulau Jawa Bagian Barat
Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup (2004)

Sampah domestik merupakan bagian terbesar dari sampah perkotaan, yang berasal dari sampah rumah tangga dan aktivitas lingkungan sekitar. Berdasarkan komposisi sampah, persentase jenis sampah terbanyak di Pulau Jawa bagian barat adalah sampah organik (70 persen), seperti terlihat pada Gambar 2.2.

Secara fisik, sampah mengandung komponen atau bahan-bahan yang masih berguna, hanya sudah berkurang nilainya. Berkurangnya nilai sampah sebagian besar disebabkan kondisi sampah yang tercampur dan komposisinya tidak diketahui. Dengan demikian, pemisahan bahan dalam sampah secara umum akan meningkatkan nilai untuk penggunaan lebih lanjut bahan-bahan tersebut. Secara umum, adanya berbagai komponen material dalam sampah kota akan memberikan gambaran bahwa pengolahan sampah kota dapat dilakukan dengan lebih dari satu teknologi.

2.2. Teknologi Pengolahan Sampah

Pengolahan sampah adalah upaya yang dilakukan dalam sistem pengelolaan sampah yang bertujuan:

1. mengurangi atau mereduksi sampah, sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional selanjutnya (proses pengangkutan dan pembuangan akhir);
2. mendaur ulang material atau bahan yang kurang bermanfaat untuk ditingkatkan kembali manfaatnya;
3. mendaur ulang material atau bahan buangan untuk diubah menjadi produk lain atau energi.

Teknologi pengolahan sampah terdiri dari teknologi termal, biologi dan fisik. Teknologi termal adalah teknologi yang dioperasikan pada temperatur lebih besar dari 400°F dan memiliki laju reaksi yang lebih tinggi. Umumnya teknologi termal dioperasikan pada kisaran temperatur antara 700°F sampai 1.000°F. Kebanyakan teknologi termal digunakan untuk menghasilkan energi listrik sebagai produk primernya.

Teknologi pengolahan secara biologi merupakan teknologi yang dioperasikan pada temperatur yang lebih rendah dan memiliki laju reaksi yang lebih rendah. Teknologi pengolahan ini dapat menerima bahan baku dengan tingkat kadar air yang tinggi, tetapi memerlukan material yang dapat didegradasi secara biologi. Beberapa teknologi biologi melibatkan sintesis produk dengan menggunakan proses kimia pada tingkatan berganda. Produk yang dihasilkan dapat berupa energi listrik, kompos dan produk kimia.

Teknologi pengolahan secara fisik adalah teknologi yang mengubah karakteristik fisik material sampah kota. Material sampah kota kemungkinan akan dipilah, dicacah, dan/atau dikeringkan pada fasilitas pengolahan. Material yang dihasilkan dari pengolahan secara fisik ini dapat berupa RDF (*Refused Derived Fuel*), yang lebih padat atau dalam bentuk *pellet* bahan bakar yang homogen dan dapat digunakan sebagai bahan bakar suplemen untuk penggunaan *boiler*.

Pada tingkat operasional, teknologi pengolahan sampah dapat dilakukan secara terpadu sebagai kombinasi teknologi pengolahan sampah secara daur ulang, pengomposan, insinerasi, dan penimbunan akhir sampah (*landfilling*). Anggadiredja (2006) mengatakan, belajar dari pengalaman negara yang relatif lebih maju, diperoleh kesimpulan bahwa penanganan sampah dari segi teknologi tidak akan tuntas hanya dengan menerapkan satu metode pengolahan saja tetapi harus dengan kombinasi dari berbagai metode yang kemudian dikenal sebagai Sistem Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST). Sistem Pengelolaan Sampah Terpadu tersebut setidaknya mengkombinasikan pendekatan pengurangan sampah di sumber, daur ulang dan guna ulang, pengomposan, insinerasi, serta penimbunan akhir (*landfilling*).

2.2.1. Pengomposan (*Composting*)

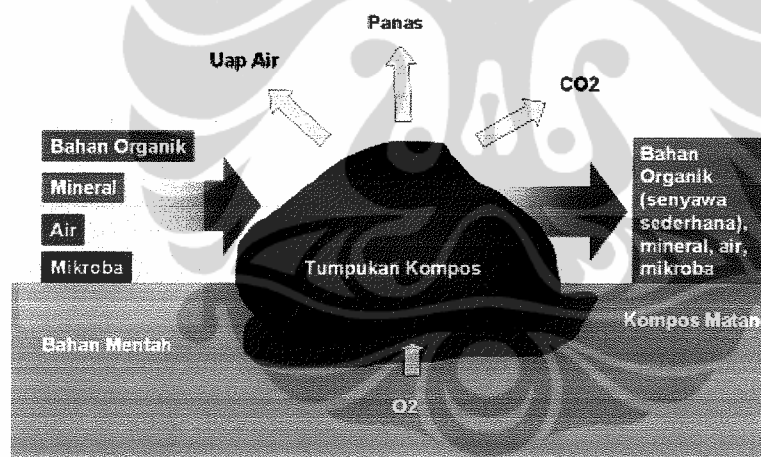
Pengomposan adalah proses pengolahan sampah dengan bantuan mikroorganisme pengurai, baik secara aerobik atau anaerobik untuk menghasilkan kompos. Sampah yang dapat digunakan dengan baik sebagai bahan baku kompos adalah sampah organik, karena mudah mengalami proses dekomposisi oleh mikroba. Di Indonesia sampah organik yang telah dimanfaatkan sebagai kompos masih sangat sedikit jumlahnya, yaitu baru sekitar satu persen dari jumlah sampah organik yang ada (Kementerian Lingkungan Hidup, 2004).

Proses dekomposisi senyawa organik oleh mikroba merupakan proses berantai. Senyawa organik yang bersifat heterogen bercampur dengan kumpulan jasad hidup yang berasal dari udara, tanah, air, dan sumber lainnya, lalu di dalamnya terjadi proses mikrobiologis. Beberapa hal yang perlu diperhatikan agar proses tersebut berjalan lancar adalah perbandingan kadar nitrogen dan karbon (C/N rasio) di dalam bahan, kadar air, bentuk dan jenis bahan, temperatur, pH, dan jenis mikroba yang berperan di dalamnya. Di samping itu, beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengomposan, antara lain:

- a. **Pemilahan bahan.** Bahan-bahan yang sekiranya lambat atau sukar terdegradasi harus dipisahkan. Bahan-bahan tersebut dapat berupa logam, batu, plastik dan sebagainya. Demikian pula dengan bahan-bahan tertentu

yang bersifat toksik serta dapat menghambat pertumbuhan mikroba, antara lain residu pestisida.

- b. **Ukuran bahan.** Dengan ukuran bahan yang lebih kecil serta homogen, proses pengomposan akan berjalan lebih cepat dan baik. Ukuran yang lebih kecil dan homogen bahan baku kompos, lebih luas permukaan bahan yang dapat dijadikan substrat bagi aktivitas mikroba, serta berpengaruh pada kelancaran difusi oksigen yang diperlukan serta pengeluaran CO₂ yang dihasilkan.
- c. **Nutrien.** Aktivitas mikroba di dalam tumpukan sampah memerlukan sumber nutrisi karbohidrat, dan antara 20-40 persen karbohidrat yang digunakan akan diasimilasikan menjadi komponen sel dan CO₂.
- d. **Kadar air bahan.** Kadar air bahan bergantung pada bentuk dan jenis bahan, namun nilai optimum berada pada kisaran 50-70 persen, terutama pada fase awal.



Gambar 2.3. Proses Pengomposan Sampah
Sumber : Isroi (2008)

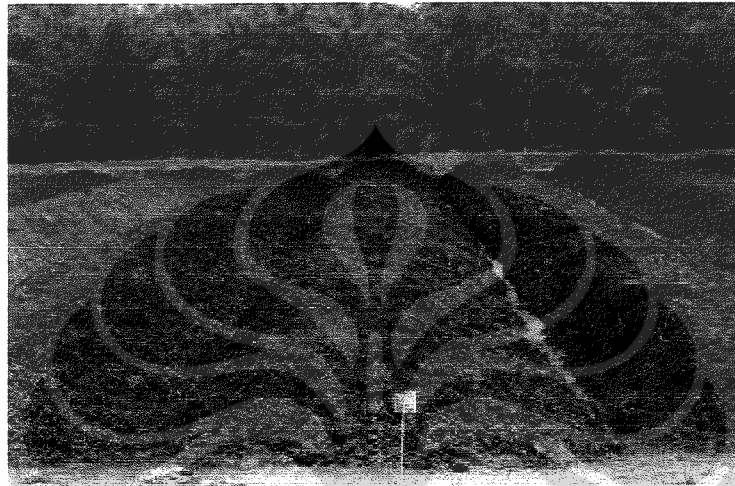
Metode atau teknik pengomposan aerobik terdiri atas:

- a. Pengomposan dengan teknologi *windrow*
- b. Pengomposan dengan *aerated static pile*, dan
- c. Pengomposan *in vessel*

a. Pengomposan dengan teknologi *windrow*

Pengomposan dengan teknologi *windrow* (*windrow composting*) yaitu proses pengomposan yang dilakukan dengan cara sampah (bahan baku kompos)

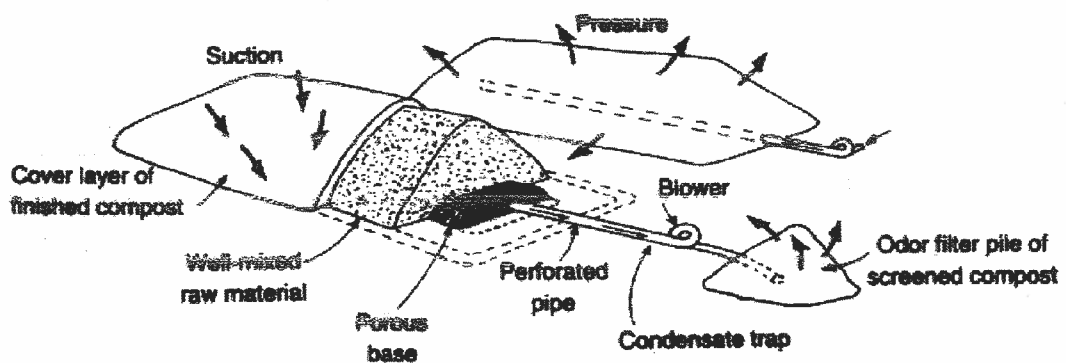
ditumpuk dalam barisan tumpukan yang disusun sejajar. Tumpukan secara berkala dibolak-balik untuk meningkatkan aerasi, mengendalikan suhu serta kelembaban kompos. Lama pengomposan berkisar antara 10 hingga 12 minggu, bergantung pada karakteristik bahan yang dikomposkan, temperatur, tingkat kelembaban, oksigen, ukuran partikel serta tingkat pembalikan.



Gambar 2.4. *Windrow Composting*
Sumber : Isroi (2008)

b. Pengomposan dengan teknologi *aerated static pile*

Pengomposan dengan teknologi ini dilakukan dengan cara tumpukan atau gundukan bahan kompos (seperti *windrow system*) diaerasi statis dengan menggunakan *blower* mekanik. Tumpukan bahan kompos ditutup dengan terpal plastik. Teknik ini dapat mempersingkat waktu pengomposan hingga 3 – 5 minggu.



Gambar 2.5. Proses Pengomposan *Aerated Static Pile*
Sumber: The Ohio State University, Bulletin 604-06

Tabel 2.3. Perbandingan Metode Pengomposan Aerobik

Uraian	<i>Windrow</i>	<i>Aerated static pile</i>	<i>In-vessel, forced aeration</i>	
			Dengan agitasi	Tanpa agitasi
Biaya investasi	Umumnya rendah	Dalam sistem yang kecil umumnya rendah, tapi dapat tinggi pada sistem yang lebih besar	Umumnya tinggi	Umumnya tinggi
Biaya operasional	Umumnya rendah	Tinggi (dalam sistem sludge dimana digunakan <i>bulking agent</i>)	Umumnya rendah	Umumnya rendah
Kebutuhan lahan	Tinggi	Tinggi	Rendah, tapi dapat meningkat jika diperlukan pengeringan <i>windrow</i>	Rendah, tapi dapat meningkat jika diperlukan pengeringan <i>windrow</i>
Pengendalian udara	Terbatas, kecuali jika digunakan aerasi	Lengkap	Lengkap	Lengkap
Pengendalian operasional	Perlu sering dilakukan pembalikan	Laju aliran udara	Laju aliran udara, agitasi	Laju aliran udara
Pengendalian bau	Tergantung bahan baku, kemungkinan sumber area luas	Sumber area luas, tetapi dapat dikendalikan	Kemungkinan besar baik	Kemungkinan besar baik
Kemungkinan masalah operasi	Rentan terhadap cuaca yang kurang baik	Pengendalian laju aliran udara kritis, dimungkinkan untuk suplai udara melalui pembuatan saluran atau hubungan singkat	Fleksibilitas operasi tinggi, sistem mungkin secara mekanik rumit	Dapat dilakukan pembuatan saluran atau hubungan singkat untuk suplai udara, tetapi mungkin secara mekanik rumit

Sumber: Polprasert, 2007

c. Pengomposan dengan teknologi *in-vessel*

Pada pengomposan *in vessel*, proses pengomposan berlangsung di dalam kontainer atau reaktor, seperti reaktor vertikal, reaktor horizontal, atau tangki sirkular.

2.2.2. Insinerasi

Insinerasi merupakan proses pengolahan sampah dengan cara pembakaran pada temperatur tinggi ($>800^{\circ}\text{C}$) untuk mereduksi sampah yang tergolong mudah terbakar (*combustible*), atau yang sudah tidak dapat didaurulang lagi. Sasaran insinerasi adalah untuk mereduksi massa dan volume sampah, membunuh bakteri dan virus, serta mereduksi materi kimia toksik, sehingga memudahkan penanganan sampah selanjutnya. Insinerasi dapat mengurangi volume sampah domestik sampai 85-95 persen dan pengurangan berat sampai 70-80 persen (Damanhuri & Padmi, 2004).

Proses yang terdapat pada insinerator pada dasarnya terdiri atas enam tahap, yaitu : 1) proses pembakaran; 2) proses pengolahan abu; 3) proses pendinginan gas; 4) proses pengolahan gas; 5) proses pengolahan air kotor; dan 6) proses pemanfaatan panas. Proses tersebut menunjukkan bahwa pengolahan sampah dengan insinerator dilakukan dengan memperhatikan aspek keamanan terhadap lingkungan.

Beberapa aspek yang harus diperhatikan agar proses insinerasi berlangsung secara optimal, antara lain:

- a. Aspek keterbakaran: menyangkut nilai kalor, kadar air, dan kadar abu dari sampah.
- b. Aspek keamanan: menyangkut titik nyala, tekanan uap, deteksi logam berat, dan operasional insinerator.
- c. Aspek pencegahan pencemaran udara: menyangkut penanganan debu terbang, gas toksik, dan uap metalik.

Teknologi pembakaran sampah (insinerasi) dan panas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik yang dikenal dengan teknologi *waste to energy (WtE)* atau pembangkit listrik tenaga sampah (PLT_{Sa}) yang terbarukan (*renewable*).

Terkait dengan teknologi *waste to energy*, Cutter (1985) dalam Departemen Pekerjaan Umum (2006), membagi *resources recovery* menjadi dua sistem, yaitu sistem perolehan kembali energi dan sistem perolehan kembali materi. Sistem perolehan kembali energi dapat melalui:

1. pembakaran sampah, untuk mendapatkan panas;
2. proses RDF (*refused derived fuel*), untuk memperoleh bahan bakar;
3. pirolisis, untuk mendapatkan minyak dan gas;
4. *landfill methane recovery*, *anaerobic digestion*, dan hidrolisis, untuk memperoleh gas, antara lain gas metan.

Pemanfaatan sampah sebagai sumber energi dengan menggunakan tungku pembakaran sampah (*waste insinerator*) memiliki beberapa kendala, antara lain penyimpanan sampah sebagai bahan bakar tidak dapat bertahan lama, kualitas sampah yang cenderung berubah-ubah bergantung pada cuaca atau musim membuat nilai kalor sampah juga berubah-ubah dan gas atau abu dari pembakaran sampah dapat memberikan dampak yang tidak ramah terhadap lingkungan. Untuk mengatasi kendala tersebut di atas, dapat dilakukan beberapa cara pemrosesan sampah (*refused derived fuel*) sebelum digunakan sebagai bahan bakar, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Pembagian Jenis *Refused Derived Fuel (RDF)*

Jenis RDF	Jenis Pengolahan
RDF-1	Material sampah (tidak termasuk sampah ukuran besar)
RDF-2	<i>Coarse RDF</i> , berbentuk serpihan
RDF-3	<i>Fluff RDF</i> , 95% serpihan <50 mm, material yang dapat terbakar (tidak termasuk gelas dan keramik)
RDF-4	<i>Powder RDF</i> , 95% berbentuk serpihan < 2 mm,
RDF-5	<i>Densified RDF</i> , berbentuk <i>pellet</i> atau <i>bricket</i>
RDF-6	<i>Liquified RDF</i> , berbentuk bahan bakar cair
RDF-7	<i>Gaseous RDF</i> , berbentuk bahan bakar gas

Sumber: Febijanto (2001)

Besarnya potensi kalor yang dapat diubah menjadi energi listrik bergantung pada efisiensi pembangkit listrik. Berdasarkan data yang pernah dikumpulkan oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), efisiensi pembangkit listrik dengan bahan bakar sampah yang beroperasi di Jepang, dari tahun 1970 hingga tahun 2000 pada umumnya menunjukkan peningkatan efisiensi sampai sekitar 20 persen. Efisiensi ini masih sangat rendah dibandingkan dengan pembangkit listrik berbahan bakar batu bara atau gas yang berkisar antara 40 persen. Hal ini disebabkan karena suhu uap air yang dihasilkan dibatasi agar tidak melebihi 300°C. Jika lebih dari 300°C maka akan terjadi korosi pada pipa *boiler*, yang disebabkan oleh klorin yang berasal dari sampah

Penentuan jenis dan kuantitas sampah merupakan langkah awal sebelum menentukan penggunaan teknologi *waste-to-energy* dalam mengolah sampah. Jumlah energi yang dapat dihasilkan dapat diestimasi berdasarkan jenis dan kuantitas sampah, sedangkan komposisi sampah akan menentukan nilai panas. Saat ini pengolahan sampah dengan teknologi *waste-to-energy* berdasarkan kapasitas dapat dibagi dalam tiga macam, yaitu:

1. *modular incinerators*,
2. *mass-burning system*, dan
3. *refused derived fuel (RDF) system*.

Pemilihan teknologi dilakukan dengan mempertimbangkan antara lain kuantitas dan kualitas sampah, ketersediaan pasar energi, dan pertimbangan lingkungan.

2.2.3. Teknologi penimbunan akhir sampah (*Landfilling*)

Proses akhir dari rangkaian penanganan sampah umumnya dilakukan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Tujuan utama penimbunan akhir adalah menyimpan sampah dengan cara yang tepat dan menjamin keamanan lingkungan, menstabilkan sampah (mengkonversi menjadi tanah), dan mengubahnya ke dalam siklus metabolisme alami. Ditinjau dari segi teknis, proses ini adalah menimbun dengan sampah. Lokasi penimbunan harus memenuhi kriteria berikut:

- a. ekonomis dan dapat menampung sampah yang ditargetkan,
- b. mudah dicapai oleh kendaraan pengangkut sampah, dan
- c. aman terhadap lingkungan sekitarnya.

Menurut Damanhuri (2004), penanganan sampah yang dilakukan di TPA adalah berupa proses *landfilling* (pengurugan), dan sebagian besar di Indonesia dilaksanakan dengan cara *open dumping*, yang mengakibatkan permasalahan lingkungan, seperti timbulnya bau, tercemarnya air tanah, serta timbulnya asap. Teknik *open dumping* adalah cara pembuangan sampah yang paling sederhana, yaitu sampah dihamparkan di suatu lokasi dan dibiarkan terbuka begitu saja. Setelah lokasi penuh dengan sampah, maka lokasi tersebut ditinggalkan. Teknik ini sering menimbulkan masalah lingkungan, oleh karena itu teknik *open dumping* sebaiknya tidak diterapkan lagi, melainkan diganti dengan teknik *sanitary landfill*.

Teknik *sanitary landfill* adalah cara penimbunan sampah pada suatu hamparan lahan dengan memperhatikan keamanan lingkungan, karena telah ada perlakuan terhadap sampah. Pada teknik ini sampah dihamparkan hingga mencapai ketebalan tertentu lalu dipadatkan untuk kemudian dilapisi dengan tanah dan dipadatkan kembali. Pada bagian atas timbunan tanah tersebut dapat dihamparkan lagi sampah yang kemudian ditimbun lagi dengan tanah. Demikian seterusnya hingga terbentuk lapisan-lapisan sampah dan tanah. Pada bagian dasar dari konstruksi *sanitary landfill* dibangun suatu lapisan kedap air yang dilengkapi dengan pipa-pipa pengumpul dan penyalur *leachate* serta pipa penyalur gas yang terbentuk dari hasil penguraian sampah-sampah organik yang ditimbun.

Menurut Sidik *et al.* (1995) penimbunan sampah yang sesuai dengan persyaratan teknis akan membuat stabilisasi lapisan tanah lebih cepat dicapai. Dasar dari pelaksanaannya adalah meratakan setiap lapisan sampah, memadatkan sampah dengan menggunakan *compactor*, dan menutupnya setiap hari dengan tanah yang juga dipadatkan. Ketebalan lapisan sampah umumnya sekitar dua meter, namun dapat

juga lebih atau kurang dari dua meter bergantung pada sifat sampah, metode penimbunan, peralatan yang digunakan, topografi lokasi penimbunan, pemanfaatan lahan bekas penimbunan, serta kondisi lingkungan sekitar. Adapun fungsi lapisan penutup tersebut antara lain:

- a. mencegah berkembangnya vektor penyakit,
- b. mencegah penyebaran debu dan sampah ringan,
- c. mencegah tersebarnya bau dan gas yang timbul,
- d. mencegah kebakaran,
- e. menjaga agar pemandangan tetap indah,
- f. menciptakan stabilisasi lokasi penimbunan sampah, serta
- g. mengurangi volume *leachate*.

Berdasarkan beberapa alternatif teknologi pengolahan sampah yang ada, disadari pula bahwa setiap teknologi memiliki kelebihan dan kelemahan. Untuk mengetahui kelebihan dan kelemahan dari beberapa teknologi pengolahan sampah dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Dengan adanya kelebihan dan kelemahan dari setiap teknologi pengolahan, maka upaya untuk melakukan kombinasi teknologi dalam mengolah sampah kota akan dapat saling menutupi kelemahan dari masing-masing teknologi secara komplementer. Selain itu, dari berbagai teknologi pengolahan sampah tentunya ada yang memiliki sifat *cost center*, dan ada pula yang dapat memperoleh pendapatan dari produk akhirnya (*profit center*). Dengan melakukan kombinasi teknologi akan diperoleh resultan yang dapat menekan biaya pengolahan sampah sekecil mungkin dengan hasil yang optimal. Proporsi penggabungan dari kedua cara proses tersebut tentunya disesuaikan dengan jenis atau komposisi sampah yang akan ditangani.

Tabel 2.5. Kelebihan dan Kelemahan Beberapa Teknologi Pengolahan Sampah

Jenis Pengolahan	Kelebihan	Kelemahan
<i>Composting</i>	a. Menghasilkan produk berguna (kompos). b. Membutuhkan lebih sedikit lahan. c. Proses sederhana, yaitu dengan memanfaatkan mikroba fakultatif untuk menguraikan sampah organik menjadi senyawa organik dengan mata rantai yang lebih pendek. d. Cukup banyak SDM yang dapat memahami. e. Ketersediaan teknologi cukup beragam mulai dari proses sederhana hingga yang canggih, a.l: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Windrow</i> • <i>Aerated static pile</i> • <i>In-vessel</i>. 	a. Proses lambat dan tidak dapat menerima <i>shock loading</i> . b. Fraksi material non-organik tidak dapat diuraikan, sehingga diperlukan penambahan teknologi untuk penanganannya, yang akan memerlukan tambahan pekerja. c. Kompos yang dihasilkan tidak dapat langsung digunakan pada tanah, tetapi memerlukan perlakuan khusus untuk menghilangkan material yang tidak diinginkan, seperti kaca, logam, dan kuman patogen. Hal ini akan menambah biaya dari fasilitas pengolah.
Insinerasi	a. Mengurangi volume sampah sebesar 75% untuk pengurangan berat dan 90% untuk pengurangan volume. b. Seluruh bahan organik berkurang menjadi abu. c. Energi yang dihasilkan dapat menggantikan energi batu bara. d. Sampah kota dapat digunakan meskipun tanpa persiapan bahan bakar yang banyak. e. Merupakan sterilisasi yang lengkap melalui pembakaran meskipun terhadap bahan berbahaya secara biologi, sehingga menghindari epidemik. f. Sampah kota dapat digunakan sebagai tambahan	a. Pencemaran udara sulit dihindari. b. Ada tambahan biaya untuk mengendalikan pencemaran udara, sebesar 30% dari biaya pembangunan instalasi yang juga sudah memerlukan biaya tinggi. c. Pencemaran disebabkan adanya partikulat, CO ₂ , SO ₂ , NO _x , dioxin, dan furan. Dua pencemar terakhir berbahaya bagi kesehatan. Dioxin dan furan termasuk dalam kelompok senyawa rantai chlorinated benzene (1) polychlorinated dibenzopdioxins and (2) polychlorinated dibenzopfurans. Secara total terdapat 210 jenis/tipe toksin dan furan yang berbeda, tetapi tetra series

Jenis Pengolahan	Kelebihan	Kelemahan
	sumber pembakaran dalam instalasi tenaga berbahan dasar batu bara.	<p>yang terdiri dari 4 atom chlor dipercaya sebagai yang paling toksik.</p> <p>d. Abu yang dihasilkan juga mengandung elemen toksik seperti arsen, kadmium, timbal, merkuri, dan untuk pengolahan bahan toksik tersebut membutuhkan tambahan biaya.</p> <p>e. Diperlukan biaya perawatan untuk menyelesaikan masalah kotoran dan kerak pada <i>furnace</i>.</p>
<i>Sanitary landfill</i>	<p>a. Mengurangi emisi CH₄, senyawa organik non-CH₄, dan toksikan (vinyl chloride, toluene, benzene, etc.) ke udara.</p> <p>b. Meminimalkan kontaminan tanah dan air yang berasal dari migrasi <i>leachate</i>.</p> <p>c. Melindungi lingkungan dan kesehatan masyarakat.</p> <p>d. Mengurangi ancaman burung dan tikus.</p> <p>e. Bahaya kebakaran dapat diminimalkan melalui ekstaksi regular dari gas.</p> <p>f. Mengurangi masalah bau yang timbul di sekitar lokasi.</p>	<p>a. Sebagian besar keberatan untuk menerapkan <i>sanitary landfill</i> adalah biaya awal yang tinggi untuk merancang dan membangun, serta adanya perlawanan publik dalam menentukan lokasi,</p> <p>b. Meskipun telah ada pencegahan, emisi gas ke udara tidak pernah diawasi secara lengkap, dan beberapa bau juga akan timbul.</p> <p>c. Efisiensi dari ekstraksi <i>leachate</i> dan gas juga masih diragukan.</p> <p>d. Problem pest dan rodent memang dapat diminimalkan, tetapi tidak pernah dapat dieliminasi secara utuh.</p> <p>e. Meskipun area <i>sanitary landfill</i> telah dibuat dengan estetis, nilai perumahan di sekitar lokasi cenderung akan menurun.</p>

Sumber: Hasil kompilasi dari berbagai sumber

Dapat diperhatikan pula bahwa setiap teknologi pengolahan sampah juga akan menghasilkan produk sisa (residu), di samping produk yang dikehendaki. Oleh karenanya, produk sisa yang dihasilkan dari berbagai cara pengolahan sampah masih

perlu diselesaikan dengan cara *sanitary landfill*. Dengan demikian, cara *sanitary landfill* masih tetap diperlukan, hanya proporsinya perlu terus diturunkan dari waktu ke waktu.

Menurut Budirahardjo (2002), dalam menangani sampah kota dapat dicari kombinasi yang terbaik di antara berbagai pilihan alternatif teknologi pengolahan, seperti: pengomposan, *biofertilizer*, produksi ethanol dari sampah, produksi material bangunan dari sampah, pembakaran, pembangkit tenaga listrik, reklamasi laut, 3R dan *sanitary landfill*. Dengan pengaturan gabungan teknologi pengolahan sampah yang baik dan didasarkan pada hasil analisis jenis sampah yang akan ditangani baik dari segi kualitas dan kuantitasnya, maka akan diperoleh kombinasi teknologi pengolahan yang efisien dan ekonomis, ramah lingkungan, dan dapat diterima oleh masyarakat.

2.2.4. Pemilihan teknologi pengolahan sampah

Pemilihan teknologi pengolahan sampah bergantung pada jenis sampah yang akan diolah, sehingga untuk mendapatkan teknologi pengolahan yang efisien dan ekonomis harus dimulai dengan melakukan analisis sampel sampah yang didasarkan dari pengambilan sampel yang dapat mewakili jenis sampah kota yang akan ditangani. Setelah diperoleh hasil analisis sampah yang akan ditangani, maka dapat dimulai untuk mencari teknologi pengolahan yang sesuai.

Evaluasi alternatif teknologi pengolahan sampah kota secara umum bertujuan untuk mengidentifikasi beberapa pilihan teknologi pengolahan sampah yang dilihat dari aspek lingkungan, efisiensi energi, ekonomi, dan sosial. Evaluasi dapat dibagi dalam tiga kelompok besar, yaitu:

1. memaksimalkan kelayakan lingkungan (seperti meminimalkan dampak terhadap lingkungan dan penduduk);

2. memaksimalkan kelayakan teknis (mencari teknologi yang secara komersial tersedia dalam kurun waktu perencanaan dan akan meningkatkan pengalihan dari penimbunan akhir sampah secara signifikan;
3. memaksimalkan kelayakan ekonomi (menyajikan keseluruhan biaya yang kompetitif dengan metode pengolahan sampah lainnya).

Penelitian mengenai pemilihan teknologi pengolahan sampah di Indonesia, antara lain pernah dilakukan oleh Amurwaraharja (2003), yang dalam penelitiannya mencoba mengintegrasikan Proses Hirarki Analitik (*Analytic Hierarchy Process, AHP*) dengan Metode Valuasi Kontingensi (*Contingent Valuation Method, CVM*) untuk menentukan teknologi pengolahan sampah dalam kerangka keterkaitan antar *stakeholder*. Proses hirarki analitik digunakan sebagai kerangka pendekatan untuk mengakomodasi berbagai pandangan *stakeholder* dalam hal menentukan teknologi pengolahan sampah yang sebaiknya diterapkan di Jakarta Timur. Untuk menganalisis kesediaan masyarakat membayar retribusi kebersihan, digunakan metode valuasi kontingensi sebagai kerangka pendekatan.

Berdasarkan hasil penelitiannya, Amurwaraharja (2003) menyimpulkan bahwa teknologi yang menjadi prioritas utama untuk kegiatan pengolahan sampah di Jakarta Timur adalah teknologi pengomposan dan insinerasi, dan skala prioritas teknologi terpilih tidak sensitif terhadap peningkatan preferensi aspek lingkungan, sosial, teknis, dan ekonomi.

Hasil penelitian Syafrizal (2005) mengenai model teknologi pengolahan sampah kota untuk studi kasus di Kota Bandar Lampung menyimpulkan bahwa pengolahan sampah kota dengan teknologi pengomposan memiliki skor tertinggi pada aspek finansial, sedangkan pengolahan sampah dengan teknologi insinerasi memiliki skor tertinggi pada aspek lingkungan dan aspek teknis. Pada pengolahan sampah dengan teknologi *landfill* tidak memiliki skor tertinggi pada ketiga aspek tersebut. Dalam penelitian tersebut *scoring* untuk aspek teknis dilakukan dengan menghitung

kebutuhan lahan dari setiap teknologi pengolahan sampah, yaitu pengomposan, insinerasi, dan *landfill*. Sedangkan kriteria yang digunakan untuk menilai kelayakan investasi dalam pengolahan sampah kota adalah *Net Present Value (NPV)*, *Net B/C Ratio*, *Internal Rate of Return (IRR)*, dan perhitungan *Payback Period*. Analisis aspek lingkungan dilakukan dengan melihat bahwa teknologi yang menjadi prioritas untuk diterapkan adalah teknologi pengolahan sampah yang memiliki potensial pencemaran lingkungan yang minimal. Potensi pencemaran lingkungan yang diukur meliputi potensi pencemaran udara, tanah dan air serta kesehatan lingkungan, dan ditentukan dengan menggunakan metode PHA (Proses Hirarki Analitik).

Tabel 2.6 memperlihatkan nilai skor untuk teknologi pengomposan, insinerasi dan *landfill* berdasarkan aspek lingkungan, teknis, dan aspek finansial.

Tabel 2.6. Hasil Skoring Teknologi Pengolahan Sampah Kota Berdasarkan Aspek Lingkungan, Aspek Teknis, dan Aspek Finansial

No.	Jenis Teknologi	Aspek Lingkungan	Aspek Teknis	Aspek Finansial
1.	Pengomposan	2	2	3
2.	Insinerasi	3	3	1
3.	<i>Landfill</i>	1	1	2

Sumber: Syafrizal (2005)

Herminindian (2007) dalam penelitiannya mengungkapkan mengenai pengambilan keputusan tentang pemilihan teknologi ITF (*Intermediate Treatment Facilities*) untuk sistem pengelolaan sampah kota Jakarta. Perumusan pemecahan masalah dikaji dengan menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process (AHP)* dan analisis *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (SWOT)*. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, Herminindian menyimpulkan bahwa berdasarkan kaidah kriteria pembangunan berkelanjutan, maka kecenderungan pemilihan teknologi pengolahan sampah berdasarkan hasil analisis AHP jatuh pada pilihan teknologi *composting & recycling* dibandingkan dengan *insinerator*, dengan *overall*

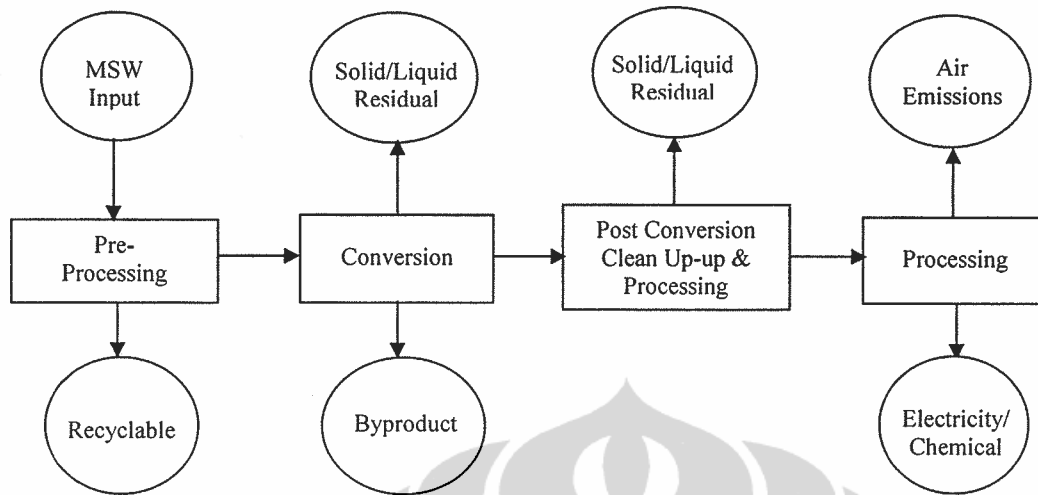
inconsistency index 0,05. Teknologi tersebut akan dapat memperpanjang usia pemakaian TPA yang telah ada, serta produk akhir berupa kompos lebih aman diserap lingkungan dan dapat digunakan sebagai tanah penutup *sanitary landfill*.

Evaluasi pemilihan teknik pengolahan sampah untuk Kota Surabaya pernah dilakukan oleh Utama (2007) dengan menggunakan metode *electre III*. Dalam penelitiannya, alternatif yang digunakan untuk mengurangi jumlah volume sampah dibagi dalam tiga macam proses, yaitu daur ulang, transformasi thermal, dan transformasi biologis. Transformasi thermal dibagi dalam pembakaran (*combustion*), *gasification*, dan *pyrolysis*; sedangkan transformasi biologis terbagi dalam dua macam pengolahan, yaitu *aerobic composting* dan *anaerobic digestion*. Pemilihan alternatif pengolahan tersebut menggunakan beberapa kriteria, yang secara berurutan meliputi kriteria investasi awal, pengurangan volume sampah, kebijakan pemerintah kota, kebutuhan energi, pencemaran yang berdampak terhadap kesehatan, pencemaran air, pencemaran udara, penerimaan masyarakat, *feasibility*, jumlah pekerja yang terserap, dan pemasaran hasil pengolahan. Cara pembobotan kriteria yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah dengan menggunakan metode *entropy*. Berdasarkan kriteria tersebut diperoleh hasil perankingan alternatif untuk pengolahan sampah berdasarkan urutan yang terbaik adalah alternatif *aerobic composting*, *anaerobic digestion*, daur ulang, *gasification*, *pyrolysis*, dan pembakaran.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan tersebut dapat disimpulkan bahwa penelitian mengenai pemilihan teknologi pengolahan sampah kota masih berfokus pada pilihan teknologi secara parsial dan belum mempertimbangkan pilihan kombinasi teknologi yang terintegrasi dalam suatu sistem pengolahan sampah yang berkelanjutan.

2.2.5. Fasilitas konversi sampah

Fasilitas konversi sampah secara tipikal terdiri dari empat komponen yang digambarkan dalam bentuk kotak segi empat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Anatomi dari Fasilitas Konversi Sampah
 Sumber: Department of Public Works, City of Los Angeles (2005)

Komponen pertama mencakup pra-pengolahan sampah kota. Tujuan dari tahap pra-pengolahan ini adalah memisahkan material yang dapat didaur ulang (seperti kertas, plastik, kaca, logam) dan menyiapkan bahan baku untuk pengolahan sampah di dalam unit konversi. Seluruh unit konversi memiliki kebutuhan yang spesifik sesuai dengan komposisi bahan baku, antara lain kadar air, ukuran, dan kandungan bahan. Sistem pra-pengolahan perlu dirancang agar bahan baku dapat diterima oleh unit konversi. Pra-pengolahan dapat dilakukan dengan cara sangat sederhana atau sedikit dikembangkan bergantung pada kebutuhan unit konversi.

Komponen kedua adalah unit konversi. Unit ini akan mengolah bahan baku yang telah disiapkan dan yang timbul dari produk tertentu, yang biasanya dapat dipasarkan. Unit konversi akan menghasilkan sejumlah residu yang dapat dibuang ke *landfill*.

Unit konversi lainnya akan menghasilkan *output* yang memerlukan tahapan pengolahan lain sebelum digunakan. Sebagai contoh, jika dihasilkan bahan bakar gas sintetis atau biogas, maka gas tersebut akan dibersihkan terlebih dahulu sebelum digunakan pada tahap pengolahan selanjutnya untuk menghasilkan energi pada

komponen yang ke empat. Sejumlah kecil residu padat atau cair kemungkinan akan timbul pada tahap ini. Sistem konversi lainnya secara langsung merupakan perpindahan dari tahap konversi ke tahap produksi.

Output akhir dari unit konversi digunakan pada proses produksi. Dalam banyak kasus, gas sintetis atau biogas merupakan *input* bagi fasilitas pembangkit yang menghasilkan listrik untuk dijual ke jaringan pembangkit. Unit produksi tersebut menghasilkan emisi udara, dan kadang sejumlah kecil residu padat.

Tujuan dari suatu sistem pengolahan dan pemanfaatan sampah adalah mengurangi jumlah aliran sampah yang dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA), dengan mengkonversi sampah secara efisien dan ekonomis menjadi bahan yang berguna, dengan dampak lingkungan yang minimal. Untuk melakukan pemilihan alur konversi sampah diperlukan informasi mengenai karakter sampah, karakter teknis teknologi konversi yang ada, karakter pasar dari produk pengolahan, implikasi lingkungan dan sistem, persyaratan lingkungan, dan tentunya aspek ekonomi.

Dari berbagai uraian tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa pilihan kombinasi teknologi pengolahan sampah tidak hanya didasari pada pertimbangan karakteristik sampah kota, tetapi juga pada aspek keberlanjutan lainnya seperti aspek lingkungan menyangkut emisi yang dapat ditimbulkan dari setiap tahapan konversi atau aspek ekonomi menyangkut dihasilkannya produk bermanfaat dari proses konversi. Dengan demikian, alternatif kombinasi teknologi pengolahan sampah kota terpilih akan memberikan solusi terbaik bagi penanganan sampah kota secara lebih menyeluruh.

2.3. Pengelolaan Sampah Terpadu dan Berkelanjutan di Perkotaan

Pada dasarnya terdapat dua macam pengelolaan sampah untuk skala perkotaan, yaitu pengelolaan setempat dan pengelolaan terpusat. Pengelolaan setempat adalah penanganan sampah yang dilaksanakan di sumber sampah, yaitu penanganan sampah yang dilakukan oleh penghasil sampah dengan cara-cara yang masih dapat dibenarkan. Pengelolaan sampah terpusat, khususnya kegiatan teknis operasional,

yaitu suatu proses atau kegiatan penanganan sampah yang terkoordinasi untuk melayani suatu kawasan (permukiman, komersial, dan sebagainya) atau suatu kota. Sistem pengelolaan terpusat mempunyai kompleksitas yang lebih besar, karena mencakup berbagai subsistem, seperti institusi, hukum, pembiayaan, dan teknis (Departemen Pekerjaan Umum, 1996).

Faktor-faktor yang mempengaruhi sistem pengelolaan sampah kota antara lain rencana peruntukan lahan; kepadatan dan penyebaran penduduk; karakteristik lingkungan fisik dan sosial ekonomi; kebiasaan masyarakat; karakteristik sampah; peraturan atau aspek legal nasional dan daerah setempat; sarana pengumpulan, pengangkutan, pengolahan dan pembuangan; lokasi pembuangan akhir; biaya yang tersedia; rencana tata ruang dan pengembangan kota, serta iklim dan musim.

Sistem pengelolaan sampah terpadu menurut Tchobanoglous (1993) didefinisikan sebagai pemilihan dan penerapan teknologi dan manajemen untuk mencapai pengelolaan yang tepat dan berhasil. Mengacu pada *US Environmental Protection Agency (EPA)*, hirarki sistem pengelolaan sampah terpadu terdiri dari beberapa elemen, antara lain:

1. Reduksi atau pengurangan sampah di sumber (*source reduction*), yaitu proses meminimalkan timbulan sampah di sumber. Hal ini sangat efektif untuk mengurangi kuantitas dan kualitas sampah, terutama reduksi sampah berbahaya.
2. Daur ulang (*recycling*), termasuk di dalamnya kegiatan pemilahan dan pengumpulan bahan-bahan sebagai persiapan untuk pemanfaatan kembali bahan-bahan yang akan didaur ulang.
3. *Waste transformation*, adalah proses perubahan fisik, kimia atau biologis sampah. Ketiga komponen ini akan menentukan peningkatan efisiensi yang diperlukan dalam sistem pengelolaan sampah; yaitu *recycle*, *reuse* dan *recovery*, dan melakukan proses yang dapat menghasilkan barang-barang yang bermanfaat.
4. *Landfilling*, adalah proses pembuangan akhir, yaitu *landfill* hanya menerima sampah yang tidak dapat dimanfaatkan kembali.

Pengelolaan sampah terpadu menurut Green Lane, Environment Canada's World Wide Web Site (2003) didefinisikan sebagai suatu sistem pelaksanaan pengelolaan sampah yang optimal, sesuai dengan ketentuan yuridis yang berlaku, dan didasarkan pada evaluasi pertimbangan kondisi lingkungan, energi, sosial-ekonomi, yang mencakup satu atau lebih pilihan pengelolaan sampah.

Menurut Klundert (1999), berkelanjutan dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang sesuai dengan kondisi lokal dimana sistem tersebut dioperasikan, baik dalam perspektif teknis, sosial, ekonomi, kelembagaan, dan lingkungan. Selain itu, sistem tersebut juga memungkinkan untuk dipelihara sendiri tanpa mengurangi sumberdaya yang menjadi kebutuhannya. Sedangkan terpadu dapat didefinisikan sebagai suatu sistem yang:

- a. memiliki lingkup hubungan dalam kegiatan pengumpulan dan pengolahan sampah pada skala yang berbeda (rumah tangga, lingkungan permukiman, kota);
- b. melibatkan seluruh *stakeholder*, baik pemerintah maupun non-pemerintah, formal atau informal, yang berorientasi profit maupun non-profit;
- c. memasukkan interaksi antara sistem pengelolaan sampah dengan sistem lainnya.

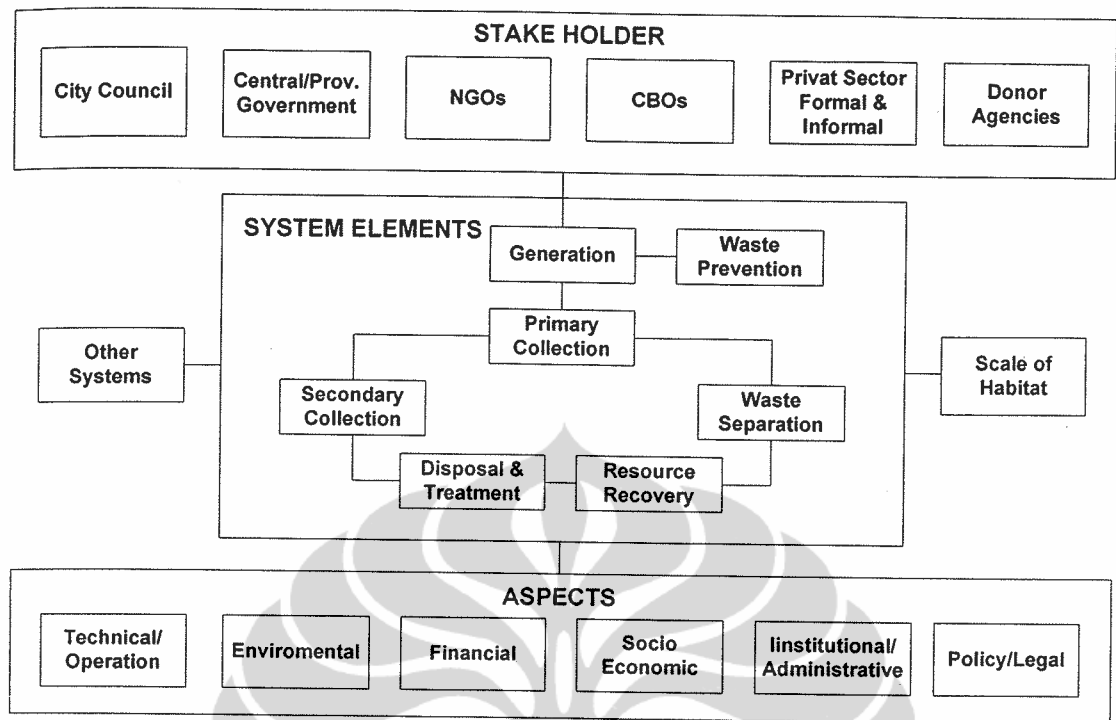
Skala habitat berbeda yang perlu diintegrasikan adalah tingkat rumah tangga, lingkungan permukiman dan tingkat kota. Tabel 2.7 memperlihatkan bahwa kegiatan pengelolaan sampah dapat dilaksanakan pada setiap tingkatan.

Tabel 2.7. Skala dan Kegiatan dalam Sistem Pengelolaan Sampah Terpadu dan Berkelanjutan

Skala	Sistem Pengumpulan dan Pembuangan	Sistem pemulihan sumberdaya
Rumah tangga	Pewadahan di sumber	a. Pencegahan b. Pemilahan di sumber c. Penggunaan kembali (<i>reuse</i>) di sumber
Lingkungan permukiman	a. Pengumpulan tingkat pertama b. Pewadahan sementara	a. Pengumpulan tingkat pertama b. Pemilahan dan pra pengolahan c. Penggunaan kembali d. Daur ulang e. Pengomposan
Kota	a. Pengumpulan tahap dua b. Pewadahan transfer c. Pengumpulan tahap ketiga d. Pembuangan akhir dan pengolahan	a. Pemilahan dan pra pengolahan b. Pengumpulan tahap kedua c. Penggunaan kembali d. Daur ulang e. Pengomposan

Menurut Sudradjat (2006), dalam pemilihan sistem pengolahan sampah, sistem desentralisasi merupakan sistem yang terbaik untuk Indonesia. Sistem ini bertujuan mengurangi arus sampah ke tempat penimbunan akhir (TPA), dengan membagi pengolahan sampah di beberapa tempat pengolahan, seperti pengolahan langsung di sumber sampah, pengolahan di Tempat Penampungan Sementara (TPS), atau di tempat pengolahan pada skala yang lebih besar seperti di TPA.

Secara diagram, dimensi dari sistem pengelolaan sampah terpadu dan berkelanjutan dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Dimensi Sistem Pengelolaan Sampah Terpadu dan Berkelanjutan
Sumber: Klundert (1999)

Menurut Klundert (1999), sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan mencakup prinsip-prinsip berikut:

a. Prinsip teknis atau operasional:

1. Dapat beradaptasi dengan lingkungan fisik, topografi, dan kebutuhan fisik lainnya.
2. Berorientasi pada produk lokal yang didasarkan pada teknologi asli daerah setempat.
3. Mengarah pada efisiensi dan kegunaan optimum dari peralatan.
4. Dapat beradaptasi dengan ketersediaan suku cadang lokal.
5. Tahan lama dan berkualitas baik.

b. Prinsip lingkungan:

Sistem dan teknologi harus:

1. Bersih, dengan dampak negatif minimal terhadap tanah, air dan udara di tingkat lokal, regional dan global.

2. Diupayakan sebagai sistem siklus tertutup dan tidak menyebabkan kehilangan bahan baku, energi dan nutrien.
3. Mengikuti hirarki pengelolaan sampah, lebih disukai yang memiliki opsi yang dapat mempromosikan pengendalian sampah, pemilahan di sumber, *reuse* dan *recycling*.
4. Mendorong pengolahan dan pemulihan sumberdaya, serta dekat dengan sumber.

c. Prinsip biaya

Biaya pengelolaan sistem dan teknologi harus:

1. Didasarkan pada prinsip kontribusi semua penerima keuntungan, seperti di samping penimbul sampah membayar biaya pengguna, sektor pemulihan sumberdaya dan pemerintah lokal juga harus berkontribusi pada pembayaran pajak keuntungan dan mengalokasikan pendapatan daerah untuk pengelolaan sampah.
2. Diarahkan kepada efisiensi seluruh sistem, terutama biaya operasi per ton yang terendah, masuk ke dalam perhitungan biaya lain yang berdampak pada sistem kota.
3. Menjamin analisis dan pemulihan biaya secara lengkap, termasuk seluruh biaya dan keuntungan yang terkait.

d. Prinsip sosial-ekonomi

1. Tersedia untuk semua strata populasi, tanpa memperhatikan etnik, budaya, agama atau latar belakang sosial.
2. Memiliki risiko minimal bagi kesehatan masyarakat.
3. Dapat beradaptasi dengan permintaan dan prioritas pengguna.
4. Dapat beradaptasi dengan kemauan dan kemampuan ekonomi masyarakat setempat.
5. Model pengelolaan dapat diterima masyarakat dan institusi terkait.
6. Mengarah pada peningkatan kinerja operator sistem.
7. Mengarah pada peningkatan pendapatan dan terbukanya lapangan kerja.

Untuk menilai keberlanjutan suatu sistem pengelolaan sampah kota diperlukan suatu analisis dengan menggunakan kisaran kriteria tertentu, yang mencakup indikator kuantitatif dan kualitatif melalui mekanisme pemberian bobot terhadap setiap indikator yang berbeda. Beberapa indikator keberlanjutan tersebut, antara lain:

a. Kriteria teknis, meliputi:

- Jumlah sampah yang dapat dikumpulkan dalam suatu area kota atau setiap sumber sampah.
- Keawetan peralatan.
- Keberadaan pemilahan sampah dalam sistem.
- Keberadaan prosedur pemeliharaan pencegahan.

b. Kriteria lingkungan:

- Jumlah atau persentase sampah yang didaur ulang.
- Penyebaran pencemaran udara, tanah dan air.
- Jumlah energi dan sumberdaya yang dapat dihemat melalui proses daur ulang.

c. Kriteria finansial:

- Tingkat biaya pemulihan.
- Jumlah biaya yang disediakan untuk pelayanan pengelolaan.
- Produktivitas tenaga kerja (jumlah sampah yang dapat dikumpulkan oleh setiap pekerja).

d. Kriteria sosial-ekonomi:

- Cakupan pelayanan (persentase warga kota yang mendapat pelayanan minimum pengumpulan sampah).
- Kondisi kerja (jumlah dan lamanya cuti sakit, keluhan kesehatan).
- Kepuasan pengguna terhadap pelayanan pada suatu area kota.

e. Kriteria kelembagaan:

- Tingkat formalisasi dari sektor informal (jumlah lembaga berbasis masyarakat, koperasi, usaha mikro dan skala kecil yang mendapat lisensi).

- Keberadaan mekanisme umpan balik dari warga (meja keluhan, dan lain-lain).

f. Kriteria kebijakan/legal:

- Tingkat desentralisasi tanggung jawab dan pembiayaan.
- Tingginya anggaran untuk pengelolaan sampah.

Melalui pengelompokan indikator-indikator keberlanjutan dalam beberapa kriteria, maka beberapa opsi yang tersedia untuk perencanaan atau perbaikan sistem pengelolaan sampah dapat diberikan nilai pada setiap aspek keberlanjutannya. Nilai tersebut kemudian dijumlahkan dan nilai total akan menunjukkan secara keseluruhan tingkat keberlanjutan dari setiap opsi yang tersedia.

2.4. Penilaian Keberlanjutan Pengelolaan Sampah Kota

Saat ini beberapa metode telah dikembangkan untuk membantu pengelola kota dalam memilih strategi pengelolaan sampah dengan pertimbangan aspek keberlanjutan. Untuk aspek ekonomi dan lingkungan, metode *life-cycle assessment (LCA)* dan *life-cycle management (LCM)* muncul sebagai suatu alat yang dapat membantu dalam memilih strategi pengelolaan sampah. Beberapa model penilaian berbasis LCA atau LCM yang dirancang untuk menyediakan kerangka kerja berstruktur dalam mengatasi aspek pengelolaan sampah, antara lain:

- a. Model *ORWARE (Organic Waste Research)*, merupakan model simulasi komputer yang dikembangkan oleh Swedish Royal Institute of Environment untuk Lembaga Penelitian Sampah Swedia. Model ini terdiri dari beberapa modul, seperti modul untuk emisi, transportasi, pengomposan, insinerasi, *anerobic digestion*, serta *landfill*.
- b. Model *MIMES/WASTE*, merupakan model optimasi komputer yang dikembangkan oleh Chalmers University dan telah digunakan dalam beberapa studi kasus. Model ini memiliki keterbatasan, karena hanya dapat mempertimbangkan sebanyak-banyaknya delapan faktor emisi.
- c. Aplikasi *LCM (Life-Cycle Management)*, merupakan model yang digunakan untuk membantu mengevaluasi biaya dan lingkungan dari strategi pengelolaan

- sampah. Model ini tidak cocok untuk digunakan dalam membuat evaluasi perbandingan preferensi lingkungan dari teknologi atau produk alternatif.
- d. Model *Life Cycle Inventory (LCI) Proctor & Gamble*, merupakan alat yang dikembangkan oleh Proctor & Gamble untuk membantu dalam membandingkan pilihan pengelolaan sampah mendatang dan untuk mengoptimalkan sistem pada kondisi saat ini.
 - e. Model *Canadian Waste Management*, merupakan alat analisis LCI dan biaya ekonomi untuk pengelolaan sampah terpadu, dan dirancang secara khusus untuk pedoman bagi pengelola kota dalam mengembangkan strategi pengelolaan sampah yang baik.

2.4.1. Penilaian aspek lingkungan sistem pengolahan sampah dengan *Life Cycle Assessment (LCA)*

Life cycle assessment pada awalnya digunakan untuk menilai dampak lingkungan dari suatu produk, kemudian secara meningkat digunakan pula untuk mengevaluasi strategi pengelolaan limbah. Secara mendasar terdapat perbedaan ruang lingkup antara siklus hidup produk dengan siklus hidup limbah. Siklus hidup suatu produk dimulai dari ekstraksi bahan baku (yang meliputi aktivitas seperti penambangan, penebangan, dan sebagainya) hingga pembuangan akhir produk tersebut, sedangkan siklus hidup limbah dimulai sejak suatu material dibuang ke dalam aliran limbah dan berakhir pada saat limbah tersebut dikonversi sebagai sumberdaya (seperti material hasil daur ulang atau energi terpulihkan) atau pada saat limbah tersebut akhirnya dibuang.

Model analisis lingkungan dengan metodologi siklus hidup digunakan untuk mengetahui estimasi jumlah energi yang dikonsumsi dan emisi yang dilepaskan dari suatu sistem pengelolaan sampah. Penilaian siklus hidup (*Life Cycle Assessment*) dapat digunakan untuk mengevaluasi beberapa teknologi pengolahan sampah dengan pola konsumsi energi atau produksi dan tingkat pemulihan material yang berbeda.

Penggunaan penilaian siklus hidup untuk sistem dan teknologi pengolahan sampah diharapkan dapat memberikan penilaian aspek lingkungan yang lebih rinci dan lengkap. Beberapa model penilaian lingkungan untuk pengolahan dan pembuangan akhir sampah kota telah dikemukakan dalam beberapa dekade terakhir. Model *Integrated Waste Management (IWM)* menerapkan pemikiran siklus hidup dan pengendalian sampah kota. Model IWM ini mudah digunakan dan dipahami, tetapi dianggap kurang fleksibel.

Model *Organic Waste Research (OWARE)* pada awalnya berfokus pada sampah organik yang berasal dari industri dan rumah tangga, tetapi terus dikembangkan untuk fraksi material sampah lainnya. Model OWARE menggunakan kombinasi penilaian siklus hidup dan analisis alur substansi dan hasilnya diterjemahkan serta diagregasikan sebagai dampak lingkungan, seperti pemanasan global, pengasaman, pengayaan nutrien, dan formasi ozon fotokimia (Dalemo *et al.*, 1997). Model OWARE dipandang sangat fleksibel, namun sulit digunakan, kecuali pengguna mempunyai pengalaman yang signifikan dengan data-data yang tersedia dalam paket OWARE.

Environmental Protection Agency bersama dengan Research Triangle Institute dan North Carolina State University mengembangkan sebuah model inventaris siklus hidup yang dapat menghitung emisi, pengganti kerugian energi, biaya, serta mempunyai opsi bagi optimasi sistem (Harrison *et al.*, 2001, Solano *et al.*, 2002).

Model Wisard yang dikembangkan oleh Price Waterhouse Coopers menampilkan LCA yang lebih lengkap untuk suatu sistem pengolahan sampah. Model ini menjangkau sampai 41 fraksi material sampah dan sejumlah metode pengolahan sampah dan teknologi yang dapat dimodifikasi oleh pengguna. Namun demikian, model ini dikritik karena tidak transparan dan tidak jelas dalam mendefinisikan batasan sistem, serta hasil yang didapat sulit diinterpretasikan (Environment Agency, 2000).

Metode lain untuk mengevaluasi sistem pengolahan sampah adalah penggunaan metode *Cost Benefit Analysis* (CBA) yang telah digunakan untuk menentukan strategi paling optimal dari suatu sistem pengolahan sampah, dalam hal biaya ekonomi dan lingkungan serta konsekuensinya. Analisis *cost-benefit* antara lain telah digunakan untuk sampah kemasan minuman, kertas dan sampah organik. Perbedaan antara analisis *cost benefit* dan penilaian siklus hidup atau *Life Cycle Assessment* (LCA) adalah analisis *cost benefit* memiliki tujuan mengoptimalkan benefit sosial melalui keuntungan ekonomi daripada konsekuensi lingkungan melalui asumsi berdasarkan preferensi, sedangkan LCA memiliki tujuan meminimalkan dampak potensial terhadap lingkungan, kesehatan manusia dan sumberdaya. Namun keterbatasannya adalah model tersebut tidak memasukkan faktor ekonomi di dalamnya (Hansen & Gilberg, 2003).

Lingkup dan struktur model penilaian lingkungan dalam LCA

Model penilaian lingkungan yang didasarkan pada pemikiran siklus hidup memungkinkan untuk membuat penilaian aspek lingkungan dari suatu sistem pengolahan sampah serta membuat perbandingan antara beberapa strategi penanganan sampah dan teknologi pengolahan di suatu wilayah dengan populasi penduduk dan jenis sampah tertentu. Model ini merupakan sebuah kerangka kerja, yang dapat mendefinisikan seluruh data yang diperlukan, seperti jumlah dan komposisi sampah, pengumpulan dan pengangkutan, pengolahan, pemulihan dan pembuangan serta data inventaris siklus hidup untuk material dan energi yang digunakan dalam sistem pengolahan sampah. Model ini juga memungkinkan untuk mengidentifikasi proses yang ada dalam sistem pengolahan sampah, dan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap semua dampak lingkungan. Dampak lingkungan dihitung berdasarkan pada semua perubahan lingkungan, yang terdiri atas konsumsi sumberdaya alam seperti material dan energi, serta emisi yang dilepaskan ke lingkungan (udara, air dan tanah).

Model penilaian lingkungan juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan sistem yang ada melalui identifikasi dan penyempurnaan satu atau lebih proses yang secara potensial memberikan dampak penting pada lingkungan. Kerangka kerja dari model dapat mencakup beberapa teknologi yang berbeda dalam setiap metode pengolahan sampah, serta perbandingan antara teknologi sampah dalam metode pengolahan yang sama. Dampak lingkungan dinilai melalui penerapan metode penilaian siklus hidup. Yang termasuk dalam versi dari model yang ada saat ini adalah metode *Environmental Design of Industrial Product* atau EDIP tahun 1997 (Wenzel *et al.* 1997), tetapi metode lainnya dapat ditambahkan selama memungkinkan dan diperlukan. Metode EDIP memberikan hasil dalam empat tingkatan: inventaris siklus hidup, karakteristik dampak, profil dampak yang dinormalkan dan yang terakhir adalah profil dampak yang telah dibobot.

a. Lingkup

Lingkup definisi model penilaian lingkungan sama dengan lingkup definisi dari *Life Cycle Assessment (LCA)* yang telah distandarisasi (ISO, 1998). Batasan sistem dari model didefinisikan mulai dari timbulan sampah, pemilahan, hingga pembuangan akhir residu hasil pengolahan sampah. Kegiatan yang termasuk didalamnya, meliputi: pengumpulan dan pengangkutan sampah, pengolahan, pemulihan dan pembuangan, serta penggunaan material dan energi dalam sistem.

Unit fungsional dalam model LCA adalah jumlah timbulan sampah dalam suatu area. Dengan model ini dapat dihitung besarnya konsumsi sumberdaya dan emisi yang dilepaskan ke lingkungan udara, air, dan tanah dari suatu sistem pengolahan sampah.

Dampak lingkungan dihitung dari *Life Cycle Inventory (LCI)* melalui penerapan faktor karakteristik dampak potensial yang spesifik dari setiap substansi. Meskipun hasil evaluasi terdiri dari konsumsi berbagai material sumberdaya dan substansi yang diemisikan ke udara, air dan tanah, namun pada saat penilaian mengenai pengaruhnya pada lingkungan, maka yang dihitung hanya jumlah tertentu dari dampak yang dapat

dievaluasi atau hanya dampak potensial saja. Tidak terdapat batasan secara geografis pada model, tetapi mungkin perlu ditambahkan teknologi pengolahan sampah yang diterapkan dalam wilayah yang dirancang, guna memenuhi hasil yang dapat merefleksikan konsekuensi lingkungan yang sesungguhnya.

Faktor atau dampak lingkungan yang secara khusus diperhitungkan dalam LCA umumnya mencakup konsumsi energi, potensi pemanasan global, potensi toksik, potensi sumber ozon, potensi pengasaman, serta eutrofikasi.

1. Konsumsi energi

Dalam LCA, analisis energi ditinjau dari energi yang dikonsumsi dan yang dihasilkan pada sistem.

2. Potensi pemanasan global

Proses degradasi sampah dapat menghasilkan gas metan (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2) sebagai gas rumah kaca (GRK) penyebab pemanasan global dan perubahan iklim. Meskipun kontribusi CH_4 dari sampah lebih kecil dibandingkan dengan sektor lain (kehutanan, energi, transportasi dan pertanian), namun dampak dari gas metan terhadap pemanasan global 21 kali lebih kuat dibandingkan dengan karbon dioksida (CO_2), sehingga upaya penanganan sampah yang tepat akan dapat berperan dalam mitigasi perubahan iklim.

Potensi pemanasan global dari gas karbondioksida, metan, dan dinitrogen monoksida dapat dilihat pada Tabel 2.8. Emisi dari gas-gas tersebut diubah ke dalam padanan CO_2 , dengan dasar pecahan karbon dalam karbondioksida yaitu $C = 12/44 \text{ CO}_2$ (*Recycled Organics Unit*, 2001).

Tabel 2.8. Potensi Pemanasan Global Gas Rumah Kaca

Gas Rumah Kaca	Kuantitas (kg)	Potensi Pemanasan Global (CO ₂ eq)
Karbon dioksida (CO ₂)	1	1
Metan (CH ₄)	1	21
Dinitrogen monoksida (N ₂ O)	1	310

Sumber : US EPA (1998)

Emisi CO₂ dari proses insinerasi sampah diestimasi berdasarkan kandungan karbon fosil dari material sampah yang diinsinerasi. Selanjutnya, kandungan karbon fosil tersebut dikalikan dengan jumlah CO₂ yang ditimbulkan (kg CO₂/kg karbon fosil). Tabel 2.9 memberikan gambaran mengenai kandungan karbon fosil dari beberapa komponen sampah.

Tabel 2.9. Kandungan Karbon Fosil dari Beberapa Komponen Sampah

Komponen sampah	Kandungan Karbon Fosil (g C/kg sampah)
Kertas koran	8
Karton campuran	170
PE	856
PP	855
PS	889
PET	640
PVC	401
Plastik lainnya	590
Tekstil	278
Komponen lain yang dapat terbakar	400

Sumber: Finnveden (2000) dan Sandgren (1996) dalam Linuhonnun (2002)

Sedangkan pada kegiatan pengomposan sampah, estimasi emisi CO₂ didasarkan pada komponen bahan organik sampah yang diolah menjadi kompos, dengan faktor emisi CO₂ seperti pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10. Faktor Emisi CO₂ dalam Proses Pengomposan Sampah

Jenis emisi dari komponen sampah	Faktor emisi
CO ₂ :	
a. Kertas	326
b. Sampah dapur	300
c. Sampah halaman	382

Sumber: Environment Canada (1993)

Pada kegiatan penimbunan akhir (*landfilling*), emisi CO₂ diestimasi berdasarkan jumlah gas yang timbul dari kegiatan penimbunan akhir serta persentase kandungan CO₂ dan metan yang terdapat didalamnya, seperti terlihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11. Jumlah dan Komposisi Gas yang Timbul dari *Landfill*

Parameter	Nilai
Timbulan gas <i>landfill</i> (m ³ /ton) ¹⁾ :	
a. Kertas	250
b. Sampah dapur dan halaman	250
c. Residu kompos	250
Komposisi gas <i>landfill</i> ²⁾ :	
a. % CH ₄	50
b. % CO ₂	50
Kandungan panas gas <i>landfill</i> (GJ/m ³) ¹⁾	0,018

Sumber: ¹⁾ White et al. (1995) dan ²⁾ Environment Canada (1994)

3. Potensi toksik

Potensial racun adalah gambaran kuantitatif dari dampak potensial tiap unit emisi suatu zat yang digunakan sebagai faktor pertimbangan dalam pengumpulan emisi yang berasal dari inventaris siklus hidup. Potensial racun yang sesuai dengan kondisi Eropa Barat telah dimodifikasi untuk kondisi Australia oleh Huijbregts *et al.* (2001) dan telah digunakan untuk mengestimasi dampak *human and eco-toxicity* dari

produksi dan aplikasi kompos. Model yang diadaptasi tersebut disebut *USES-LCA Australia*, dan telah digunakan untuk menghitung potensial racun dari 181 zat dan *substance group carcinogenic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* dengan menggunakan rentang waktu yang tak terbatas. Dari model yang telah dimodifikasi tersebut diketahui bahwa potensial *eco-toxicity* untuk sebagian besar zat tidak berbeda, baik di Eropa Barat maupun di Australia.

Emisi bahan kimia yang bersifat toksik, baik terhadap manusia maupun lingkungan khususnya pada lingkungan air dari suatu sistem pengolahan sampah kota umumnya berasal dari *leachate* yang timbul dari sampah yang ditimbun di tempat penimbunan akhir (*landfill*). Faktor utama yang mempengaruhi volume *leachate* dari penimbunan sampah kota adalah curah hujan, teknik aplikasi penutupan, dan densitas pemadatan. Dari beberapa literatur diketahui bahwa pada umumnya nilai volume *leachate* berkisar mulai dari 150 liter/ton sampah hingga 500 liter/ton sampah. Eduljee *et al.*, (1995) mengasumsikan nilai volume *leachate* antara 200-500 liter per ton sampah kota selama masa penimbunan. Berdasarkan kajian beberapa literatur, disarankan bahwa timbulan *leachate* berkisar pada nilai 13 – 18 persen dari curah hujan tahunan. Beberapa modul *landfill* menggunakan angka 15 persen dari curah hujan tahunan untuk menghitung jumlah *leachate* yang timbul, dengan asumsi kedalaman penimbunan 20 meter dan densitas sampah adalah satu ton/m³.

Terkait dengan konsentrasi logam berat yang terkandung dalam *leachate* yang berasal dari *landfill*, beberapa literatur memberikan nilai konsentrasi logam berat timbal (Pb), kadmium (Cd) dan merkuri (Hg) seperti yang tercantum pada Tabel 2.12. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi logam Cd dalam *leachate* rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan logam Pb dan Hg.

Tabel 2.12. Konsentrasi Logam Berat dalam *Leachate* Sampah Kota

No.	Konsentrasi logam berat (mg/l)			Sumber
	Pb	Cd	Hg	
1.	0,082	1,500	0,00025	Birkbeck (1990)
2.	0,6135	0,07975	0,007875	EPA (1979)
3.	0,60	0,05	-	MOEE (1996)
4.	0,090	0,006	0,010	Stegmann dan Ehring (1989)
5.	0,00011	0,00256	0,00048	Baccini et al. (1987)
Rata-rata	0,261	0,376	0,0037	

Sumber: Haight, 2004

4. Potensi sumber ozon

Termasuk di dalam tingkatan ozon (summer smog) sebagai hasil dari emisi bahan pelarut organik dan nitrogen oksida (NO_x)

5. Potensi pengasaman

Pengasaman dari tanah dan yang berhubungan dengan kerusakan pada tanaman melalui emisi nitrogen oksida (NO_x) dan sulfur dioksida (SO₂)

6. Eutrofikasi

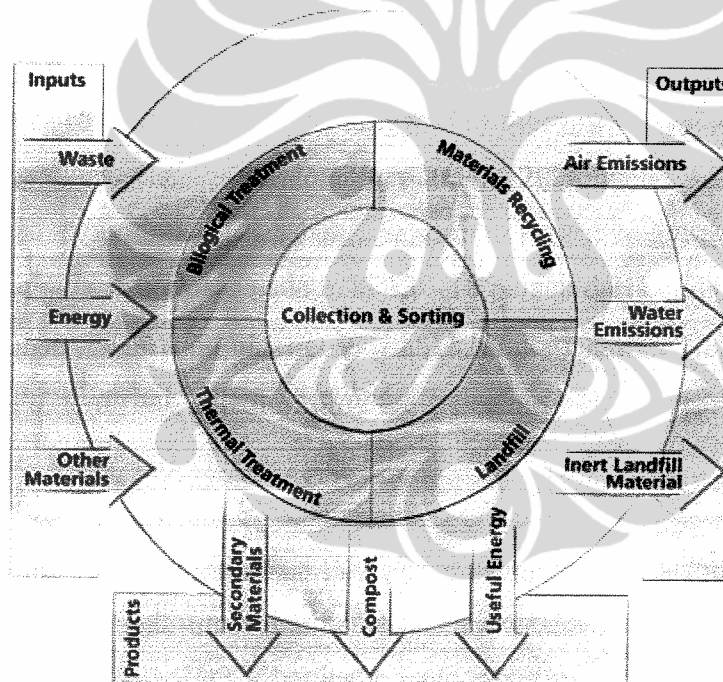
Gangguan pada kandungan nutrisi dari badan air dan tanah dengan unsur yang merupakan sumber nutrisi tanaman, seperti nitrat, fosfat, dan amonium.

b. Struktur

Model penilaian aspek lingkungan terdiri atas suatu kumpulan data dasar dan modul-modul yang secara bersamaan dijelaskan dalam suatu skenario sistem pengolahan sampah. Modul yang digunakan tersebut diambil dari data dasar, dan selanjutnya disalin ke dalam skenario. Model penilaian lingkungan untuk sistem dan teknologi pengolahan sampah diharapkan sebagai model yang komprehensif, fleksibel dan mudah digunakan.

Modul-modul yang ada dalam model memiliki rancangan yang menjelaskan tentang konsumsi material atau energi, serta emisi yang dilepaskan ke lingkungan (udara, air

dan tanah). *Input* dan *output* didefinisikan saat membuat proses pengolahan sampah dalam skenario yang disusun. Hal ini dapat diakses dengan mudah atau dapat diukur pada saat pengolahan sampah di fasilitas pemulihan atau pengolahan, serta secara umum memiliki persamaan sederhana dan transparan. Dengan demikian, memungkinkan model untuk dekat dengan setiap proses melalui penyusunan *input* dan *output*, sehingga sama dengan proses yang sebenarnya ada dalam sistem pengolahan sampah yang sedang dinilai. Hal ini secara transparan juga akan menyempurnakan model dan perhitungan yang telah dilakukan, selama semua parameter dalam seluruh modul tersebut dapat diakses dan dimodifikasi.



Gambar 2.8. Model *Input-output* dalam Sistem Pengolahan Sampah
Sumber: Procter & Gamble (2005)

Gambar 2.8 memperlihatkan aliran input yang mencakup material sampah, energi atau material lainnya, aliran produk yang meliputi material sekunder, kompos dan energi yang dapat dimanfaatkan serta aliran output seperti emisi udara, emisi air yang ditimbulkan dari suatu sistem pengolahan sampah. Kegiatan pengolahan sampah

dalam model *input-output* tersebut meliputi pengumpulan dan pemilahan sampah serta proses pengolahan yang melibatkan beberapa teknologi yaitu teknologi pengolahan secara biologi (pengomposan), secara termal (insinerasi), daur ulang, serta *landfill*.

2.4.2. Aspek biaya dalam pengelolaan sampah kota

Secara umum investasi dalam pengelolaan sampah mencakup investasi untuk sarana dan prasarana pengumpulan dan pengangkutan sampah serta investasi untuk fasilitas pengolahan. Namun dengan adanya upaya 3R (*Reduce, Reuse dan Recycle*), yaitu mengurangi, menggunakan kembali, dan mendaur ulang sampah, maka dapat:

1. menghemat biaya investasi serta biaya operasional dan pemeliharaan (O & P);
2. meningkatkan nilai ekonomi sampah;
3. tercapainya penghematan pemakaian sumberdaya alam.

Pengolahan sampah juga bertujuan untuk memperoleh kembali sumberdaya yang terkandung di dalam material sampah. Beberapa cara yang dapat dilakukan antara lain melalui pengomposan, daur ulang yaitu mendaur ulang material sampah untuk ditingkatkan manfaatnya atau diubah menjadi produk lain, ataupun memanfaatkan sampah untuk mendapatkan energi (*WtE*).

Beberapa penelitian mengenai biaya investasi dan operasional fasilitas pengolahan sampah telah banyak dilaporkan, di antaranya hasil penelitian yang dilakukan oleh Tsilemou (2005) seperti tercantum pada Tabel 2.13. Tabel tersebut menampilkan fungsi biaya yang disarankan untuk beberapa jenis fasilitas pengolahan sampah, dimana terlihat ada hubungan antara biaya dengan timbulan sampah. Namun demikian, hal tersebut terkadang sulit dimanfaatkan karena perbedaan negara.

Tabel 2.13. Kurva Biaya yang Disarankan untuk Fasilitas Pengolahan Sampah

Jenis Fasilitas Pengolahan	Fungsi Biaya yang Disarankan		Kisaran (ton/tahun)
	Biaya Investasi (Euro)	Biaya Operasional (Euro/ton)	
Insinerasi	$y_1 = 5.000 * x^{0,8}$	$y_2 = 700 * x^{-0,3}$	$20.000 \leq x \leq 600.000$
Pengolahan biologi (aerobik)	$y_1 = 1.500 * x^{0,8}$	$y_2 = 4.000 * x^{-0,4}$	$7.500 \leq x \leq 250.000$
Pengolahan biologi (anaerobik)	$y_1 = 2.500 * x^{0,8}$	$y_2 = 5.000 * x^{-0,4}$	$7.500 \leq x \leq 250.000$
<i>Anaerobic digestion</i>	$y_1 = 34.500 * x^{0,55}$	$y_2 = 17.000 * x^{-0,6}$	$2.500 \leq x \leq 100.000$
Pengomposan	$y_1 = 2.000 * x^{0,8}$	$y_2 = 2.000 * x^{-0,5}$	$2.000 \leq x \leq 120.000$

Keterangan: y_1 adalah biaya investasi
 y_2 adalah biaya operasional
 x adalah jumlah timbulan sampah

Sumber: Tsilemou (2005)

Penelitian mengenai kisaran biaya investasi pengolahan sampah untuk berbagai teknologi juga dapat dilihat pada Tabel 2.14.

Tabel 2.14. Biaya Investasi Pengolahan Sampah

Sistem	Biaya Investasi ^{*)} (US \$/ton)
Daur Ulang Sampah	
1. Intensitas mekanik rendah (5-20 ton/hari)	11,491-22,981
2. Intensitas mekanik sedang (20-100 ton/hari)	13,789-28,727
3. Intensitas mekanik tinggi (>100 ton/hari)	22,981-45,963
Pengomposan	
1. <i>Low end system</i>	11,491-22,981
2. <i>High end system</i>	28,727-57,453
Waste to Energy (WtE)	86,180-146,434

*) penyesuaian dari Tchobanoglous *et al.* (2003)

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2006)

2.4.2.1. Biaya pengolahan sampah dengan teknologi pengomposan

Berdasarkan Laporan Akhir *Preliminary Design* Penanganan Sampah Skala Besar dengan Teknologi Tepat Guna di Jakarta, diperoleh gambaran mengenai biaya investasi pengomposan sampah di lokasi ITF Duri Kosambi yang diusulkan oleh pihak swasta. Gambaran perbandingan teknologi pengolahan dan biaya investasi yang diusulkan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15. Perbandingan Biaya Investasi Pengolahan Sampah menjadi Kompos di Rencana Lokasi *Intermediate Treatment Facility (ITF)* DKI Jakarta

Uraian	Perusahaan A	Perusahaan B	Perusahaan C
Jenis Teknologi	<i>Biopuster Waste Recycle & produk kompos</i>	<i>3R-Crusher</i>	3R + kompos organik, dengan mekanikal digester/fermentasi seeding mikroorganisme lokal
Luas areal yang diusulkan	20 Ha TPA eksisting	0,15 Ha	Kompos organik perlu 10 Ha, ditambah dengan wisata 30 Ha
Jumlah investasi	Rp.17,25 milyar	n/a ^{*)}	Rp.81 milyar
Kapasitas olah	2.000 ton/hari	24 ton/jam	7.500-10.000 m ³ /hari
Produk yang dihasilkan	Kompos	Kompos dan enzim	Kompos

^{*)}Keterangan: n/a berarti data tidak tersedia

Sumber: Laporan Akhir *Preliminary Design* Penanganan Sampah Skala Besar dengan Teknologi Tepat Guna di DKI Jakarta (2006)

Pembangunan instalasi pengomposan (*composting plant*) juga telah dilaksanakan pada tahun 2004 di tiga lokasi di Jawa Barat, yaitu di Kabupaten Serang, Kabupaten Bandung dan Kota Cirebon. Data mengenai biaya investasi fasilitas pengomposan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2.16. Instalasi Pengomposan di Lokasi TPA Eksisting di Jawa Barat

Lokasi	Kapasitas (ton/hari)	Luas lahan (m ²)	Biaya investasi konstruksi plant (Rp)	Biaya investasi alat berat (Rp)
CP Cilowong, Kab. Serang	8-10	6.800	3.756.697.600	950.915.000
CP Babakan, Kab. Bandung	10	3.640	2.671.734.000	760.110.000
CP Kopiluhur, Kab. Cirebon	20	5.780	3.808.007.807	946.370.000

Sumber: WJEMP (2004)

Beberapa wilayah di Indonesia yang juga telah melaksanakan usaha mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke TPA dengan memanfaatkan sampah organik menjadi kompos, antara lain di wilayah Cibangkong, Bandung dan Perumahan Mustika Tigaraksa Tangerang (Departemen Pekerjaan Umum, 2005).

Pengolahan sampah di Cibangkong dilaksanakan oleh masyarakat dengan dukungan awal dari Puslitbangkim berupa bangunan, peralatan, aktivator jenis Effective Microorganism-4 (EM-4) dan pelatihan. Pengembangan lokasi dibantu oleh Universitas Pajajaran dengan biaya sebesar Rp.2.700.000,-. Selain itu, hasil penjualan kompos dan material daur ulang dapat digunakan sebagai sumber dana untuk biaya operasi dan pemeliharaan. Secara umum biaya yang diperlukan untuk pengelolaan kompos tersebut sebesar Rp.2.700.000,- per bulan.

Perumahan Mustika Tigaraksa Kabupaten Tangerang dengan 1.866 KK menghasilkan sampah sebanyak 7 m³ per hari. Sampah tersebut dikelola oleh BEST (*Institute for Integrated Economic and Social Development*) yang melibatkan tenaga dari masyarakat setempat dan pihak pengembang. Biaya untuk pengelolaan sampah di wilayah tersebut sebesar Rp.5.400.000,- per bulan.

Kelompok Teknologi Pengelolaan Sampah dan Limbah Padat, BPPT (2004) menjelaskan bahwa untuk membangun fasilitas pengomposan skala kawasan dengan kapasitas 20 m³ sampah per hari, dengan jumlah layanan 5.000-8.000 jiwa (1.000

KK) dibutuhkan biaya antara Rp.200.000.000,--Rp.300.000.000,- yang bergantung pada kondisi daerah setempat.

Hasil penelitian Dewi (1997) mengenai analisis ekonomi dan sosial penanganan sampah di Kota Bogor mengungkapkan bahwa biaya yang diperlukan untuk pengomposan sampah adalah sebesar Rp.3.827,- per m³ sampah, sedangkan manfaat ekonomi yang dapat diterima jika sampah tersebut diolah menjadi kompos adalah Rp.16.171,- per ton sampah.

Berdasarkan estimasi yang diperoleh dari rancangan teknis reaktor sampah terpadu oleh Kastaman dan Kramadibrata (2007) dari LPM Universitas Pajajaran Bandung, diketahui bahwa biaya investasi yang dibutuhkan untuk pengembangan reaktor sampah terpadu Silarsatu dengan metode pengomposan untuk sampah organik dan pengepakan untuk pemanfaatan dan pemasaran sampah anorganik adalah sebesar Rp.3.796.261.500,-, dengan biaya operasional per tahun sebesar Rp.333.732.615,- untuk 36 m³ sampah per hari atau 13.140 m³ sampah per tahun.

2.4.2.2. Biaya pengolahan sampah dengan teknologi insinerasi

Beberapa jenis insinerator modular telah dipasarkan di wilayah DKI Jakarta dengan kisaran harga dan kapasitas seperti tercantum dalam Tabel 2.17.

Tabel 2.17. Jenis dan Harga Insinerator Modular

No.	Jenis	Kapasitas	Harga
1.	Pyromat Incinerator Gasifikasi	160-200 kg/hari	US\$ 110.000
2.	Carbonized Incinerator	700-800 kg/hari	US\$ 189.451
3.	Incinerator	2.500 kg/hari	US\$ 581.519

Sumber: Departemen PU (2007)

Berdasarkan Laporan Akhir *Preliminary Design* Penanganan Sampah Skala Besar dengan Teknologi Tepat Guna di Jakarta (2006), diperoleh gambaran mengenai usulan biaya investasi pengolahan sampah dengan menggunakan teknologi *waste to*

energy untuk rencana pengolahan sampah di lokasi ITF Duri Kosambi yang diusulkan oleh pihak swasta. Gambaran mengenai perbandingan teknologi maupun biaya investasi yang diusulkan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.18.

Tabel 2.18. Perbandingan Biaya Investasi Pengolahan Sampah 3R dan RDF (*WtE*)
Usulan Rencana Pengolahan sampah di Lokasi ITF Duri Kosambi

Uraian	Perusahaan D	Perusahaan E	Perusahaan F	Perusahaan G
Jenis teknologi	RDF Technology 3R menjadi RDF <i>renewable energy</i>	3R mekanikal+gasifikasi+ electricity	3R-fermentasi/gasifikasi menjadi listrik 10-12 MW	WtE (incinerator + listrik)
Luas area yang diusulkan	20 Ha	5 Ha	4,5 Ha	5 Ha
Jumlah investasi	US\$ 66 juta	US\$ 90 juta	US\$ 60 juta	US\$ 80 juta
Kapasitas olah	1.500 ton/hari	1.500 ton/hari	1.000 ton/hari	1.000 ton/hari
Produk yang dihasilkan	Energi	Listrik dan residu	Listrik dan residu	Listrik dan residu
Masa bangun	17 bulan	30 bulan	12 bulan	24 bulan

Sumber: Laporan Akhir Preliminary Design Penanganan Sampah Skala Besar dengan Teknologi Tepat Guna di Jakarta (2006)

2.4.2.3. Biaya pengolahan sampah dengan teknologi penimbunan akhir (*landfilling*)

Gambaran mengenai biaya operasional dan pemeliharaan pengelolaan tempat pembuangan akhir (TPA) pada beberapa kota besar di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.19.

Tabel 2.19. Analisis Statistik Diskriptif Biaya Spesifik Operasional dan Pemeliharaan Sistem Pembuangan Akhir Sampah

Kota/Kabupaten	Biaya			
	(Rp/tahun)	(Rp/m ³)	(\$/tahun)	(\$/m ³)
Surabaya	-	66,17	-	0,01
Medan	784.547.618,62	1.472,32	85.258,38	0,16
Bandung	4.275.947.106,71	15.282,93	464.678,78	1,66
Jakarta Barat	13.275.996.771,01	6.962,59	1.442.729,49	0,76
Jakarta Selatan	274.331.500,80	2.600,20	29.812,16	0,28
Jakarta Pusat	12.764.524.575,68	6.962,59	1.387.146,77	0,76
Jakarta Timur	-	1.170,09	-	0,13
Depok	27.160.399,10	246,55	2.951,57	0,03
Bogor	-	3.278,02	-	0,36
Yogyakarta	-	2.349,34	-	0,26
Samarinda	-	517,62	-	0,06
Makasar	-	509,88	-	0,06
Balikpapan	-	1.885,29	-	0,20
Rata-rata	5.233.755.827,00	3.331,05	487.511,02	0,34
Standar deviasi	6.225.872.510,02	4.252,32	653.971,00	0,45
Maksimum	13.275.996.771,01	15.282,93	1.442.729,49	1,66
Minimum	274.331.500,80	1.472,32	29.812,16	0,16

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2006)

Berdasarkan Tabel 2.19 terlihat bahwa rata-rata biaya spesifik operasional dan pemeliharaan pembuangan akhir sampah sebesar Rp.3.331/m³, dengan interval yang cukup besar, yaitu mulai Rp.2.600,-/m³-Rp.6.962,-/m³. Variasi yang cukup besar ini dapat disebabkan karena berbagai metode pembuangan sampah yang diterapkan, yaitu mulai dari *open dumping* dan *controlled landfill*.

Tabel 2.20 berikut ini memperlihatkan beberapa tipikal biaya spesifik investasi serta operasi dan pemeliharaan untuk penerapan sistem pengelolaan sampah secara terpadu (*Integrated Solid Waste Management*).

Biaya Operasi & Pemeliharaan	Satuan	Investasi	Satuan	Sistem	Uraian Komponen	Sistem	No.
------------------------------	--------	-----------	--------	--------	-----------------	--------	-----

(lanjutan) 0271991

Tabel 2.20. Biaya Spesifik Investasi serta Operasi dan Pemeliharaan Pemanfaatan Kembali/Daur Ulang Sampah

No.	Sistem	Komponen Utama Sistem	Satuan	Biaya Investasi		Satuan	Biaya Operasi & Pemeliharaan	
				US\$ (2000)	US\$ (2006)		US\$ (2000)	US\$ (2006)
a. Pengumpulan sampah								
1.	Sampah tercampur	Kendaraan pengumpul sampah	\$/truk	100.000-140.000	114.907-160.870	\$/ton	60-80	69-92
		Kendaraan pengumpul sampah mekanis	\$/truk	115.000-140.000	132.143-160.870	\$/ton	50-70	57-80
2.	Sumber sampah terpilah	Kendaraan pengumpul setir kanan, dilengkapi dengan 4 kompartemen	\$/truk	120.000-140.000	137.888-160.870	\$/ton	100-140	115-161
b. Pemanfaatan kembali/ daur ulang sampah								
1.	Intensitas mekanis rendah	Memproses hanya sampah yang sudah dipilah	\$/ton/hari	10.000-20.000	11.491-22.981	\$/ton	20-40	23-46
		Bangunan tertutup, lantai beton, <i>first stage handpicking station</i> dan ban berjalan, persiapan material untuk satu bulan. Fasilitas pendukung untuk pekerja						
2.	Intensitas mekanik tinggi	Proses tercampur, sampah domestik sama dengan fasilitas mekanis rendah, sistem ditambah dengan kantong breaker mekanik, magnet, alat penghancur, screen, dan tempat	\$/ton/hari	20.000-40.000	22.981-45.963	\$/ton	30-60	34-69

Tabel 2.20. Biaya Spesifik Investasi serta Operasi dan Pemeliharaan Pemanfaatan Kembali/Daur Ulang Sampah

No.	Sistem	Komponen Utama Sistem	Satuan	Biaya Investasi		Satuan	Biaya Operasi & Pemeliharaan	
				US\$ (2000)	US\$ (2006)		US\$ (2000)	US\$ (2006)
c. Pengomposan								
1.	<i>Low end system</i>	Sampah sudah dipisahkan, tanah kosong, bersih, lantai beton dengan peralatan <i>turn-down</i>	\$/ton/hari	10.000-20.000	11.491-22.981	\$/ton/hari	20-40	23-46
2.	<i>High end system</i>	Feedstock berasal dari sampah yang sudah dipilah, bangunan tertutup dengan lantai beton, peralatan proses MRF, in-vessel composting, bangunan tertutup untuk membuat produk kompos	\$/truk	25.000-50.000	28.727-57.453	\$/ton	30-50	34-57
d. Waste to Energy								
1.	<i>Mass Burn Field Erected</i>	Sistem yang terintegrasi dari <i>receiving pit, furnace, boiler, unit energy recovery</i> , pembersihan udara	\$/ton/hari	80.000-120.000	91.925-137.888	\$/ton	40-80	46-92
1.	<i>Mass Burn Modular</i>	Sistem yang terintegrasi dari <i>receiving pit, furnace, boiler, unit energy recovery</i> , pembersihan udara	\$/ton/hari	80.000-120.000	91.925-137.888	\$/ton	40-80	46-92
2.	Produksi RDF	Produksi <i>fluff</i> dan densified bahan bakar dari sampah (RDF dari proses MSW)	\$/ton/hari	20.000-30.000	22.981-34.472	\$/ton	20-40	23-46

Table 2-20 (lanjutan)

No.	Sistem	Komponen Utama Sistem	Satuan	Biaya Investasi		Satuan	Biaya Operasi & Pemeliharaan	
				US\$ (2000)	US\$ (2006)		US\$ (2000)	US\$ (2006)
e. Landfilling								
1.	Sampah yang telah terpilah	Pembuangan sampah yang sudah terpilah dengan <i>modern landfill</i> menggunakan lapisan ganda dan sistem gas recovery	\$/ton/hari	25.000-40.000	28.727-45.963	\$/ton	10-120	11-138
2.	Monofil	Pembuangan sampah yang sudah terpilah dengan <i>modern landfill</i> menggunakan lapisan ganda dan sistem gas recovery (jika diperlukan)	\$/ton/hari	10.000-25.000	11.491-28.727	\$/ton	10-80	11-92

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum (2006)

2.5. Pengambilan Keputusan dalam Penanganan Sampah Kota

Sudah sejak lama metode pengambilan keputusan telah dikembangkan untuk membantu pengambil keputusan dalam menganalisis dan memecahkan masalah penanganan sampah kota. Tujuan utama dari metode pengambilan keputusan adalah untuk mendapatkan solusi terbaik dari beberapa alternatif pilihan, baik dalam konteks objektif kuantitatif maupun kualitatif.

Menurut Chambal, Shoviak dan Alfred (2003), diperlukan teknik analisis keputusan untuk menghasilkan beberapa model tujuan, seperti lokasi pengelolaan sampah kota, sasaran, objektif dan strategi evaluasi pengelolaan sampah. Analisis sensitivitas tercakup dalam model karena untuk menilai dan menggambarkan efek perubahan dari beban obyek model dan perubahan parameter model. Secara keseluruhan, model digunakan sebagai alat untuk membantu para pengambil keputusan dalam membuat keputusan yang lebih baik ketika memilih strategi pengelolaan sampah kota.

Dalam tulisannya, Erkuta, *et al.* (2006) membandingkan perbedaan dan perencanaan pengawasan pengelolaan sampah di Central Macedonia. Model perencanaan yang dipresentasikan yaitu *multicriteria mixed-integer linear* sebagai penyelesaian masalah lokasi untuk fasilitas pengelolaan sampah kota di tingkat wilayah. Pada penelitiannya, Erkuta *et al.* menerapkan pendekatan *lexicographic minimax* untuk memperoleh solusi terbaik, yaitu solusi dengan menormalkan semua objek, agar setara antara satu dengan lainnya. Solusi model ini antara lain terdiri dari lokasi dan teknologi pengolahan sampah serta aliran sampah antar lokasi.

Tabel 2.21 berikut ini memperlihatkan kelebihan dan kelemahan dari beberapa metode pengambilan keputusan dalam pengelolaan sampah yang ada saat ini.

No.	Sistem	Komponen Utama Sistem	Satuan
			Biaya Investasi
			USS (2000)
			USS (2006)
			Satuan
			Biaya Operasi & Pemeliharaan
			USS (2000)
			USS (2006)

Tabel 2.21. Metode Pengambilan Keputusan dalam Pengelolaan Sampah yang ada saat ini

Metode	Kelebihan	Kelemahan
<i>LCI—Life Cycle Inventory</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Menggambarkan spektrum emisi secara luas b. Memberikan data lingkungan secara terpadu dengan data ekonomi c. Fleksibel, memberikan perbandingan secara mudah dari skenario yang berbeda 	<ul style="list-style-type: none"> a. Hanya inventori dari emisi b. Tidak ada informasi mengenai dampak terhadap penerima c. Tidak ada dimensi yang terkait dengan waktu atau ruang d. Tidak dapat melakukan <i>trade-off</i> secara lokal/regional/global
<i>MCDA—Multi Criteria Decision Analysis</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Dapat melakukan perbandingan skenario multi-atribut atau multi-objektif b. Fleksibel dalam pemilihan kriteria c. Memberikan data kuantitatif dan kualitatif secara terpadu 	<ul style="list-style-type: none"> a. Masalah dengan estimasi pembobotan b. Dibatasi hanya oleh sejumlah alternatif yang relatif kecil, yang tidak dapat mewakili solusi-solusi yang efisien
<i>Optimization</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Memberikan solusi terbaik dari suatu paket kelayakan b. Dapat digunakan untuk penyelesaian masalah multi-objektif dengan menggunakan <i>goal programming</i>, teknik kompromi programming c. Mengidentifikasi batas efisien dari wilayah solusi untuk mengambil keputusan selanjutnya 	<ul style="list-style-type: none"> a. Peluang untuk memecahkan masalah-masalah <i>integer</i> yang non-linier dan dalam skala besar dibatasi oleh algoritma yang ada saat ini. b. Beberapa asumsi mengenai hubungan-hubungan di dalam model harus dibuat
<i>GIS—Geo-Information Systems</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Mencerminkan pola spasial penyebaran geografi dari pelaku, aliran dan area-area yang sensitif b. Dapat menampilkan analisis geografis berdasarkan perpotongan dan penumpukan dari objek-objek yang berbeda. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Tidak memiliki dimensi waktu b. Memerlukan keterpaduan dengan teknik yang lain untuk menampilkan analisis perbandingan dari skenario c. Jumlah informasi <i>output</i> terlalu tinggi untuk mengambil keputusan
<i>Environmental Damage Calculation Methodology</i> , Russia (1983, 1999)	<ul style="list-style-type: none"> a. Dapat mengintegrasikan banyak jenis emisi menjadi sebuah pengukuran kerusakan lingkungan secara tunggal b. Secara eksplisit memasukkan keadaan geografis <i>peculiarities</i> ke dalam perhitungan 	<ul style="list-style-type: none"> a. Unit pengukuran kerusakan lingkungan tidak umum dan tidak dikenal b. Tidak memperhitungkan penerima emisi pencemar

Delph

Enviro
AssessPolluti
models

S

2

F

b

p

fi

p

D

p

ya

pi

ke

m

da

<i>Delphi method</i>	Dapat menganalisis situasi yang kompleks dengan informasi yang tidak pasti dan atau keterbatasan waktu/sumberdaya untuk membuat keputusan dengan menggunakan pakar	<ul style="list-style-type: none"> a. Estimasi bersifat subjektif b. Terdapat kemungkinan ketidakseimbangan dalam hal memahami masalah yang ditanyakan oleh pakar
<i>Environmental Impact Assessment (EIA)</i>	<ul style="list-style-type: none"> a. Dapat mengamati seluruh dampak secara rinci dari situs dan teknologi yang spesifik b. Dapat mengkombinasi informasi ekonomi, lingkungan dan sosial 	<ul style="list-style-type: none"> a. Sangat mahal dalam hal waktu, sumberdaya, kebutuhan data b. Perlu digabungkan dengan model dispersi c. Jenis studi yang sangat dangkal d. Fokus hanya pada dampak dan bukan pada sistem limbahnya
<i>Pollution dispersion models</i>	Menyajikan distribusi emisi spasial secara rinci sesuai dengan relief, iklim dan karakteristik dari sumber emisi-emisi	<ul style="list-style-type: none"> a. Membutuhkan tenaga substansial computational (terutama untuk beragam sumber) b. Alat sangat mahal c. Sulit dalam menganalisis dampak pada penerima akhir

Sumber: Shmelev dan Powell (2005)

2.6. Model Pengelolaan Sampah Kota

Pengelolaan sampah kota bersifat kompleks dan multidisiplin, yang melibatkan berbagai aspek seperti ekonomi, teknis, peraturan, kelembagaan serta isu pembangunan berkelanjutan. Kebanyakan negara-negara industri telah mengadopsi filosofi hirarki pengelolaan sampah dengan fokus utama pada upaya pencegahan atau pengendalian sebagai arah dalam mengembangkan strategi pengelolaan sampah kota.

Dalam dua dekade terakhir, beberapa upaya penelitian yang terkait dengan pengolahan sampah diarahkan untuk mengembangkan optimasi alokasi aliran sampah yang didasarkan pada aspek ekonomi. Beberapa contoh model yang menggunakan program matematik telah dikembangkan untuk perencanaan pengelolaan sampah kota. Chang and Chang (1998) menyajikan suatu model yang didasarkan pada minimisasi total biaya, dengan memasukkan jumlah perolehan material dan energi ke dalam perhitungan, yang diformulasikan dengan pembatas non-linier. Dalam model

ini, fungsi biaya mencakup biaya transportasi, pengolahan, pemeliharaan, daur ulang, serta keuntungan dari penjualan energi listrik. Variabel keputusan meliputi aliran material di dalam berbagai fasilitas pengolahan, yang sebelumnya terlebih dahulu didefinisikan mengenai jumlah serta tipologi dari beberapa fasilitas. Kendala atau pembatas yang relevan meliputi keseimbangan bahan, kapasitas instalasi dan jumlah minimum pemulihan energi. Namun demikian, model ini lebih menitik-beratkan pada aspek biaya dan belum memasukkan aspek lingkungan ke dalam perhitungan.

Pendekatan lain seperti yang dikemukakan oleh Daskalopoulos *et al.* (1998) adalah memformulasikan aliran di dalam pengelolaan sampah kota, memasukkan laju dan komposisi sampah ke dalam perhitungan, serta menambahkan dampak lingkungan. Dalam model ini, aliran optimal sampah kota ke beberapa fasilitas pengolahan sampah (*landfill*, insinerator dengan pemulihan energi, daur ulang sampah, dan pengomposan sampah) ditentukan melalui minimisasi fungsi biaya linier, dengan asumsi aliran-aliran tersebut merupakan variabel bebas.

Di Itali, D'Antonio and Fabbricino (1998) dalam Fiorucci *et al.* (2003), mengusulkan dan menerapkan pendekatan pilihan ganda. Pendekatan ini mengintegrasikan biaya lokasi instalasi pengolahan dengan biaya pengangkutan dan pengolahan sampah. Solusi biaya minimum ditentukan dengan menggunakan model matematis yang melibatkan kendala teknis dan legislatif. Meskipun seluruh aliran dan biaya ditentukan secara akurat, tetapi nilai kalor dari sampah yang merupakan aspek penting untuk proses insinerasi tidak dimasukkan ke dalam perhitungan. Sebagai tambahan, aspek teknis lainnya yang berkaitan dengan sistem pengolahan sampah, seperti produksi *Refused Derived Fuel* (RDF) dan evaluasi terhadap waktu jenuh dari *sanitary landfill* belum dimasukkan ke dalam model.

Secara umum, kesulitan mendasar dalam merencanakan sistem pengolahan sampah kota adalah memasukkan secara simultan berbagai tujuan yang saling bertentangan, yang secara umum tidak dapat diputuskan hanya dari aspek ekonomi saja, dan adanya

yang secara umum tidak dapat diputuskan hanya dari aspek ekonomi saja, dan adanya suatu ketidakpastian dalam memperkirakan biaya dan dampak lingkungan. Seperti beberapa alasan yang pernah dikemukakan beberapa peneliti (Hokkanen and Salminen, 1997; Karagiannidis and Moussiopoulus, 1997; Chang and Chang, 1997) untuk mengusulkan pendekatan keputusan multi-kriteria, kadang mengizinkan untuk representasi formal dari ketidakpastian informasi.

Sehubungan dengan hal tersebut, pengembangan model yang memiliki kemampuan membantu perencana dalam berbagai tahapan prosedur perancangan merupakan hal yang menarik. Sebagai contoh, Hastrup *et al.* (1998), yang mengembangkan dan menerapkan suatu sistem pendukung pengambilan keputusan terpadu dengan sistem informasi sampah kota. Sistem meliputi tiga komponen utama interaksi, yaitu sistem *interface* pengguna, data sistem pengolahan, dan model sistem pengolahan. Secara khusus, sistem pendukung ini meliputi: peta lokasi fasilitas pengolahan, empat model (risiko lokasi, dampak lingkungan, biaya, dan model risiko transportasi) untuk evaluasi skenario, serta model NAIADE untuk analisis multikriteria (Fiorucci *et al.*, 2003)

Contoh selanjutnya dari model komputer pengelolaan sampah kota terpadu dapat ditemukan dalam Wang *et al.* (1996). Untuk fokus pada seluruh aspek dari permasalahan pengelolaan sampah kota ternyata agak sulit. Penelitian saat ini cenderung berfokus pada gabungan beberapa aspek spesifik dan percobaan teknik optimasi spesifik untuk menyelesaikan masalah. Sebagai contoh, model yang ditujukan pada pertimbangan ekonomi yang rinci (Masui *et al.*, 2000) telah dikembangkan saat ini. Dalam penelitian tersebut, analisis *input-output* diperluas ke optimasi dinamik, selama proses dapat dimodelkan sebagai proses dinamik. Sebagai contoh, penelitian yang didasarkan pada teknik sistem pendukung keputusan yang berbeda adalah suatu pendekatan yang didasarkan pada algoritma turunan yang mengizinkan generasi konfigurasi jaringan berganda (alternatif kebijakan) dievaluasi oleh pengambil keputusan (Rubenstein-Montano *et al.*, 2000).

Model optimasi sistem pengolahan sampah kota

Menurut Manetsch *dalam* Olson (1995), model adalah suatu penggambaran abstrak dari sistem dunia nyata (riil) yang akan bertindak seperti dunia nyata untuk aspek-aspek tertentu. Menurut Muhammadi *et al.* (2001), model adalah suatu bentuk yang dibuat untuk menirukan suatu gejala atau proses. Model juga dapat disebut sebagai bangunan pemikiran.

Suatu model yang baik akan memberikan gambaran perilaku dunia nyata sesuai dengan permasalahan dan akan meminimalkan perilaku yang tidak signifikan dari sistem yang dimodelkan. Model dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu model kuantitatif, kualitatif, dan model ikonik. Model kuantitatif adalah model yang berbentuk rumus matematik, statistik dan komputer. Model kualitatif adalah model yang berbentuk diagram, gambar atau matriks, yang menyatakan hubungan antar unsur. Model ikonik adalah model yang mempunyai bentuk fisik sama dengan barang yang ditirukan, meskipun skalanya dapat diperbesar atau diperkecil. Penelitian ini menggabungkan antara model kualitatif yang mencakup skema atau diagram dengan model matematis yang menyertainya.

Optimasi dalam konteks kata kerja berarti menghitung atau mencari titik optimum, sedangkan sebagai kata benda optimasi merupakan peristiwa atau kejadian proses optimisasi. Dengan demikian, teori optimasi mencakup studi kuantitatif tentang titik optimum dan cara-cara untuk mencarinya (Haluan 1985), sedangkan Gaspersz (1992) menyatakan bahwa optimasi adalah suatu proses pencarian hasil terbaik. Proses ini dalam analisis sistem diterapkan terhadap beberapa alternatif yang dipertimbangkan, kemudian dari hasil itu dipilih alternatif yang menghasilkan keadaan terbaik.

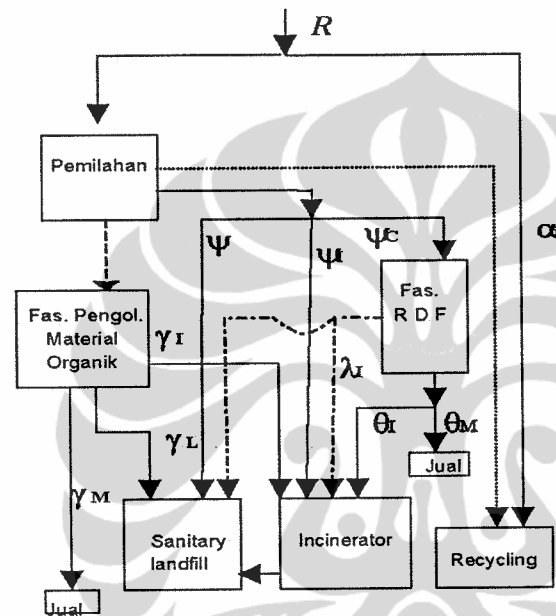
Studi atau penelitian tentang sampah telah banyak dilakukan dengan fokus kajian yang cukup beragam, antara lain aspek pengelolaan sampah, analisis ekonomi, aspek kelembagaan pengelola sampah, pencemaran yang diakibatkan oleh sampah, termasuk juga mengenai metode dan strategi dalam pengambilan keputusan untuk

pengelolaan sampah kota. Metode pengambilan keputusan dikembangkan untuk membantu pengambil keputusan dalam menganalisis dan memecahkan masalah penanganan sampah kota. Tujuan utama dari metode pengambilan keputusan adalah untuk mendapatkan solusi terbaik yang dibuat sesuai karakteristik dari pengambil keputusan, baik dalam objektif kuantitatif maupun kualitatif.

Sebagian besar model yang terkait dengan aspek pengelolaan sampah yang ada saat ini, termasuk model yang dikembangkan oleh Robba, *et al.* (2001) belum sepenuhnya mempertimbangkan seluruh aspek keberlanjutan, yang mencakup aspek teknis, ekonomi, lingkungan dan sosial, sehingga belum lengkap bila digunakan sebagai alat untuk merencanakan sistem pengelolaan sampah kota yang berkelanjutan. Dalam penelitiannya, Robba, *et al.* (2001) menerapkan sistem pengolahan sampah terpadu yang terdiri dari separator, instalasi pengolahan untuk memproduksi RDF (*Refused Derived Fuel*), insinerator dengan pemulihan energi, instalasi untuk mengolah material organik yang berasal dari separator, dan *landfill*. Keputusan yang diambil dalam model Robba *et al.* (2001) ini mencakup aliran optimal sampah yang akan dikirim ke setiap instalasi pengolahan berbeda dan aliran sampah yang dapat didaur ulang, dan juga mengenai ukuran dari instalasi pengolahan yang berbeda. Tujuan yang ingin dicapai adalah menyajikan struktur dan aplikasi sistem pendukung pengambilan keputusan yang dirancang untuk membantu pengambil keputusan dalam mengembangkan program pengolahan sampah kota. Untuk mencapai tujuan tersebut, pengambil keputusan terlibat dalam proses pengambilan keputusan, yang dirumuskan sebagai problem multiobjektif dan sebagai alat metode pengambilan keputusan interaktif.

Model yang dikembangkan oleh Robba *et al.* (2001) lebih menekankan pada aspek teknis yang menyangkut aliran sampah pada unit-unit pengolahan. Fitur spesifik dari model tersebut adalah hadirnya suatu set variabel keputusan binari (kembar), dimana nilai dari variabel tersebut mengindikasikan ada atau tidaknya fasilitas pengolahan sampah tertentu di dalam konfigurasi sistem pengolahan sampah. Dengan demikian

dapat didefinisikan bahwa konfigurasi optimal dari sistem tersebut adalah menentukan aliran optimal di antara berbagai fasilitas pengolahan yang ada dalam sistem. Masalah optimasi dipecahkan melalui bantuan *Optimization Software Lingo 6.0 (LINDO System)*. Gambar 2.9 berikut ini memperlihatkan model sistem pengolahan sampah kota yang dikemukakan oleh Robba, *et al.* (2001) dengan berbagai variabel yang terkait.



Gambar 2.9. Variabel-variabel dalam Model Optimasi Pengolahan Sampah Kota
Sumber: Robba, et al. (2001)

Jumlah timbulan sampah per hari (R) terbagi dalam aliran sampah yang langsung dapat didaur ulang dan aliran sampah yang dikirim ke tiga jenis bangunan pengolahan sampah setelah melalui unit separator, yaitu: fasilitas pengolahan material organik, insinerator, dan *landfill*. Tiga aliran sampah yang keluar dari separator meliputi:

- Material logam yang dapat dikirim ke proses daur ulang;
- Material organik yang dapat dikirim ke bangunan pengolah material organik;
- Fraksi material yang memiliki kelembaban rendah dan nilai kalor tinggi, dapat dibakar atau dikirim ke bangunan pengolah yang memproduksi RDF (*Refused Derived Fuel*), atau dibuang ke *sanitary landfill*.

dalah
dalam
Lingo
istem
ngan

Model optimasi dari sistem pengolahan sampah kota yang dikembangkan oleh Robba *et al.* (2001) didasarkan pada empat fungsi tujuan yang dicapai secara simultan, yaitu:

1. Meminimalkan biaya ekonomi,
2. Meminimalkan sampah yang tidak dapat didaur-ulang,
3. Meminimalkan kuantitas sampah yang dikirim ke *sanitary landfill*, dan
4. Meminimalkan emisi dari insinerator.

Model yang dikembangkan oleh Robba *et al.* (2001) ini lebih menekankan pada optimasi aliran sampah yang terdistribusi pada unit-unit pengolahan. Sedangkan dampak lingkungan yang diperhitungkan dalam model baru mencakup emisi yang berasal dari satu teknologi (insinerator) dan belum memperhitungkan dampak lingkungan dari sistem pengolahan sampah secara keseluruhan.

Dari berbagai model atau metode yang telah dikembangkan selama ini dapat disimpulkan bahwa umumnya model yang ada bersifat kompleks atau rumit dalam pengoperasiannya, serta belum memperhitungkan aspek keberlanjutan secara lebih menyeluruh. Untuk itu dalam penelitian ini model yang dikembangkan lebih bersifat sederhana, namun dapat mendukung pengambilan keputusan dalam menetapkan sistem pengolahan sampah kota yang optimal. Dengan menggunakan model yang dikembangkan ini, pengelola kota dapat memprediksi dampak lingkungan dalam hal konsumsi energi, potensi pemanasan global, dan potensi toksik yang ditimbulkan dari suatu sistem pengolahan sampah..

ta

;sung

golah

anik,

lapat

fused

2.7. Kerangka Berpikir

Pengelolaan sampah kota mencakup upaya mengurangi secara maksimal jumlah sampah yang dibuang ke TPA melalui pengolahan dan pemanfaatan sampah, sehingga akan mengurangi ketergantungan terhadap TPA. Hal ini diperlukan, mengingat pengelolaan sampah yang dilakukan saat ini masih menerapkan pola kumpul-angkut-buang, yang sangat bergantung pada keberadaan TPA, yang umumnya dioperasikan dengan masih sangat buruk. Di sisi lain, pengelola dan

perencana kota dihadapkan pada upaya untuk mengembangkan suatu sistem pengolahan sampah kota yang berkelanjutan dan memadukan strategi yang bertujuan untuk mendapatkan pilihan terbaik yang praktis dan berwawasan lingkungan. Hal ini tentunya tidak mudah dilakukan karena keputusan yang diambil melibatkan beberapa aspek, seperti ekonomi, teknik, serta perhatian khusus terhadap lingkungan.

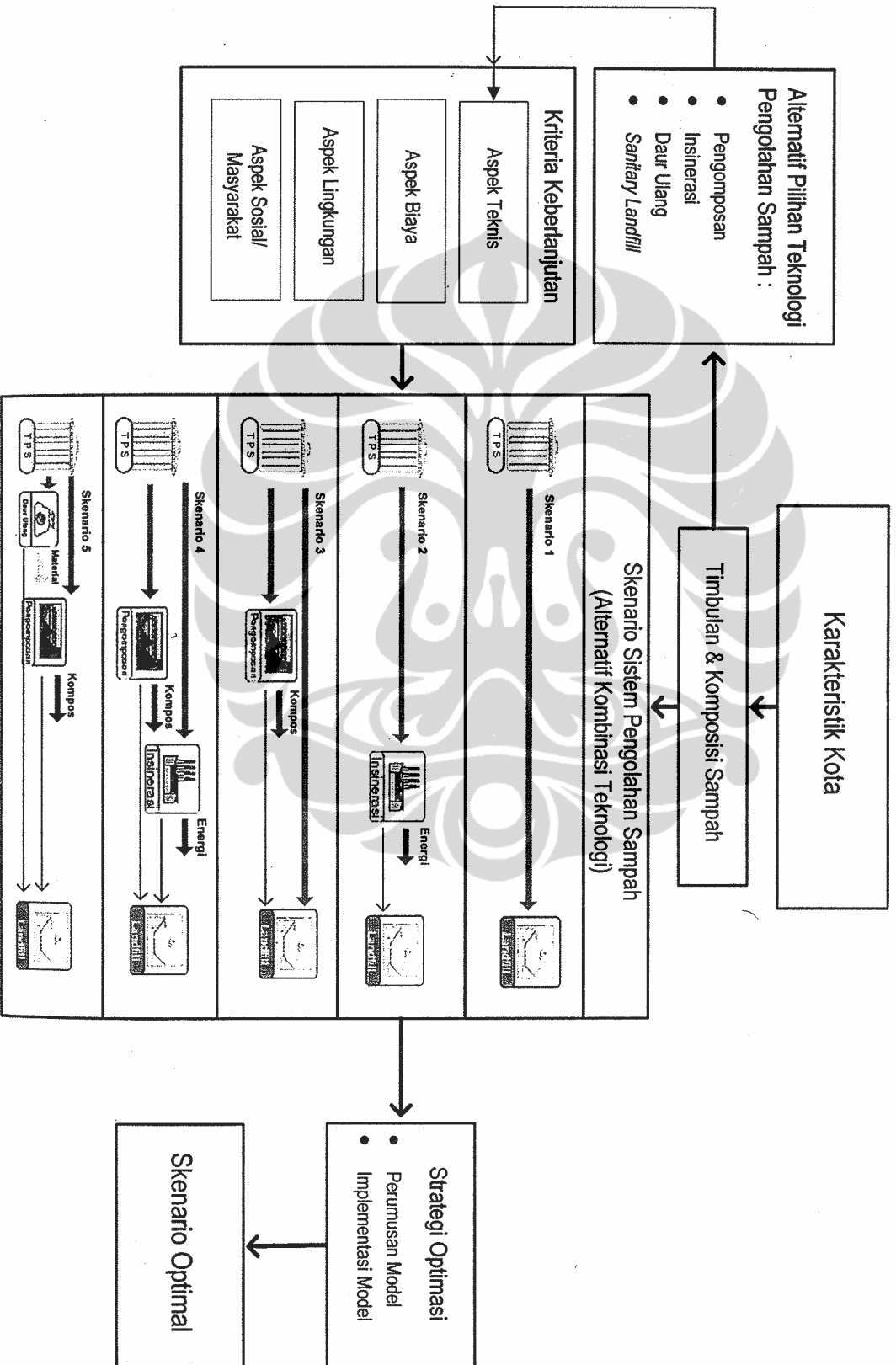
Sistem pengolahan sampah kota terpadu dengan kombinasi teknologi pengolahan yang sesuai dengan timbulan dan komposisi sampah kota perlu direncanakan dan diwujudkan sebagai upaya meminimalkan jumlah sampah yang dibuang ke TPA, sekaligus perbaikan dan peningkatan kualitas lingkungan. Dengan menerapkan sistem pengolahan sampah yang tepat, maka upaya penanganan sampah yang efektif dan aman terhadap lingkungan dapat diwujudkan.

Model optimasi sistem pengolahan sampah kota yang dikembangkan dalam penelitian ini ditujukan untuk mendukung pengambilan keputusan di dalam menentukan sistem pengolahan sampah kota yang berkelanjutan. Ruang lingkup dari sistem pengolahan sampah kota dibatasi pada kegiatan pengangkutan sampah dari tempat penampungan sementara ke fasilitas pengolahan, proses pengolahan sampah pada fasilitas pengolahan, hingga pengangkutan sampah dan/atau residu hasil pengolahan ke fasilitas penimbunan akhir (*landfill*).

Secara garis besar, pengembangan model mencakup beberapa tahapan yang dimulai dari penyusunan alternatif pilihan kombinasi teknologi pengolahan sampah kota, yang diwujudkan dalam beberapa skenario sistem pengolahan sampah. Penyusunan skenario didasarkan pada pertimbangan jumlah timbulan dan komposisi sampah yang merupakan fungsi dari komponen karakteristik kota, serta adanya upaya untuk:

1. memaksimalkan kelayakan lingkungan (meminimalkan dampak terhadap lingkungan dan penduduk);





Gambar 2.10. Kerangka Konsep Pengembangan Model Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota

2. memaksimalkan kelayakan teknis (meningkatkan pengalihan dari penimbunan akhir sampah secara signifikan);
3. memaksimalkan kelayakan ekonomi (menyajikan keseluruhan biaya yang kompetitif dengan skenario pengolahan sampah lainnya).

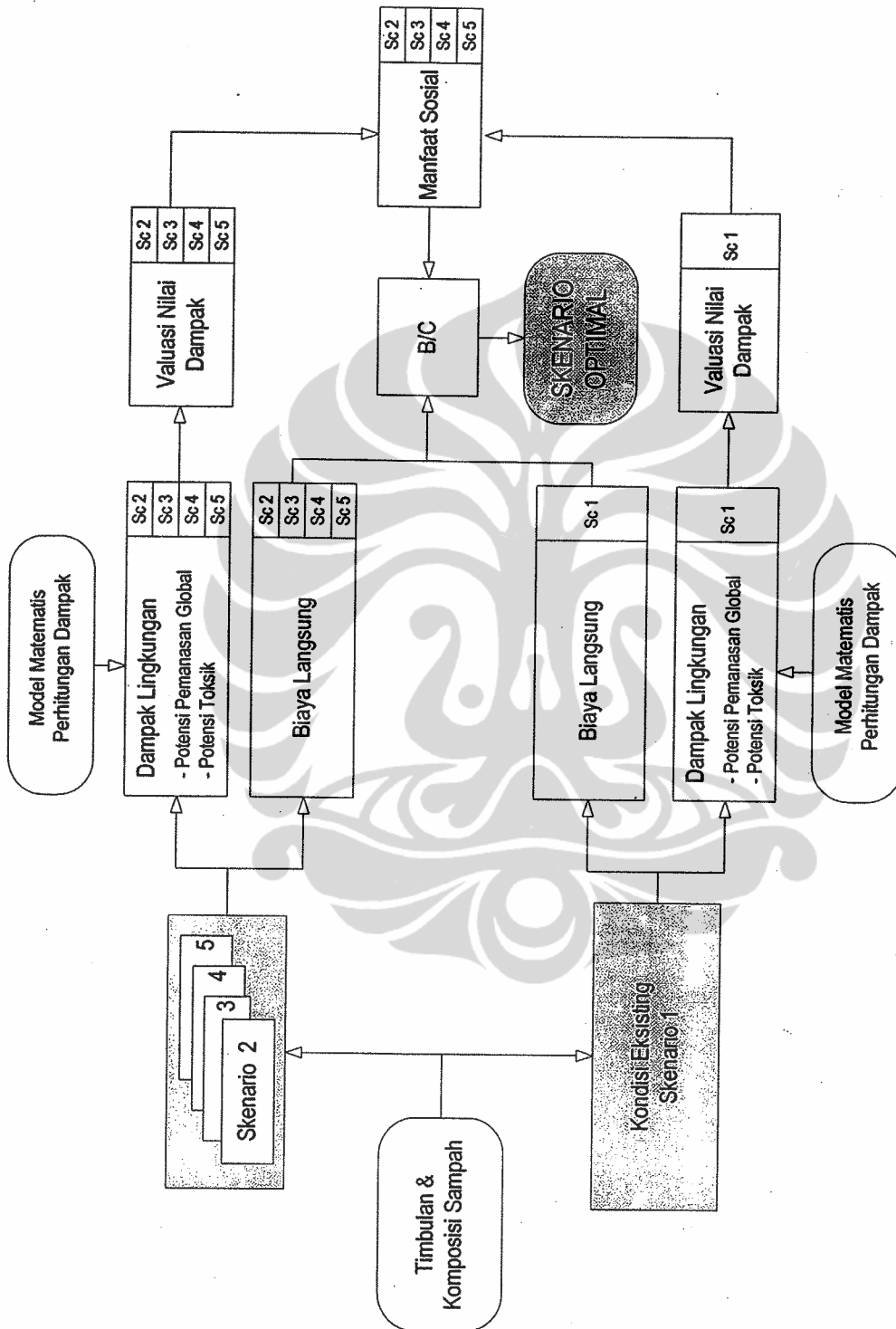
Langkah atau tahapan selanjutnya adalah merumuskan model matematis yang dapat digunakan untuk perhitungan dampak lingkungan potensial yang ditimbulkan dari skenario sistem pengolahan sampah. Kriteria dampak potensial yang dianalisis dalam model meliputi kriteria konservasi sumberdaya alam dengan indikator konsumsi energi dan kriteria pengendalian pencemaran yang meliputi potensi pemanasan global, serta potensi toksik terhadap manusia.

Setelah perumusan model matematis di atas, maka tahapan berikutnya adalah mengimplementasikan model tersebut untuk perhitungan dampak lingkungan potensial dari skenario sistem pengolahan sampah. Perhitungan nilai dampak tersebut diperlukan sebagai tahapan menuju penentuan skenario sistem pengolahan sampah yang optimal untuk wilayah studi di masa mendatang. Secara garis besar, tahapan tersebut dapat digambarkan ke dalam suatu kerangka konsep seperti pada Gambar 2.10, serta penjabaran strategi optimasinya pada Gambar 2.11.

2.8. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah dan kerangka pemikiran seperti yang telah diungkapkan sebelumnya, maka disusun hipotesis penelitian berikut:

Sistem penanganan sampah kota untuk wilayah studi Jakarta Barat dengan menerapkan kombinasi teknologi yang terintegrasi dalam suatu sistem pengolahan sampah kota akan lebih bermanfaat ditinjau dari aspek lingkungan dan biaya, dibandingkan dengan tetap menggunakan sistem penanganan sampah dengan hanya menerapkan satu teknologi pengolahan seperti yang diterapkan saat ini.



Gambar 2.11. Diagram Strategi Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 10 bulan, dengan lokasi di wilayah Kotamadya Jakarta Barat, Provinsi DKI Jakarta. Pemilihan lokasi tersebut didasarkan atas pertimbangan bahwa Jakarta Barat merupakan salah satu wilayah kota dengan volume timbulan sampah yang cukup besar, yaitu 5.500 m³/hari dengan jumlah penduduk sebesar 1.565.947 jiwa (BPS DKI Jakarta, 2007). Dengan jumlah penduduk di atas 1.000.000 juta jiwa, maka wilayah Jakarta Barat dapat merepresentasikan sebagai wilayah kota metropolitan. Selain itu, dalam Rencana Strategis Pengelolaan Sampah DKI Jakarta 2005-2015, di wilayah Jakarta Barat direncanakan untuk dibangun fasilitas pengolahan sampah baik *cluster* (skala kecil) berkapasitas 20-50 ton sampah atau *ITF* (*Intermediate Treatment Facility*) yang berskala besar dengan kapasitas 1.000 -1.500 ton sampah.

3.2. Lingkup dan Metode Penelitian

Sesuai dengan tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian meliputi:

1. Identifikasi dan analisis komponen karakteristik kota yang terkait dengan timbulan dan komposisi sampah, sebagai pertimbangan dalam menyusun alternatif skenario sistem pengolahan sampah kota.
2. Analisis kondisi eksisting pengelolaan sampah di wilayah studi untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi pengelolaan sampah saat ini, yang meliputi: sumber dan timbulan sampah, komposisi sampah, pola pengumpulan dan pengangkutan sampah, serta penimbunan akhir sampah. Pola penanganan sampah yang dilakukan saat ini direpresentasikan sebagai skenario dasar atau Skenario 1.
3. Pengembangan model optimasi sistem pengolahan sampah kota, yang meliputi:
 - a. Penyusunan alternatif kombinasi teknologi pengolahan sampah yang dijabarkan dalam berbagai skenario sistem pengolahan sampah kota.

- b. Perumusan model perhitungan dampak potensial dari sistem pengolahan sampah kota, yang meliputi model perhitungan konsumsi energi, potensi pemanasan global dan potensi toksik.
4. Implementasi model:
 - a. Menghitung proyeksi jumlah timbulan dan komposisi sampah wilayah studi untuk 10 tahun mendatang.
 - b. Mengimplementasikan model perhitungan yang telah dirumuskan untuk penilaian dampak potensial sistem pengolahan sampah kota.
 - c. Perumusan rasio manfaat-biaya sistem pengolahan sampah kota.
 - d. Penentuan alternatif pilihan skenario sistem pengolahan sampah kota yang optimal untuk wilayah studi.

3.2.1. Identifikasi dan analisis karakteristik kota

Identifikasi dan analisis karakteristik kota dilakukan dengan menggunakan beberapa metode pendekatan, yaitu:

1. Analisis spasial

Dalam analisis spasial sebagian besar data berasal dari data spasial atau melalui sistem informasi geografis (SIG). Pendekatan ini dilakukan dengan pembuatan peta tematik, yang menggabungkan beberapa komponen analisis untuk keperluan penyusunan karakteristik wilayah berdasarkan aspek-aspek yang berkaitan dengan pengelolaan sampah kota.

Data spasial terdiri:

- a. Batas wilayah.
- b. Gambaran umum lingkungan fisik wilayah penelitian, seperti kepadatan penduduk dan peruntukan lahan.
- c. Lokasi fasilitas pengelolaan sampah saat ini, seperti lokasi tempat penampungan sementara (TPS) di setiap kecamatan.
- d. Jarak Tempat Penampungan Sampah Sementara (TPS) maupun fasilitas pengolahan sampah dengan Stasiun Peralihan Antara (SPA), serta jarak ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

Bahan yang digunakan untuk analisis spasial adalah peta dasar, antara lain: peta situasi dan administrasi, serta peta penggunaan lahan. Sedangkan peralatan yang diperlukan antara lain peralatan untuk pengolahan data digital dan SIG, meliputi: perangkat keras berupa komputer dan perangkat lunak ArcView SIG 3.3 untuk analisis SIG.

2. Metode survei

Metode survei dilakukan untuk mendapatkan data kuantitatif guna memahami keterkaitan antara komponen karakteristik kota dengan sistem pengolahan sampah. Melalui survei juga ingin diketahui partisipasi masyarakat dalam penanganan sampah di wilayah studi.

Lokasi pengambilan sampel (responden) dipilih secara sengaja di dua kecamatan dari delapan kecamatan yang ada di wilayah Jakarta Barat, yaitu Kecamatan Grogol Petamburan dan Kecamatan Cengkareng, kemudian dari masing-masing kecamatan tersebut ditentukan secara sengaja satu kelurahan. Pemilihan sampel (responden) dilakukan secara *stratified random sampling*, yaitu sampel diambil secara proporsional berdasarkan strata tingkat ekonomi, yang ditentukan berdasarkan kondisi fisik bangunan rumah tinggal, yaitu non-permanen dan semi permanen untuk strata tingkat ekonomi menengah bawah dan kondisi bangunan permanen untuk strata tingkat ekonomi menengah atas. Pengambilan sampel dari masing-masing strata tersebut dilakukan secara acak sebanyak 30 KK, sehingga jumlah sampel secara keseluruhan adalah 60 KK.

Analisis komponen karakteristik kota (wilayah studi) dalam hubungannya dengan jumlah timbulan dan komposisi sampah, selain dilakukan secara diskriptif juga dilakukan dengan menggunakan analisis korelasi.

Tabel 3.1. Identifikasi Komponen Karakteristik Kota

No.	Komponen	Jenis data	Sumber data
1.	Kondisi lingkungan fisik: a. Geografi: luas wilayah, peruntukan lahan. b. Demografi: jumlah dan kepadatan penduduk Kondisi sosial-ekonomi: Produk Domestik Regional Bruto (PDRB)/kapita	Sekunder Sekunder	SIG, BPS, Dinas Tata Kota BPS
2.	Infrastruktur pengelolaan sampah: a. Prasarana dan sarana pengelolaan sampah. b. Lokasi TPS, fasilitas pengolahan sampah yang ada, jarak TPS dengan rencana fasilitas pengolahan sampah terpadu, jarak TPS ke TPA	Primer dan sekunder	SIG, Dinas dan Sudin Kebersihan, literatur, wilayah studi
3.	Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah	Primer dan sekunder	Literatur, Dinas dan Sudin Kebersihan, wilayah studi

3.2.2. Analisis kondisi pengelolaan sampah di wilayah studi saat ini

Analisis mengenai kondisi pengelolaan sampah saat ini dilakukan secara diskriptif dengan melakukan pengumpulan data primer dan sekunder, melalui:

1. studi literatur,
2. wawancara dengan pihak-pihak terkait, serta
3. pengamatan dan pengukuran di lapangan.

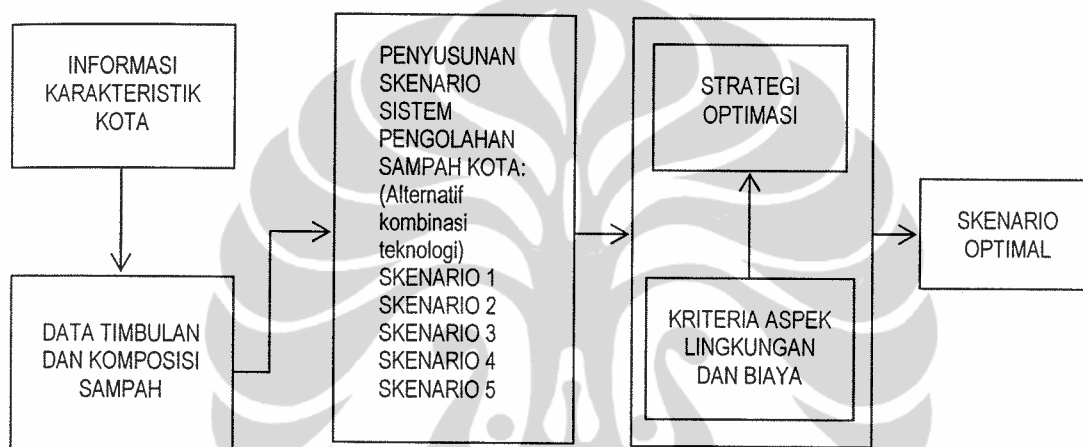
Data kondisi pengelolaan sampah saat ini, terdiri dari:

- a. Data material sampah: timbulan dan komposisi sampah.
- b. Aspek teknis operasional: pewadahan di sumber, pola pengumpulan dan pengangkutan sampah.
- c. Aspek pembiayaan, yang meliputi biaya investasi, operasional dan pemeliharaan fasilitas penanganan sampah.

- d. Aspek organisasi dan manajemen,
- e. Aspek peraturan/hukum,
- f. Aspek keterlibatan masyarakat.

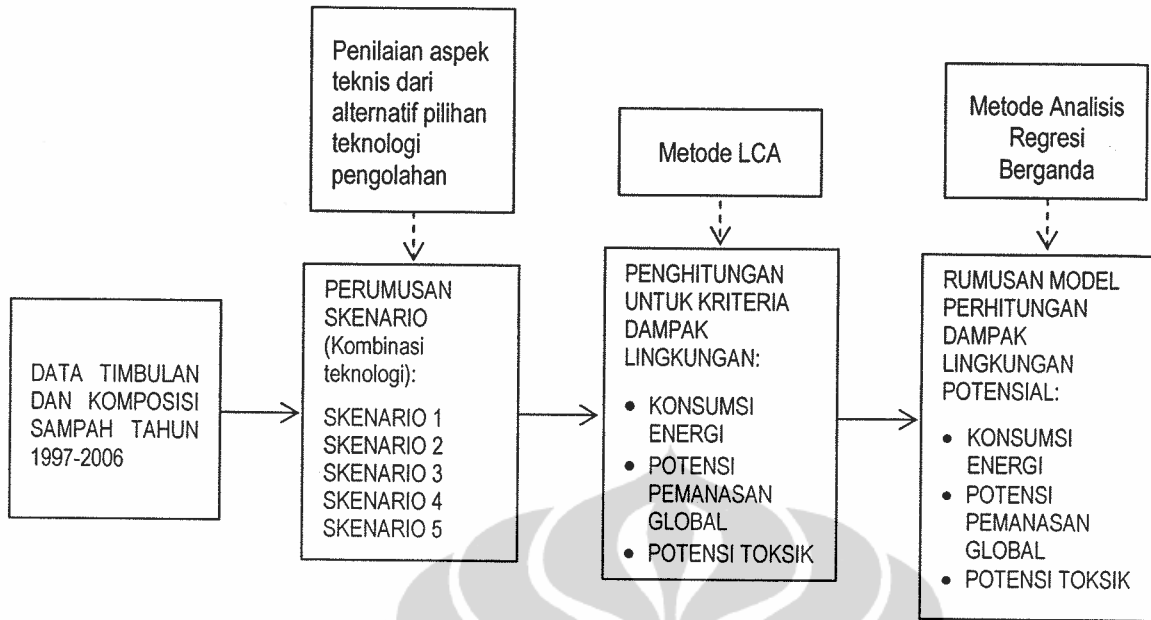
3.2.3. Pengembangan model optimasi sistem pengolahan sampah kota

Secara garis besar, lingkup dari pengembangan model optimasi sistem pengolahan sampah kota dapat dilihat pada Gambar 3.1.

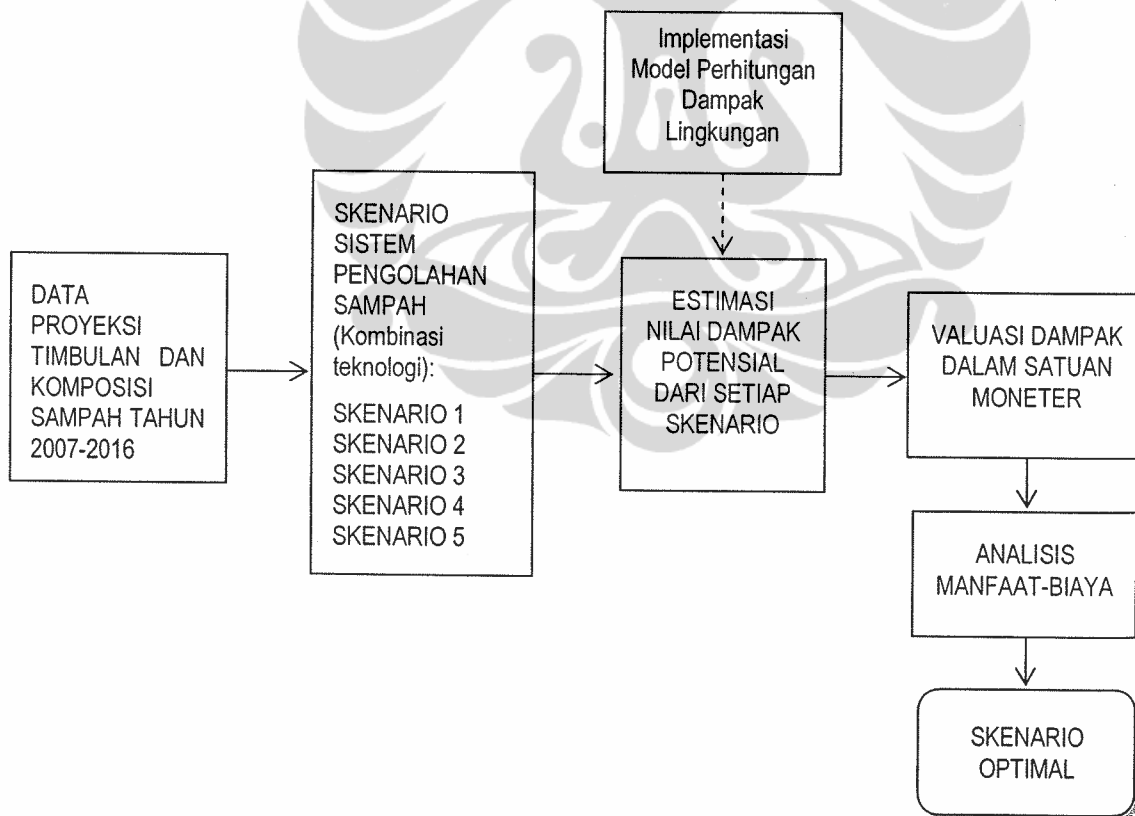


Gambar 3.1. Diagram Lingkup Pengembangan Model Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota

Strategi optimasi dilakukan melalui dua tahapan kegiatan yaitu perumusan model perhitungan dampak lingkungan potensial dan implementasi model perhitungan yang telah dirumuskan tersebut untuk penilaian dampak potensial dari setiap skenario sistem pengolahan. Untuk mengetahui secara lebih jelas mengenai dua tahapan kegiatan tersebut, maka dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2. Diagram Perumusan Model Perhitungan Dampak Lingkungan Potensial



Gambar 3.3. Diagram Implementasi Model Perhitungan Dampak Lingkungan Potensial

3.2.3.1. Penyusunan alternatif pilihan kombinasi teknologi pengolahan sampah kota

Pendekatan dalam menyusun skenario atau menentukan kombinasi teknologi pengolahan sampah dilakukan berdasarkan timbulan dan komposisi sampah kota, dimana setiap komponen sampah secara potensial dapat dikelola melalui beberapa elemen teknologi yang berbeda. Alternatif pilihan kombinasi teknologi pengolahan sampah yang telah ditentukan selanjutnya direpresentasikan ke dalam lima skenario sistem pengolahan sampah. Alternatif pilihan kombinasi teknologi pengolahan tersebut juga didasarkan atas pertimbangan teknis lainnya, seperti ketersediaan teknologi, efektivitas dalam mereduksi sampah, adaptasi dengan lingkungan fisik dan sumberdaya manusia, serta kemudahan penerapannya.

3.2.3.2. Perumusan model perhitungan dampak lingkungan potensial sistem pengolahan sampah kota

Input data yang digunakan dalam perumusan model matematis perhitungan dampak lingkungan potensial sistem pengolahan sampah kota untuk wilayah studi Jakarta Barat meliputi:

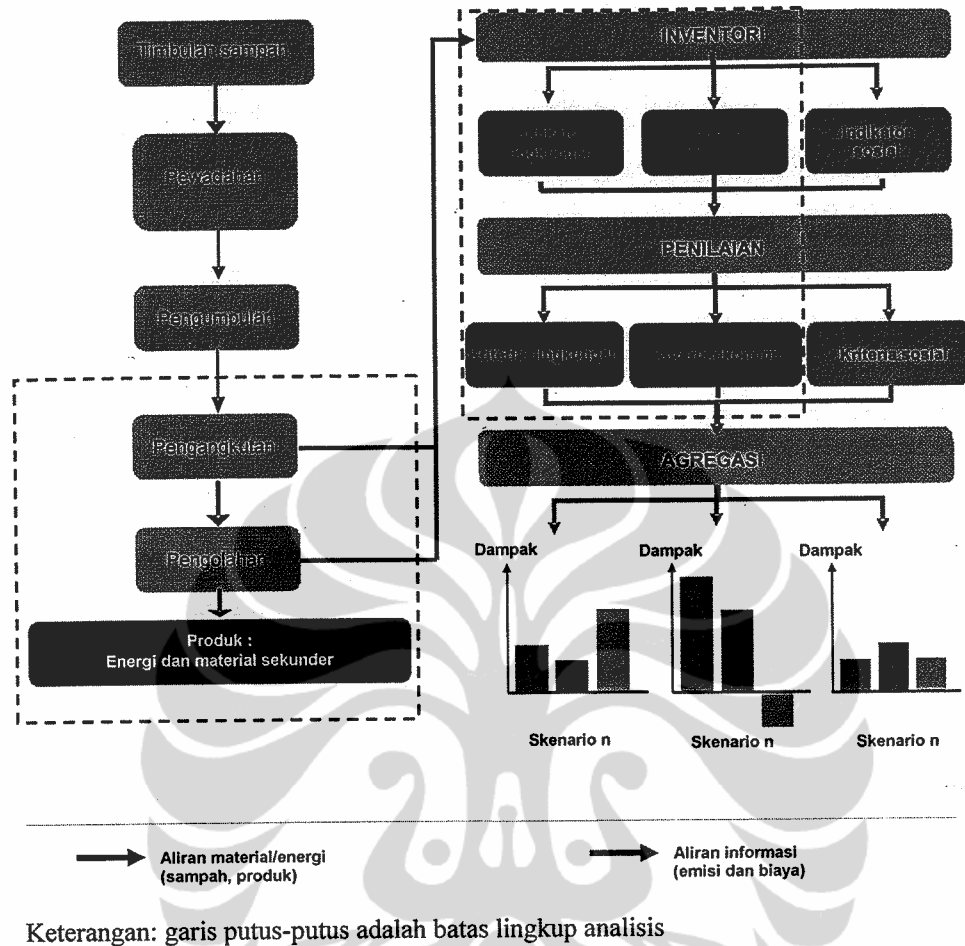
- a. Jumlah timbulan dan komposisi sampah.
- b. Aliran material sampah, meliputi:
 - Jumlah sampah yang dikirim ke tempat penimbunan akhir (*landfill*),
 - Jumlah sampah yang dikirim ke fasilitas insinerator dengan pemulihan energi.
 - Jumlah sampah yang dikirim ke fasilitas pengomposan.
 - Jumlah sampah yang dikirim ke fasilitas pra daur ulang.
- c. Pengangkutan sampah ke fasilitas pengolahan sampah terpadu, serta pengangkutan sampah dan/atau residu hasil pengolahan ke tempat penimbunan akhir (*landfill*), meliputi:
 - Jarak tempuh kendaraan pengangkut,
 - Jenis bahan bakar yang digunakan,
 - Efisiensi bahan bakar.

- Jarak dari tempat penampungan sementara (TPS) ke fasilitas pengolahan sampah terpadu.
- Jarak dari TPS ke tempat penimbunan akhir (*landfill*).
- Jarak dari fasilitas pengolahan sampah ke *landfill*.

Output dari kegiatan *input* data yang diolah dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Life Cycle Assessment-Integrated Waste Management (LCA-IWM)* meliputi estimasi nilai dampak lingkungan potensial dari setiap skenario sistem pengolahan sampah, yang terdiri atas total konsumsi energi, potensi pemanasan global, dan potensi toksik terhadap manusia. Selanjutnya, melalui metode analisis regresi maka dirumuskan model matematis perhitungan dampak potensial untuk ketiga aspek tersebut.

Sebelum melakukan penilaian siklus hidup, dilakukan inventarisasi seluruh aliran material dan energi yang tercakup di dalam suatu sistem *input-output* dari setiap teknologi pengolahan sampah, yang meliputi aliran penggunaan sumberdaya sebagai bahan baku dan energi, aliran material dalam proses pengolahan, serta aliran material hasil produk atau emisi. Lingkup aliran material/energi dan aliran informasi dalam Metode LCA dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Dalam perhitungan dampak lingkungan potensial, material sampah seperti tekstil, *diapers*, karet dan kulit dikategorikan ke dalam komponen sampah lain-lain. Komponen sampah lain-lain ini selanjutnya dapat diolah melalui proses pembakaran sampah dalam insinerator dengan pemulihan energi (*energy recovery*) atau ditimbun di tempat penimbunan akhir (*landfilling*). Sampah yang termasuk dalam kelompok bahan berbahaya dan beracun (B3) dalam penelitian ini tidak dianalisis dalam model.



Gambar 3.2. Lingkup Aliran Material/Energi dan Aliran Informasi dengan Metode LCA

Aspek lingkungan dianalisis dengan menghitung setiap dampak lingkungan potensial yang diakibatkan dari setiap pilihan teknologi pengolahan sampah atau pilihan kombinasi teknologi pengolahan sampah berikut:

1. pengomposan sampah organik (sampah dapur dan halaman);
2. insinerasi dengan pemulihan energi (*waste to energy*);
3. pra daur ulang sampah anorganik (kertas, plastik, gelas/kaca, serta logam); dan
4. penimbunan akhir sampah (*landfill*).

Analisis aspek lingkungan dibagi dalam dua tujuan utama, yaitu konservasi sumberdaya alam dan pengendalian pencemaran. Kriteria untuk konservasi sumberdaya alam dalam penelitian ini dibatasi pada kriteria penipisan sumberdaya abiotik, yang diakibatkan oleh penggunaan energi dalam proses pengolahan sampah, sedangkan kriteria pengendalian pencemaran lingkungan dibatasi pada kriteria potensi pemanasan global akibat emisi gas rumah kaca yang timbul dari proses pengolahan sampah dan potensi toksik terhadap manusia akibat pencemar logam berat dan dioxin.

3.2.3.3. Implementasi model perhitungan dampak potensial

Implementasi model perhitungan dilakukan untuk memprediksi dampak lingkungan potensial dari pilihan skenario sistem pengolahan sampah yang dapat dikembangkan di wilayah studi pada masa 10 tahun mendatang (2007-2016). Untuk itu diperlukan data proyeksi timbulan dan komposisi sampah Jakarta Barat tahun 2007-2016, yang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_t = Q_0 * (1 + C_s)^t \quad 3.1$$

dimana,

Q_t = jumlah timbulan sampah pada tahun t

Q_0 = jumlah timbulan sampah pada tahun 0 (kondisi eksisting)

C_s = peningkatan kota, dimana:

$$C_s = \frac{1 + \left(\frac{C_i + C_p + C_q}{3} \right)}{1 + p} \quad 3.2$$

dimana,

C_i = pertumbuhan industri konsumsi (%)

C_p = pertumbuhan pertanian (%)

C_q = pertumbuhan PDRB (%)

p = pertumbuhan penduduk (%)

Berdasarkan data proyeksi jumlah timbulan dan komposisi sampah untuk wilayah studi dalam kurun waktu 10 tahun mendatang (2007-2016), yang diinput ke dalam persamaan matematis yang telah dirumuskan sebelumnya, maka dapat diprediksi jumlah konsumsi energi serta potensi pemanasan global dan potensi toksik terhadap manusia dari setiap skenario sistem pengolahan sampah.

3.2.3.4. Analisis manfaat-biaya

Pengambilan keputusan dalam menentukan skenario sistem pengolahan sampah kota yang optimal untuk wilayah studi dilakukan melalui analisis manfaat-biaya (*Benefit-Cost Analysis*). Analisis manfaat-biaya diawali dengan tahapan menentukan seluruh manfaat dan biaya dari suatu sistem pengolahan sampah kota.

Analisis biaya dilakukan dengan menghitung modal investasi awal, biaya operasional dan pemeliharaan, serta penerimaan (*revenue*) dari penjualan produk yang dihasilkan dari proses pengolahan sampah. Modal investasi awal terdiri atas modal investasi kendaraan pengangkut dan modal investasi fasilitas pengolahan sampah. Sedangkan biaya tahunan operasional dan pemeliharaan dalam sistem pengolahan sampah mencakup biaya operasional dan pemeliharaan kendaraan pengangkut dan biaya operasional dan pemeliharaan fasilitas pengolahan sampah, serta dikurangi penerimaan (*revenue*) dari penjualan produk.

Asumsi dasar yang digunakan untuk analisis biaya langsung mencakup beberapa hal berikut:

1. Umur kegiatan ditetapkan berdasarkan kesesuaian umur ekonomis dari masing-masing mesin dan peralatan yang digunakan dalam sistem pengolahan sampah, yaitu 10 tahun (dari tahun 2007 hingga 2016).
2. Jumlah sampah yang dihitung dalam analisis ini adalah jumlah sampah hasil proyeksi yang terdistribusi pada masing-masing unit pengolahan sesuai skenario yang telah disusun. Untuk mengetahui gambaran lebih rinci mengenai aliran sampah pada setiap skenario dapat dilihat pada Lampiran 30.

3. Dalam menentukan nilai produksi, diasumsikan bahwa hasil produksi (seperti kompos) seluruhnya terjual dan habis pada tahun yang sama.
4. Harga seluruh mesin, peralatan dan biaya-biaya lain dalam analisis ini bersumber dari data sekunder yang relevan (termasuk data yang diperoleh dari penelusuran secara *on line* melalui internet) , serta survei lapangan pada pihak-pihak terkait.
5. Harga jual produk ditetapkan berdasarkan harga pasar pada tahun penelitian, dengan biaya transportasi ditanggung oleh pembeli.
6. Tingkat diskonto yang digunakan sebesar 7,00 persen, yang didasarkan pada tingkat suku bunga pinjaman pada saat penelitian.
7. Upah pekerja disesuaikan dengan standar Upah Minimum Regional (UMR) DKI Jakarta.

Nilai manfaat dalam penelitian ini adalah nilai manfaat sosial yang diperoleh karena adanya upaya pengolahan sampah kota, yang dalam hal ini direpresentasikan ke dalam Skenario 2 hingga Skenario 5. Besarnya manfaat sosial yang diperoleh dihitung berdasarkan besarnya dampak lingkungan potensial yang dapat dikurangi atau biaya lingkungan yang dapat dihindarkan, serta berkurangnya jumlah kebutuhan lahan untuk penimbunan akhir. Besarnya biaya lingkungan yang dapat dihindarkan merupakan selisih biaya lingkungan akibat potensi pemanasan global dan potensi toksik dari Skenario 2 hingga Skenario 5 dibandingkan dengan Skenario 1, yaitu skenario sistem pengolahan sampah yang merepresentasikan kondisi penanganan sampah di wilayah Jakarta Barat saat ini, dimana sampah langsung dibuang ke tempat penimbunan akhir (*landfill*). Selanjutnya, besarnya manfaat sosial tersebut dihitung dalam nilai uang sekarang. Dengan demikian, manfaat sosial yang diperoleh setara dengan besarnya beban biaya lingkungan yang dapat dihindarkan karena berkurangnya sejumlah pencemar.

(seperti sumber lusuran kait. elitian, n pada) DKI karena an ke eroleh urangi ituhan larkan otensi yaitu ganan mpat itung setara arena

Tahapan analisis manfaat-biaya selanjutnya mencakup:

- a. Penghitungan nilai sekarang bersih (*net present value = NPV*) yaitu mengurangi semua nilai manfaat dengan semua nilai biaya yang seluruhnya dinyatakan dalam nilai sekarang (Suparmoko, 2006). Rumus untuk menghitung *NPV* adalah:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} \quad (3.3)$$

dimana,

B = manfaat

C = biaya

r = tingkat suku bunga

t = tahun dari 0 sampai T

- b. Penghitungan nilai perbandingan antara manfaat dan biaya dari kegiatan pengolahan sampah, dengan menggunakan rumus:

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^T (PV)B_t}{\sum_{t=0}^T (PV)C_t} \quad (3.4)$$

dimana,

BCR = perbandingan manfaat terhadap biaya (*benefit-cost ratio*)

(PV)B = nilai sekarang manfaat

(PV)C = nilai sekarang biaya

Nilai sekarang manfaat *(PV)B* dan nilai sekarang biaya *(PV)C* dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$(PV)B = \frac{B}{(1+r)^t} \quad (3.5)$$

$$(PV)C = \frac{C}{(1+r)^t} \quad (3.6)$$

dimana,

(PV)B = nilai sekarang manfaat

(PV)C = nilai sekarang biaya

B = manfaat

- C = biaya
 r = tingkat suku bunga
 t = tahun 0 hingga T

Skenario sistem pengolahan sampah kota yang dipilih adalah skenario yang memiliki nilai $NPV > 0$ dan nilai rasio manfaat-biaya ($BCR > 1$) yang paling tinggi.

3.3. Variabel penelitian

Variabel utama dalam penelitian ini meliputi:

1. Komponen karakteristik kota: jumlah penduduk, kepadatan penduduk, peruntukan lahan, produk domestik regional bruto (PDRB) per kapita.
2. Timbulan dan komposisi sampah.
3. Aspek lingkungan: konsumsi energi, potensi pemanasan global, potensi toksik terhadap manusia.
4. Aspek biaya: biaya investasi, biaya operasional dan pemeliharaan, penerimaan dari produk yang dihasilkan, biaya lingkungan, serta manfaat sosial.

3.4. Metode Pengumpulan Data

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil observasi dan pengukuran lapangan serta wawancara. Wawancara dilakukan terhadap responden terpilih untuk mendapatkan gambaran mengenai peran serta masyarakat dalam penanganan sampah di wilayah studi. Selain terhadap responden terpilih, wawancara juga dilakukan terhadap pengelola tempat pengolahan sampah serta pengelola *landfill* di TPA Bantar Gebang, Bekasi. Observasi lapangan juga dilakukan untuk melihat secara langsung proses pengolahan sampah yang ada saat ini, sehingga dapat diperoleh baik data kuantitatif maupun kualitatif untuk mendukung kajian aspek sosial dan ekonomi terkait dengan pengolahan sampah kota.

Data sekunder diperoleh melalui studi literatur (termasuk penelusuran melalui internet), buku referensi, artikel ilmiah, hasil penelitian, serta informasi relevan lainnya yang berasal dari instansi terkait, antara lain Dinas Kebersihan dan Suidin Kebersihan, Badan Pusat Statistik, Dinas Tata Kota, Dinas Pemetaan dan Pertanahan, serta instansi terkait lainnya.



BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Gambaran Umum Karakteristik Kota Jakarta Barat

4.1.1. Kondisi geografi

Dari sisi geografis, wilayah Jakarta Barat merupakan dataran yang relatif rendah, dengan ketinggian rata-rata tujuh meter di atas permukaan laut. Wilayah Jakarta Barat terletak pada posisi $106^{\circ}22'42''$ BT sampai $106^{\circ}58'18''$ BT dan $50^{\circ}19'12''$ LS sampai $60^{\circ}23'54''$ LS, dengan batas: sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Penjaringan (Jakarta Utara), sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Gambir (Jakarta Pusat), sebelah selatan dan barat berbatasan dengan Kota Tangerang (Propinsi Banten). Peta wilayah Jakarta Barat dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Dengan luas wilayah $128,19 \text{ km}^2$ atau 12.819 Ha, Jakarta Barat terbagi dalam 8 kecamatan, 56 kelurahan, 578 RW dan 6.383 RT, 446.484 Kepala Keluarga (KK), 1.565.947 jiwa, dengan perincian seperti pada Tabel 4.1.

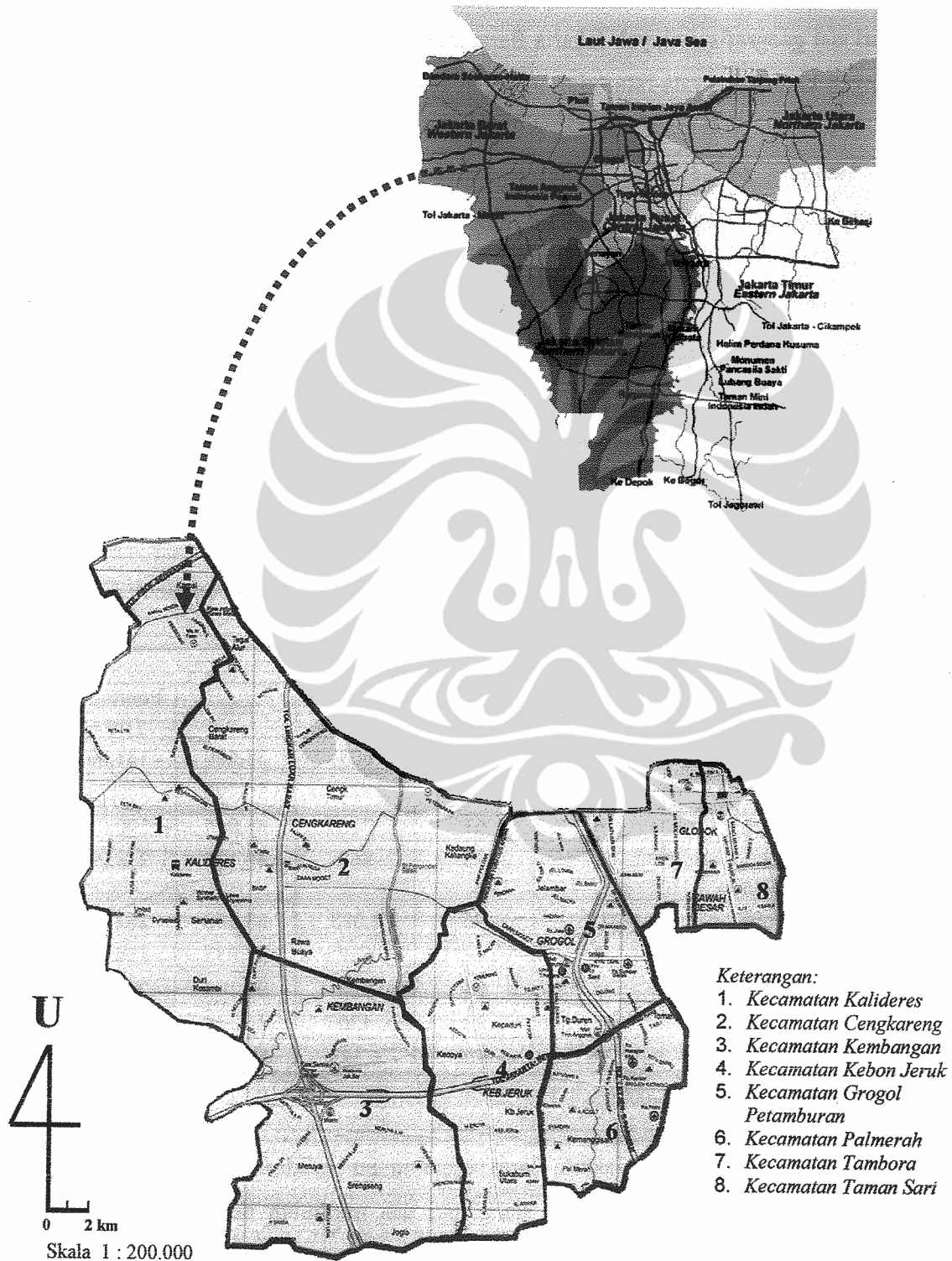
Tabel 4.1. Jumlah Kelurahan, RW, RT, Kepala Keluarga dan Penduduk di Jakarta Barat berdasarkan Kecamatan Tahun 2006

No.	Kecamatan	Jumlah				Penduduk (jiwa)
		Kelurahan	RW	RT	KK	
1.	Kembangan	6	62	603	38.429	141.095
2.	Kebon Jeruk	7	70	714	56.295	200.236
3.	Palmerah	6	61	714	48.065	190.060
4.	Grogol Petamburan	7	73	862	48.175	218.204
5.	Tambora	11	96	1.083	53.560	262.851
6.	Taman Sari	8	60	687	38.057	154.491
7.	Cengkareng	6	83	990	97.164	229.601
8.	Kalideres	5	73	730	66.739	166.409
	Jakarta Barat	56	578	6.383	446.484	1.565.947

Sumber: BPS DKI Jakarta (2007)

Kedadaan iklim di wilayah Jakarta Barat secara umum beriklim panas dengan suhu maksimum berkisar $32,4^{\circ}\text{C}$ pada siang hari dan minimum berkisar $23,8^{\circ}\text{C}$ di

malam hari. Curah hujan selama tahun 2006 berkapasitas 813,9 mm. Jumlah hari hujan pada tahun yang sama adalah 61 hari, dengan rata-rata curah hujan sebesar 2,2 mm/hari.



Gambar 4.1. Peta Wilayah Jakarta Barat
Sumber: BPS DKI Jakarta (2007)

Peruntukan lahan di wilayah Jakarta Barat meliputi peruntukan kawasan perumahan atau permukiman (50,55 persen), kawasan industri (1,47 persen), perkantoran (9,74 persen), taman (1,50 persen), pertanian (8,31 persen), lahan tidur (14,99 persen), dan lainnya sebesar 13,44 persen.

Tabel 4.2. Luas Peruntukan Lahan di Jakarta Barat Tahun 2006 menurut Kecamatan

Kecamatan	Luas (Ha)	Peruntukan (Ha)						
		Perumahan	Industri	Perkantoran	Taman	Pertanian	Lahan Tidur	Lainnya
Kembangan	2.419	1.290,91	8,73	116,08	36,75	114,39	643,43	208,71
Kebon Jeruk	1.792	1.146,60	4,35	150,59	29,79	33,03	160,90	266,74
Palmerah	755	495,82	1,23	93,79	12,63	7,06	24,15	120,32
Grogol Petamburan	1.130	655,45	6,38	141,36	43,32	25,11	30,50	227,88
Tambora	541	385,80	3,03	57,31	5,28	15,19	0,00	74,39
Taman Sari	433	256,69	0,00	87,04	3,69	14,10	13,24	58,24
Cengkareng	3.010	1.097,60	97,25	328,92	31,90	118,64	619,12	716,57
Kalideres	2.739	1.150,85	67,54	272,91	29,02	738,47	430,52	49,69
Jumlah	12.819 (100%)	6.479,72 (50,55%)	188,51 (1,47%)	1.248,00 (9,74%)	192,38 (1,50%)	1.065,99 (8,31%)	1.921,86 (14,99%)	1.722,54 (13,44%)
Tahun 2005	12.819 (100%)	6.479,72 (50,55%)	188,51 (1,47%)	1.248,00 (9,74%)	192,38 (1,50%)	1.065,99 (8,31%)	1.921,86 (14,99%)	1.722,54 (13,44%)

Sumber: BPS DKI Jakarta (2007)

Kawasan permukiman dibedakan atas permukiman teratur dan permukiman tidak teratur. Permukiman teratur umumnya dibangun oleh pengembang dan dapat digambarkan sebagai wilayah permukiman yang memiliki karakteristik ruang publik yang cukup dan kondisi fisik bangunan permanen dengan luas yang cukup, serta memiliki infrastruktur yang memadai. Permukiman tidak teratur umumnya memiliki karakteristik ruang publik yang terbatas, kondisi fisik bangunan semi permanen hingga sementara, serta infrastruktur yang belum memadai.

4.1.2. Kondisi demografi

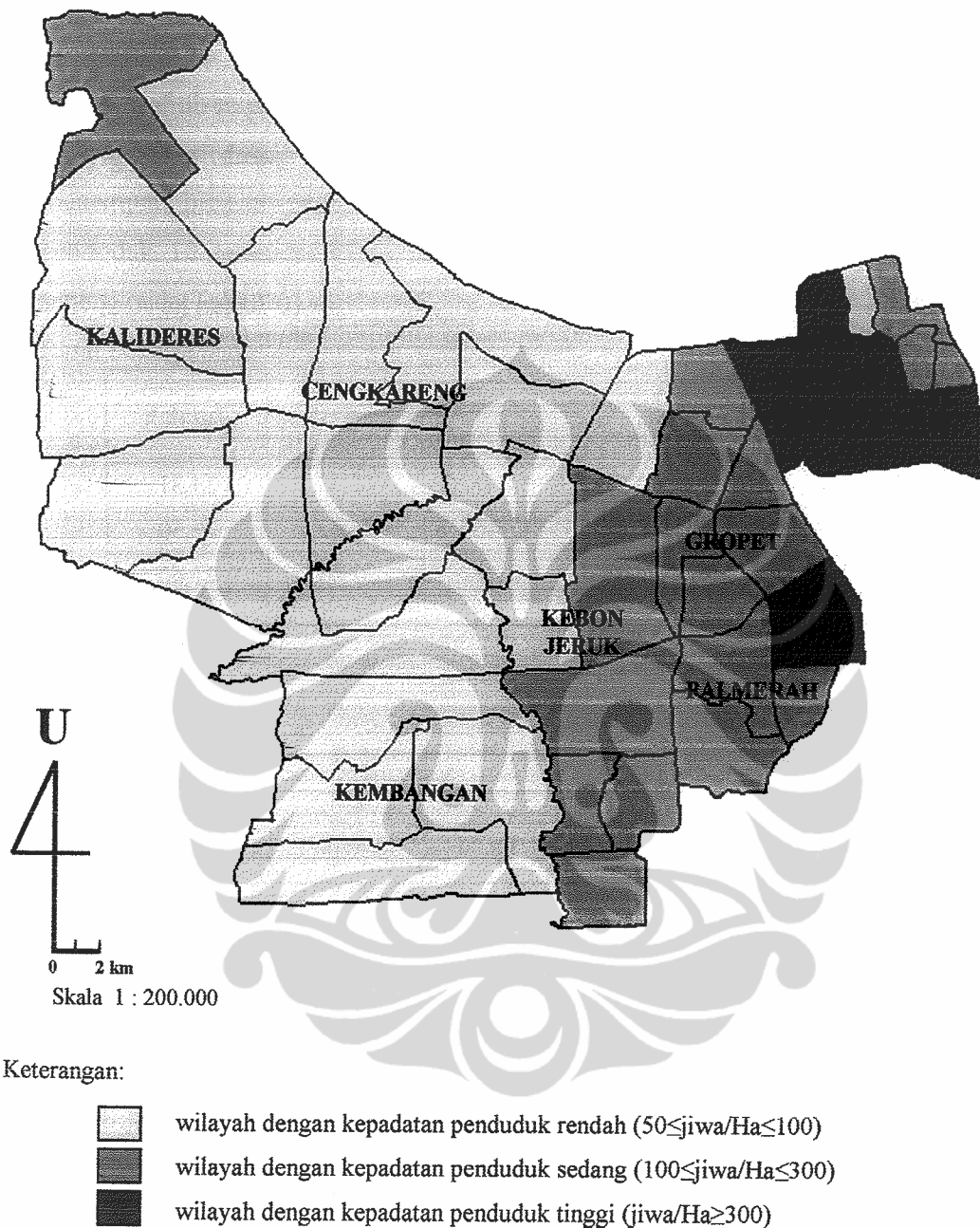
Jumlah penduduk Jakarta Barat pada tahun 2006 sebesar 1.565.947 jiwa, dengan rata-rata kepadatan penduduk sebesar 12.215 jiwa/km². Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa penyebaran penduduk di Jakarta Barat pada setiap kecamatan cukup bervariasi.

Tabel 4.3. Luas Wilayah, Jumlah Penduduk, Kepadatan Penduduk, dan Rata-rata Jumlah Anggota Keluarga (ART) di Jakarta Barat Tahun 2006

No.	Kecamatan	Luas wilayah (km ²)	Jumlah penduduk (jiwa)	Kepadatan penduduk (jiwa/km ²)	Rata-rata jumlah anggota keluarga (jiwa)
1.	Kembangan	24,19	141.095	5.833	3,67
2.	Kebon Jeruk	17,92	200.236	11.174	3,56
3.	Palmerah	7,55	190.060	25.174	3,95
4.	Grogol Petamburan	11,30	218.204	19.310	4,53
5.	Tambora	5,41	265.851	49.141	4,91
6.	Taman Sari	4,33	154.491	35.679	4,06
7.	Cengkareng	30,10	229.601	7.628	2,36
8.	Kalideres	27,39	166.409	6.076	2,49
	Jakarta Barat	128,19	1.565.947	12.215	3,51
	Tahun 2005	128,19	1.563.563	12.197	3,56
	Tahun 2004	128,19	1.573.619	12.276	3,53

Sumber: BPS DKI Jakarta (2007)

Dilihat dari kepadatan penduduk, Kecamatan Tambora merupakan kecamatan dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi di wilayah Jakarta Barat, yaitu sebesar 49.141 jiwa/km², sedangkan Kecamatan Kembangan merupakan kecamatan dengan tingkat kepadatan penduduk terendah, yaitu sebesar 5.833 jiwa/km².



Gambar 4.2. Peta Kepadatan Penduduk Jakarta Barat

4.1.3. Kondisi sosial-ekonomi

Kondisi sosial ekonomi masyarakat adalah gambaran berbagai ukuran ciri sosial-ekonomi atau status ekonomi suatu masyarakat. Menurut Abustam (1999), status sosial ekonomi rumah tangga didasarkan atas penggolongan rumah tangga ke dalam lapisan-lapisan (strata) berdasarkan kepemilikan aset, seperti luas

penguasaan lahan, tingkat pendidikan, tingkat melek huruf atau baca-tulis, dan pendapatan rumah tangga.

Gambaran tingkat pendidikan masyarakat di Jakarta Barat dapat dilihat dari data penduduk berusia 10 tahun atau lebih berdasarkan ijazah tertinggi yang dimilikinya, seperti pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Persentase Penduduk Jakarta Barat Usia 10 Tahun ke Atas Menurut Ijazah Tertinggi yang Dimiliki Tahun 2006

Ijazah tertinggi yang dimiliki	Jenis kelamin		Jumlah
	Laki-laki	Perempuan	
Tidak memiliki ijazah	11,73	16,89	14,31
SD/MI/ sederajat	22,38	24,62	23,50
SMP/ MTS/sederajat	21,77	21,43	21,60
SMA/SMK/MA sederajat	31,82	27,72	29,77
Diploma I/II	0,78	1,12	0,95
Diploma III/Sarjana muda	2,73	2,25	2,49
Diploma IV/Strata 1 (S1)	7,96	5,66	6,81
S2/S3	0,83	0,31	0,57
Jumlah	100,00	100,00	100,00

Sumber: BPS Kodya Jakarta Barat (2007)

Berdasarkan data BPS Jakarta Barat tahun 2007 dapat diketahui bahwa jumlah penduduk Jakarta Barat yang berusia 10 tahun ke atas, sebanyak 59,41 persen adalah lulusan SMP/MTS/sederajat ke bawah, dengan rincian 23,50 persen berijazah SD/MI/sederajat, 21,60 persen berijazah SMP/MTS/sederajat, dan sebanyak 14,31 persen tidak memiliki ijazah. Sedangkan 40,59 persen dari penduduk Jakarta Barat yang berusia 10 tahun ke atas berijazah SMA/SMK/MA/sederajat atau lebih.

Fasilitas sarana dan prasarana pendidikan yang ada di wilayah Jakarta Barat meliputi 465 SD negeri dan 165 SD swasta, 48 SMP negeri dan 175 SMP swasta,

17 SMA negeri dan 101 SMA swasta, serta 9 SMK negeri dan 107 SMK swasta (BPS Kodya Jakarta Barat, 2007).

Dilihat dari sisi ekonomi perkotaan, seperti halnya di wilayah DKI Jakarta, jumlah masyarakat di wilayah Jakarta Barat yang bekerja pada sektor pertanian menempati proporsi yang kecil, yaitu hanya sekitar 1,24 persen. Komposisi penduduk 10 tahun ke atas yang bekerja berdasarkan lapangan usaha utama seperti pada Tabel 4.5, memperlihatkan bahwa sebagian besar penduduk Jakarta Barat bekerja pada sektor perdagangan (35,97 persen) dan industri (30,02 persen).

Tabel 4.5. Persentase Penduduk Jakarta Barat menurut Lapangan Usaha Tahun 2006

No.	Lapangan Usaha	Persentase (%)
1.	Pertanian	1,24
2.	Pertambangan dan galian	0,36
3.	Industri	30,02
4.	Listrik, Gas, dan Air	0,31
5.	Konstruksi	3,83
6.	Perdagangan	35,97
7.	Transportasi & Komunikasi	8,80
8.	Keuangan	4,97
9.	Jasa	14,49
	J u m l a h	100,00

Sumber: BPS Kotamadya Jakarta Barat (2007)

Jumlah keseluruhan perusahaan industri besar dan sedang di Jakarta Barat pada tahun 2006 tercatat sebanyak 555 perusahaan, dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 56.866 orang. Dibandingkan dengan tahun sebelumnya, jumlah perusahaan industri besar dan sedang di wilayah ini meningkat sebesar 5,91 persen. Perusahaan industri yang terdapat di Jakarta Barat sebagian besar bergerak di bidang industri pakaian jadi (22,34 persen), sedangkan di urutan kedua adalah industri karet dan barang dari karet (18,38 persen).

Tabel 4.6. Jumlah dan Jenis Fasilitas Komersial di Jakarta Barat menurut Kecamatan Tahun 2006

No.	Kecamatan	Pasar Tradisional	Swalayan/minimarket/waserda	Restoran/kantin/bakery	PKL	Mal
1.	Kembangan	-	16	33	206	1
2.	Kebon Jeruk	1	11	33	-	-
3.	Palmerah	1	6	9	188	1
4.	Grogol Petamburan	5	13	78	195	3
5.	Tambora	1	-	9	374	-
6.	Taman Sari	7	33	70	576	1
7.	Cengkareng	6	30	5	117	1
8.	Kalideres	2	5	4	162	1
	Jakarta Barat	23	114	241	1.763	8

Sumber: BPS Kotamadya Jakarta Barat (2007)

Sarana perekonomian di Jakarta Barat antara lain terdiri dari 23 pasar tradisional/PD Pasar Jaya, 8 mal, 114 swalayan/minimarket/waserda, 241 restoran/kantin/bakery, dan 1.763 pedagang kaki lima. Sarana kesehatan di Jakarta Barat terdiri dari rumah sakit sebanyak 11 unit, rumah bersalin 58 unit, poliklinik 138 unit, puskesmas 73 unit, dan tempat praktik dokter sebanyak 735 unit (BPS DKI Jakarta, 2007).

Jumlah tempat tinggal atau rumah menurut keadaan fisik bangunan di Jakarta Barat terdiri dari 26.588 unit rumah permanen, 15.300 unit rumah semi permanen dan 8.412 unit rumah sementara, seperti terlihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Jumlah Rumah di Kotamadya Jakarta Barat menurut Kondisi Fisik Bangunan Tahun 2006

No.	Kondisi Fisik Bangunan	Jumlah (unit)	Persentase (%)
1.	Permanen	26.588	52,86
2.	Semi Permanen	15.300	30,42
3.	Sementara	8.412	16,72
	J u m l a h	50.300	100,00

Sumber: Data BPS Kotamadya Jakarta Barat (2007)

Berdasarkan hasil Suseda Jakarta Barat tahun 2006 tercatat bahwa sekitar separuh penduduk Jakarta Barat (52,86 persen) mendiami tempat tinggal kurang dari 50 m², sebesar 26,76 persen mendiami tempat tinggal dengan luas antara 50-99,99 m², dan sekitar 20,38 persen mendiami luas rumah lebih dari 100 m².

Tabel 4.8. Persentase Rumah Tangga Jakarta Barat menurut Luas Bangunan Tempat Tinggal Tahun 2006

Kecamatan	Persentase Rumah Tangga dengan Luas Bangunan Tempat Tinggal					Jumlah (%)
	< 20 m ² (%)	20-49,99 m ² (%)	50-99,99 m ² (%)	100-149,99 m ² (%)	>=150 m ² (%)	
Kembangan	11,88	20,31	27,50	7,81	32,50	100,00
Kebon Jeruk	13,44	23,75	31,56	16,88	14,37	100,00
Palmerah	14,69	35,94	31,56	10,31	7,50	100,00
Grogol Petamburan	17,19	26,56	26,56	12,19	17,50	100,00
Tambora	13,44	52,19	29,05	3,44	1,88	100,00
Taman sari	21,25	46,56	23,75	3,44	5,00	100,00
Cengkareng	24,38	27,19	29,06	11,56	7,81	100,00
Kalideres	21,56	49,06	19,06	9,38	0,94	100,00
Jakarta Barat	18,39	34,47	26,76	10,01	10,37	100,00

Sumber: Suseda Jakarta Barat (2006)

Salah satu indikator yang dapat digunakan untuk melihat tingkat kesejahteraan penduduk adalah dari pengeluarannya. Semakin tinggi pendapatan rumah tangga, maka porsi pengeluaran akan bergeser dari pengeluaran makanan ke pengeluaran bukan makanan. Berdasarkan hasil Susenas tahun 2006 dapat diketahui bahwa berdasarkan jumlah pengeluaran per kapita sebulan, kelompok penduduk di wilayah Jakarta Barat didominasi oleh kelompok penduduk yang berada pada golongan pengeluaran 500.000 rupiah ke atas per kapita sebulan (41,46 persen). Jika dibandingkan dengan data tahun sebelumnya, terjadi pergeseran dari golongan pengeluaran 300.000 – 499.999 rupiah per kapita sebulan ke golongan pengeluaran 500.000 rupiah ke atas per kapita sebulan. Hal ini menunjukkan

bahwa ada peningkatan kesejahteraan penduduk Jakarta Barat yang cukup baik pada tahun 2006.

Untuk mengetahui pengeluaran rata-rata per kapita sebulan penduduk Jakarta Barat menurut jenis pengeluaran makanan dan bukan makanan dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan 4.10.

Tabel 4.9. Pengeluaran Rata-rata per Kapita Sebulan menurut Jenis Pengeluaran Makanan di Jakarta Barat Tahun 2006

No.	Jenis Pengeluaran Makanan	Nilai (Rp)	Persentase (%)
1.	Padi-padian	20.693	8,02
2.	Ubi-ubian	1.601	0,62
3.	Ikan	18.105	7,02
4.	Daging	16.246	6,30
5.	Telur dan susu	20.193	7,83
6.	Sayur-sayuran	14.425	5,59
7.	Kacang-kacangan	6.309	2,45
8.	Buah-buahan	13.351	5,18
9.	Minyak dan Lemak	6.936	2,69
10.	Bahan minuman	7.759	3,01
11.	Bumbu-bumbuan	4.548	1,76
12.	Konsumsi lainnya	8.485	3,92
13.	Makanan dan minuman	97.400	37,78
14.	Minuman alkohol	150	0,06
15.	Tembakau dan sirih	21.691	8,41
	Jumlah	257.891	100,00

Sumber: Survei Sosial Ekonomi Nasional (2006)

Berdasarkan Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa persentase pengeluaran penduduk untuk makanan dan minuman menempati urutan teratas pada jenis pengeluaran makanan yaitu sebesar 37,78 persen, sedangkan pengeluaran untuk perumahan merupakan porsi pengeluaran terbesar untuk jenis pengeluaran bukan makanan, yaitu sebesar 59,68 persen.

Tabel 4.10. Pengeluaran Rata-rata per Kapita Sebulan menurut Jenis Pengeluaran Non Makanan di Jakarta Barat Tahun 2006

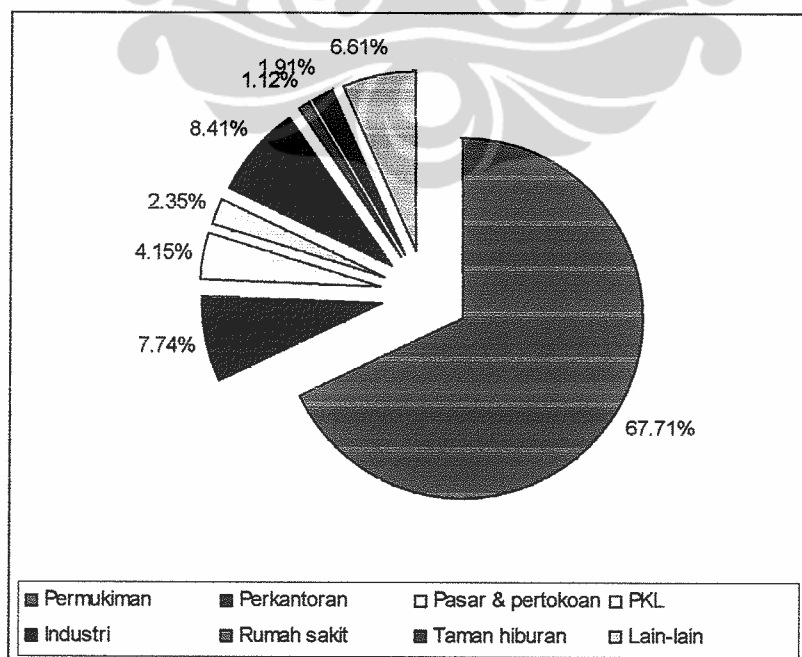
No.	Jenis Pengeluaran Non Makanan	Nilai (Rp)	Persentase (%)
1.	Perumahan	226.321	59,68
2.	Aneka barang dan jasa	93.373	24,62
3.	Biaya pendidikan	30.895	8,15
4.	Biaya kesehatan	11.421	3,01
5.	Pakaian dan alas kaki	1.034	0,27
6.	Barang tahan lama	850	0,22
7.	Pajak dan asuransi	15.244	4,02
8.	Keperluan pesta	87	0,02
	Jumlah	379.225	100,00

Sumber: Survei Sosial Ekonomi Nasional (2006)

4.2. Kondisi Pengelolaan Sampah di Jakarta Barat Saat Ini

4.2.1. Sumber dan timbulan sampah

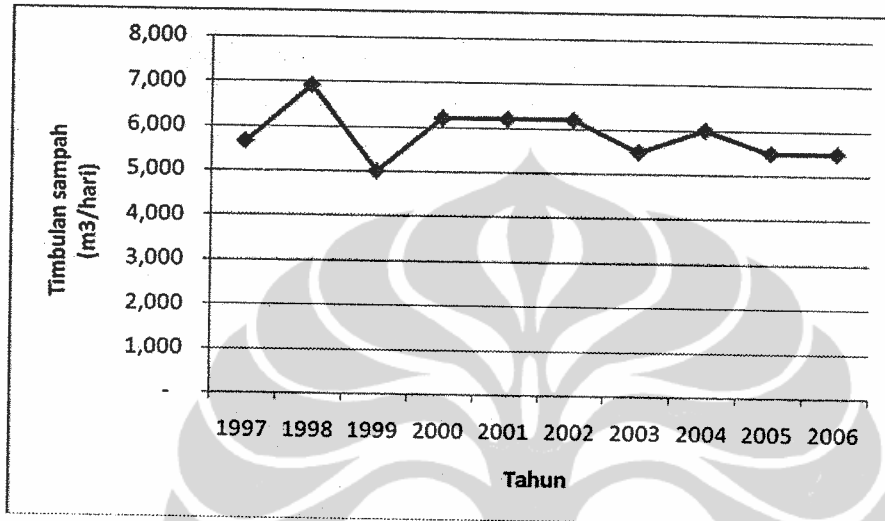
Berdasarkan data yang diperoleh dari Suku Dinas Kebersihan Kota Jakarta Barat (2007), timbulan sampah di wilayah Jakarta Barat berasal dari berbagai sumber, seperti terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Sumber Timbulan Sampah Jakarta Barat Tahun 2006

Sumber: Sudin Kebersihan Kodya Jakarta Barat (2007)

Sumber timbulan sampah terbesar berasal dari wilayah permukiman, yang memiliki luas 6.479,72 Ha atau 50,55 persen dari luas wilayah Jakarta Barat. Gambaran mengenai jumlah timbulan sampah di Jakarta Barat dari tahun 1997 sampai dengan tahun 2006 dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Timbulan Sampah di Jakarta Barat Tahun 1997-2006
Sumber: Sudin Kebersihan Kodya Jakarta Barat (2007)

Grafik pada Gambar 4.4 memperlihatkan bahwa jumlah timbulan sampah untuk wilayah Jakarta Barat selama rentang waktu sepuluh tahun (1997-2006) cenderung berfluktuasi, dengan jumlah timbulan sampah tertinggi pada tahun 1998 yaitu sebesar 6.918 m³/hari dan terendah pada tahun 1999, sebesar 5.007 m³/hari. Pada tahun 2006, jumlah timbulan sampah Jakarta Barat sebesar 5.500 m³ atau sekitar 501.900 ton per tahun.

4.2.2. Komposisi sampah

Sampah yang berasal dari wilayah permukiman umumnya bersumber dari dapur, halaman rumah, dan sisa aktivitas rumah tangga lainnya. Berdasarkan Tabel 4.11 diketahui bahwa perbandingan komposisi antara sampah organik dan sampah anorganik di wilayah Jakarta Barat adalah 65,42 persen dan 34,58 persen. Komponen sampah anorganik yang terbesar adalah plastik, yaitu sebesar 10,39 persen, sedangkan yang terkecil adalah gelas/kaca sebesar 1,73 persen.

Tabel 4.11. Komposisi Sampah Jakarta Barat Tahun 2006

No.	Komponen	Persentase (%)
1.	Organik	65,42
2.	Kertas	8,30
3.	Plastik	10,39
4.	Logam	2,07
5.	Kaca/Gelas	1,73
6.	Karet	2,28
7.	Kain/tekstil	4,14
8.	Lain-lain	5,67
	Jumlah	100,00

Sumber: Sudin Kebersihan Kodya Jakarta Barat (2007)

Pengelolaan sampah merupakan rangkaian kegiatan mulai dari pewadahan sampah di sumber, pengumpulan dan pengangkutan sampah, pengolahan hingga penimbunan akhir. Pengelolaan sampah tidak hanya mencakup aspek teknis, tetapi juga aspek non teknis, seperti organisasi, pembiayaan, peraturan/hukum serta keterlibatan masyarakat.

4.2.3. Teknis operasional

Teknis operasional pengelolaan sampah di Jakarta Barat terdiri dari kegiatan pewadahan sampah di sumber (penghasil), pengumpulan dan pengangkutan, serta pembuangan akhir.

4.2.3.1. Pewadahan sampah

Kegiatan pewadahan merupakan suatu proses awal kegiatan pengumpulan dan pengangkutan sampah. Pewadahan sampah yang digunakan penduduk di wilayah permukiman umumnya berupa bak beton atau tong sampah yang diletakkan di depan rumah. Sampah yang ditempatkan di dalam bak beton atau tong sampah tersebut umumnya dalam keadaan terbungkus plastik, baik berupa plastik *kresek* atau plastik khusus untuk sampah (*trash bag*).

Sampah yang terdapat pada wadah penampungan di sumber, umumnya dalam keadaan tercampur antara sampah organik dan anorganik. Secara umum, jenis wadah sampah di wilayah Jakarta Barat dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Jenis Pewadahan Sampah Berdasarkan Sumber Sampah

Sumber Sampah	Jenis Pewadahan
Permukiman	<ul style="list-style-type: none"> a. Kantong plastik khusus sampah, volume sesuai yang tersedia di pasaran b. Bak sampah permanen dari pasangan bata, ukuran bervariasi c. Kantong plastik sisa belanja (kantong plastik <i>kresek</i>) d. Bin plastik/tong, volume 40-60 liter
Pasar	<ul style="list-style-type: none"> a. Bin/tong sampah, volume 50-60 liter b. Bin plastik beroda, volume 120-140 liter (dilengkapi tutup) c. Gerobak sampah, volume 1 m³ d. Kontainer kapasitas 6-10 m³ e. Bak sampah
Pertokoan	<ul style="list-style-type: none"> a. Kantong plastik, volume bervariasi b. Bin/tong plastik, volume 50-60 liter c. Bin plastik beroda, volume 120-140 liter
Perkantoran/Hotel	<ul style="list-style-type: none"> a. Kontainer beroda, volume 1 m³ b. Kontainer volume 6-10 m³
Fasilitas umum, jalan, dan taman	<ul style="list-style-type: none"> a. Bin/tong plastik volume 50-60 liter b. Bin plastik beroda, volume 120-140 liter

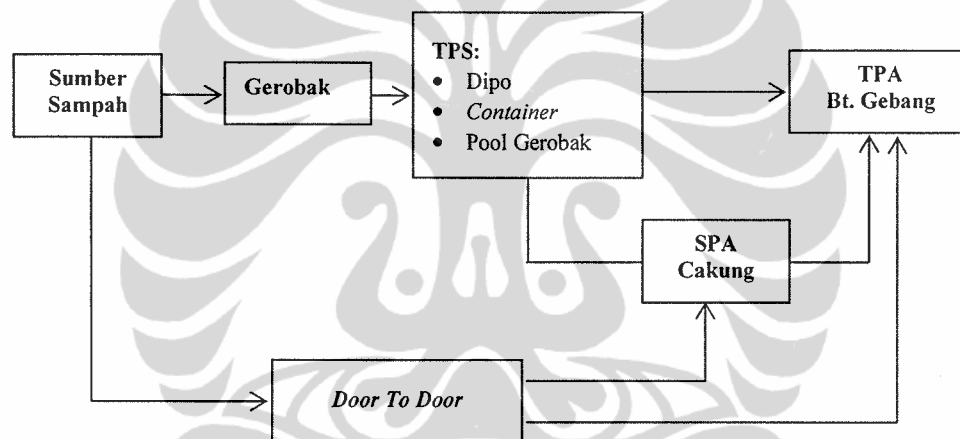
Sumber: Hasil penelitian (2008)

4.2.3.2. Pengumpulan dan pengangkutan sampah

Pengumpulan sampah pada wilayah permukiman dilaksanakan secara swadaya oleh masyarakat dan oleh sub seksi kebersihan di tingkat kelurahan. Pengumpulan sampah dari sumber sampah dilakukan oleh petugas kebersihan yang dikelola oleh RT/RW setempat. Pengumpulan sampah pada wilayah permukiman teratur umumnya dilakukan baik dengan pola individual tidak langsung maupun pola individual langsung. Pada pola individual tidak langsung, pengumpulan sampah dari sumber dilakukan menggunakan gerobak sampah berkapasitas kurang-lebih satu meter kubik menuju tempat penampungan sementara (TPS), dengan rata-rata

ritasi tiga kali sehari. Tempat penampungan sampah sementara yang ada di wilayah Jakarta Barat dapat berupa dipo, bak beton, atau *container*.

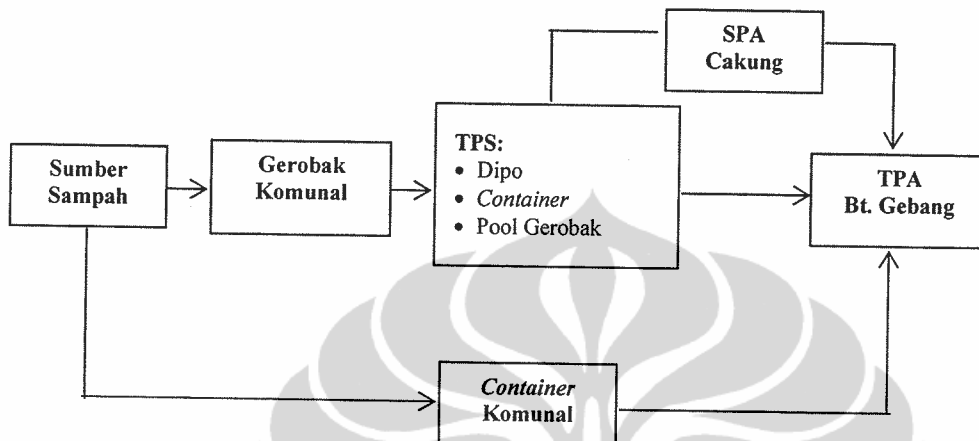
Selain dilakukan dengan pola individual tidak langsung menggunakan gerobak sampah, pengumpulan sampah juga dilakukan dengan pola individual langsung atau sistem *door to door*. Pada pola ini, pengumpulan dan pengangkutan sampah umumnya dilakukan dengan menggunakan truk *typer* berkapasitas 6 m³ dan 10 m³, dan sampah langsung diangkut menuju tempat pembuangan akhir (TPA) di Bantar Gebang, Bekasi atau melalui stasiun peralihan antara (SPA) yang terletak di Jalan Raya Cakung-Cilincing. Skema pengumpulan dan pengangkutan sampah untuk wilayah permukiman teratur dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Pola Pengumpulan Sampah di Permukiman Teratur

Pada lingkungan permukiman tidak teratur, pola pengumpulan sampah seperti terlihat pada Gambar 4.6. Pada umumnya pengumpulan sampah yang dilakukan berupa pola pengumpulan sampah komunal tidak langsung dan pola komunal langsung. Pada pola pengumpulan komunal tidak langsung, pengumpulan dilakukan dengan cara warga mendatangi gerobak komunal berkapasitas satu meter kubik yang diletakkan di depan gang. Penempatan gerobak tersebut dilakukan setiap tiga hari sekali dari pukul 09.00-16.00. Sampah yang telah terkumpul tersebut, selanjutnya diangkut ke TPS terdekat.

Pada pola komunal langsung, pengumpulan sampah dilakukan dengan cara menempatkan *container* komunal di tempat-tempat tertentu, yang telah ditetapkan oleh petugas kebersihan, dan selanjutnya *container* langsung diangkut dengan truk jenis *arm roll* ke TPA Bantar Gebang, Bekasi.



Gambar 4.6. Pola Pengumpulan Sampah di Permukiman Tidak Teratur

Tabel 4.13 memperlihatkan jumlah dan jenis tempat penampungan sementara (TPS) yang terdapat di wilayah Jakarta Barat, sedangkan titik-titik lokasi TPS pada setiap kecamatan dapat dilihat pada Gambar 4.7 hingga Gambar 4.14.

Tabel 4.13. Jumlah dan Jenis TPS menurut Kecamatan di Jakarta Barat Tahun 2006

No.	Kecamatan	Jenis dan Jumlah TPS					Jumlah
		Dipo/Tano	Transito	Bak Beton/ Tank	LPS/Open Tank	Container	
1.	Kembangan	1	10	2	-	-	13
2.	Kebon Jeruk	3	10	2	2	-	17
3.	Palmerah	5	5	-	8	-	18
4.	Grogol Petamburan	3	9	2	10	-	24
5.	Tambora	4	1	1	7	-	13
6.	Taman Sari	1	15	-	8	-	24
7.	Cengkareng	3	8	2	5	-	18
8.	Kalideres	9	5	5	6	-	25
	Jumlah	29	63	14	46	-	152
	Tahun 2005	30	85	20	-	27	162
	Tahun 2004	30	79	20	-	27	156

Sumber: Sudin Kebersihan Kotamadya Jakarta Barat (2007)

Sarana pengangkutan sampah di Kotamadya Jakarta Barat terdiri atas:

a. *Typer Truck*.

Truk jenis ini merupakan truk pengangkut sampah dengan bentuk bak terbuka yang terbuat dari plat baja dengan kapasitas 6-10 m³.

b. *Arm Roll Truck*

Jenis alat angkut ini digunakan untuk mengangkut *container* secara hidrolis dan umumnya digunakan untuk lokasi dengan jumlah timbunan sampah yang cukup besar (6-10 m³).

c. *Compactor Truck*

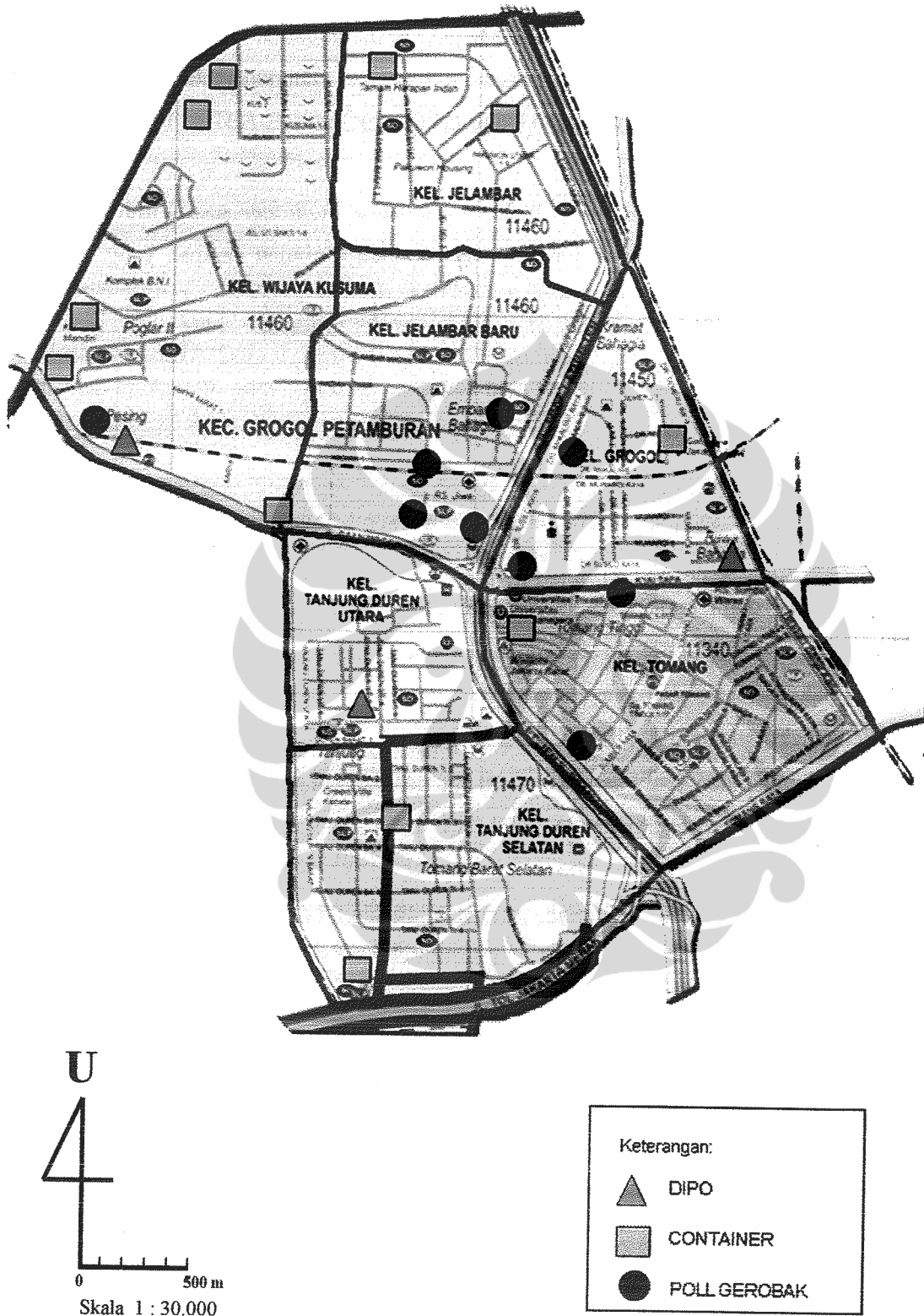
Jenis truk pengangkut sampah dengan kapasitas 6-10 m³, yang dilengkapi dengan alat pemadat (*compactor*).

Pengangkutan sampah secara langsung dari sumber sampah menuju ke TPA Bantar Gebang, Bekasi umumnya dilakukan dengan menggunakan truk sampah jenis *typer* dan *compactor* baik yang berukuran kecil maupun besar (6 m³ hingga 10 m³), sedangkan pada pola pengangkutan sampah secara tidak langsung, sampah dari TPS diangkut dengan truk jenis *typer* atau *arm roll* menuju TPA. Pengangkutan sampah dilakukan setiap hari, dengan rata-rata ritasi dua kali per hari. Jumlah dan jenis sarana penunjang pengangkutan sampah untuk wilayah Jakarta Barat dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan Tabel 4.15.

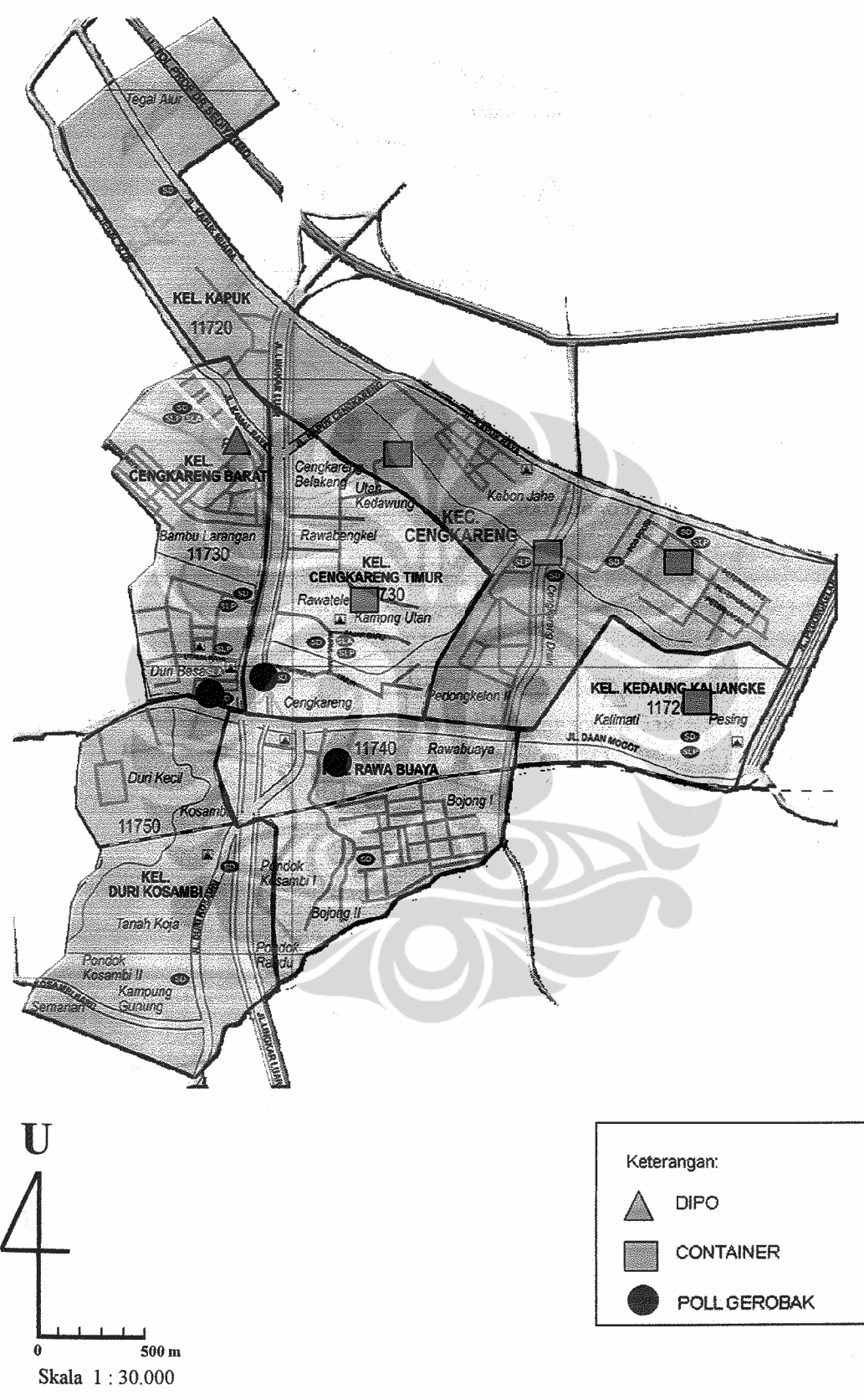
Tabel 4.14. Jumlah Armada Angkutan Sampah menurut Jenis Angkutan di Jakarta Barat pada Tahun 2006

Jenis Angkutan Sampah	Jumlah unit pada tahun					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Truk sampah	150	145	183	183	181	157
Shovel loader	5	4	3	5	5	5
Gerobak sampah:						
a. Pemda	1.589	1.618	1.629	2.216	2.266	2.266
b. Swadaya	1.082	1.436	828	828	828	1.082
c. Masyarakat	-	-	-	-	-	-
Galvanis	-	-	7	-	-	-

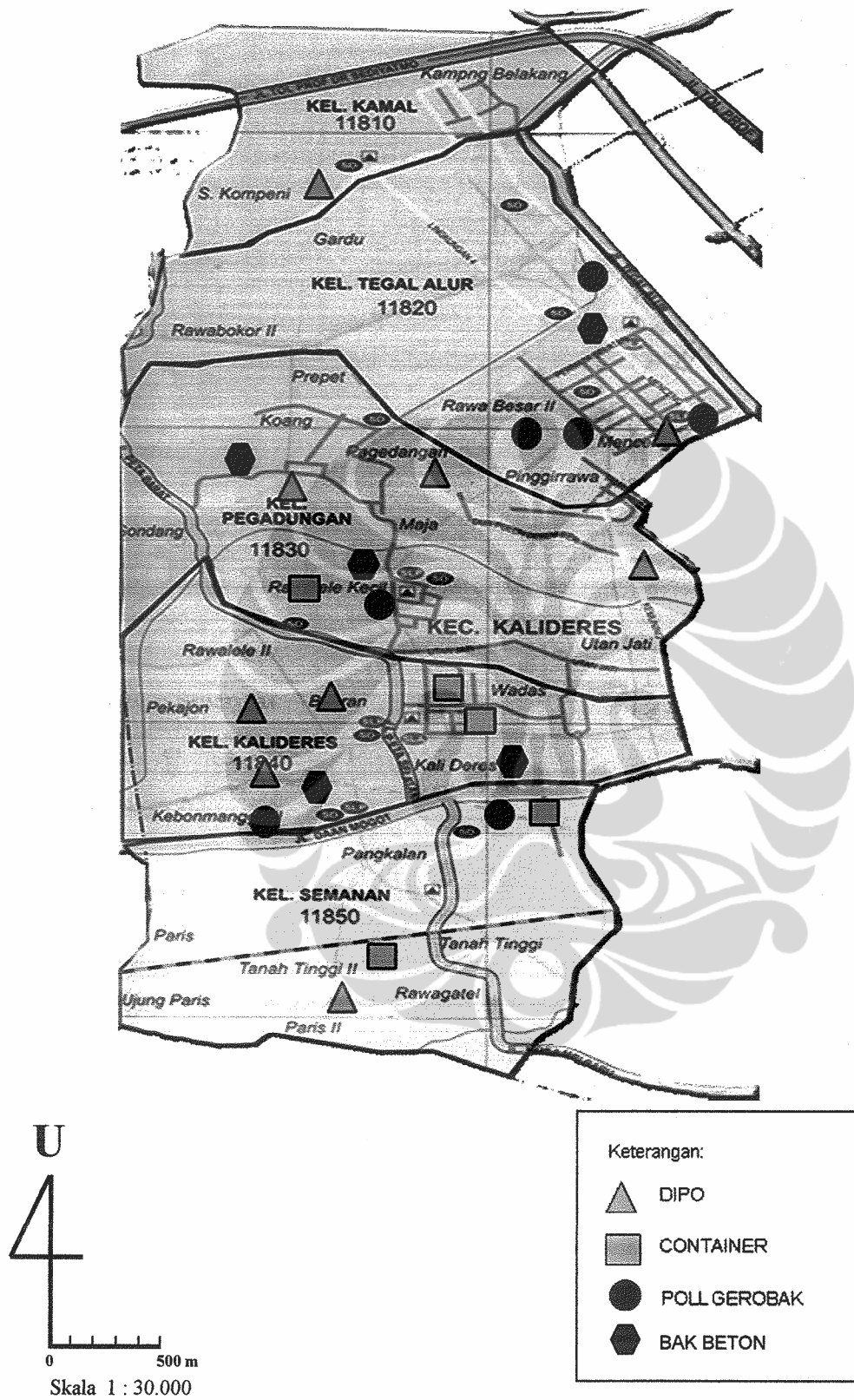
Sumber: Sudin Kebersihan Kotamadya Jakarta Barat (2007)



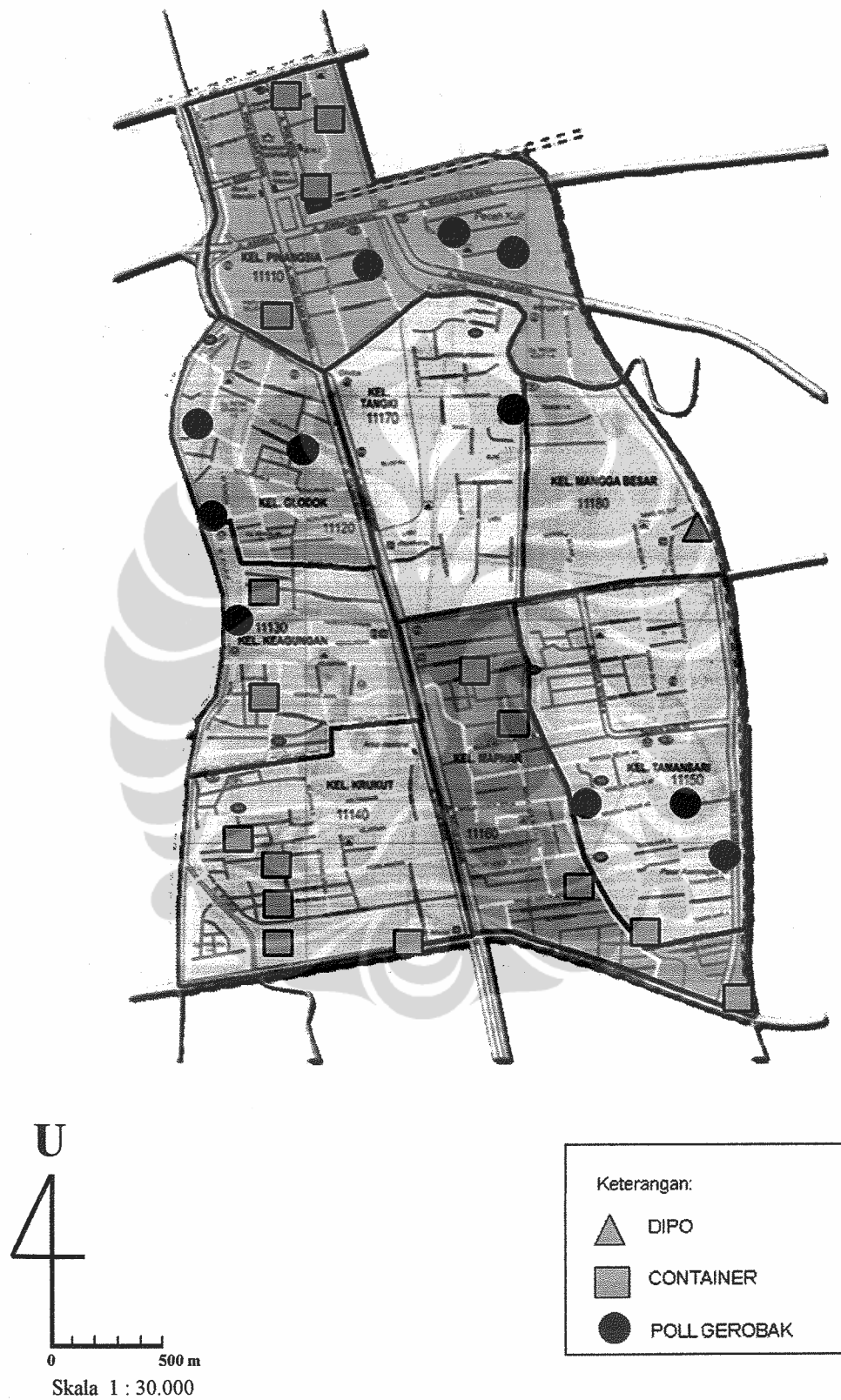
Gambar 4.7. Lokasi TPS di Kecamatan Grogol Petamburan, Jakarta Barat
 Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2008)



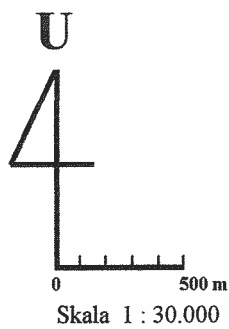
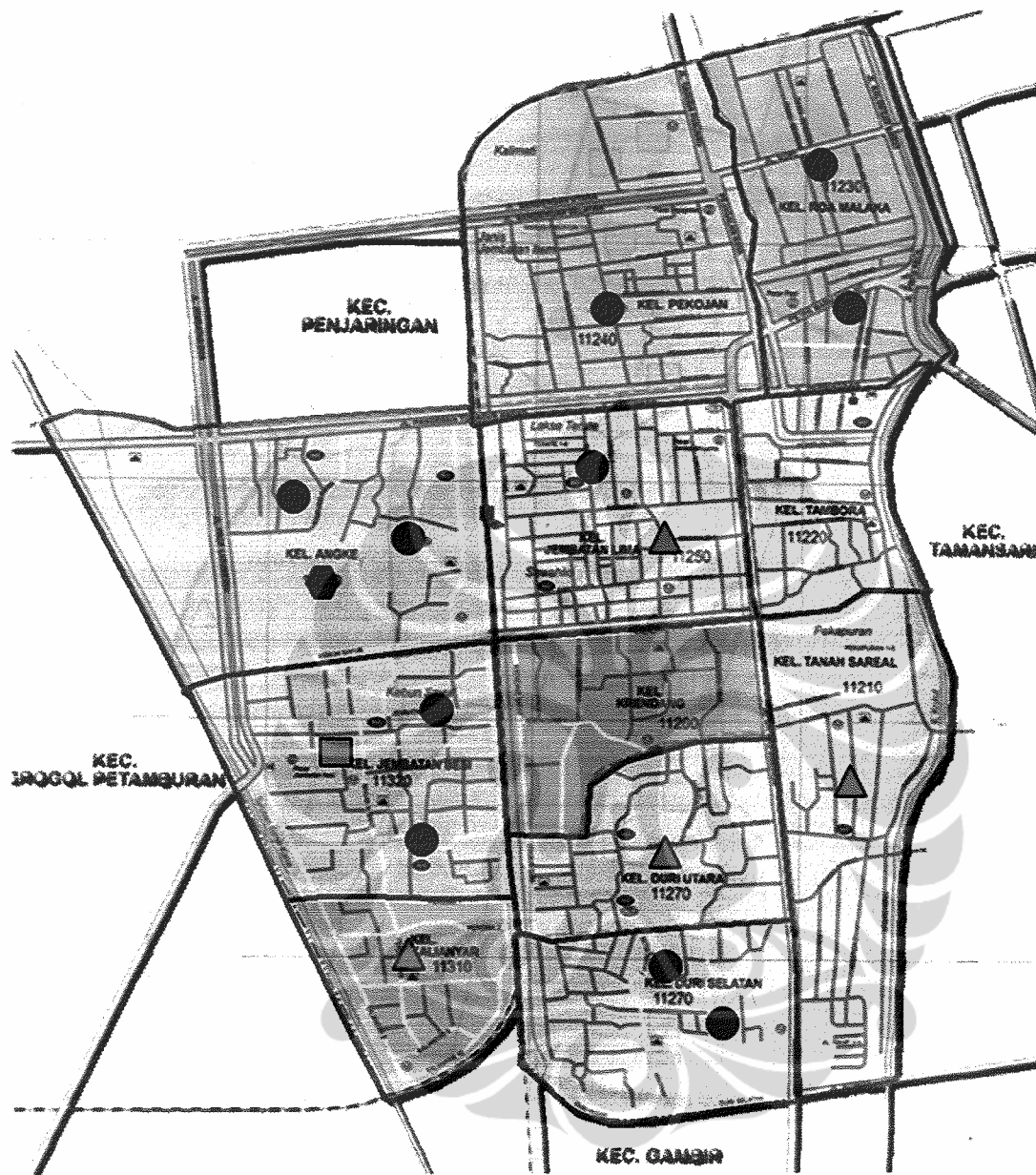
Gambar 4.8. Lokasi TPS di Kecamatan Cengkareng, Jakarta Barat
Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2008)



Gambar 4.9. Lokasi TPS di Kecamatan Kalideres, Jakarta Barat
 Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2008)



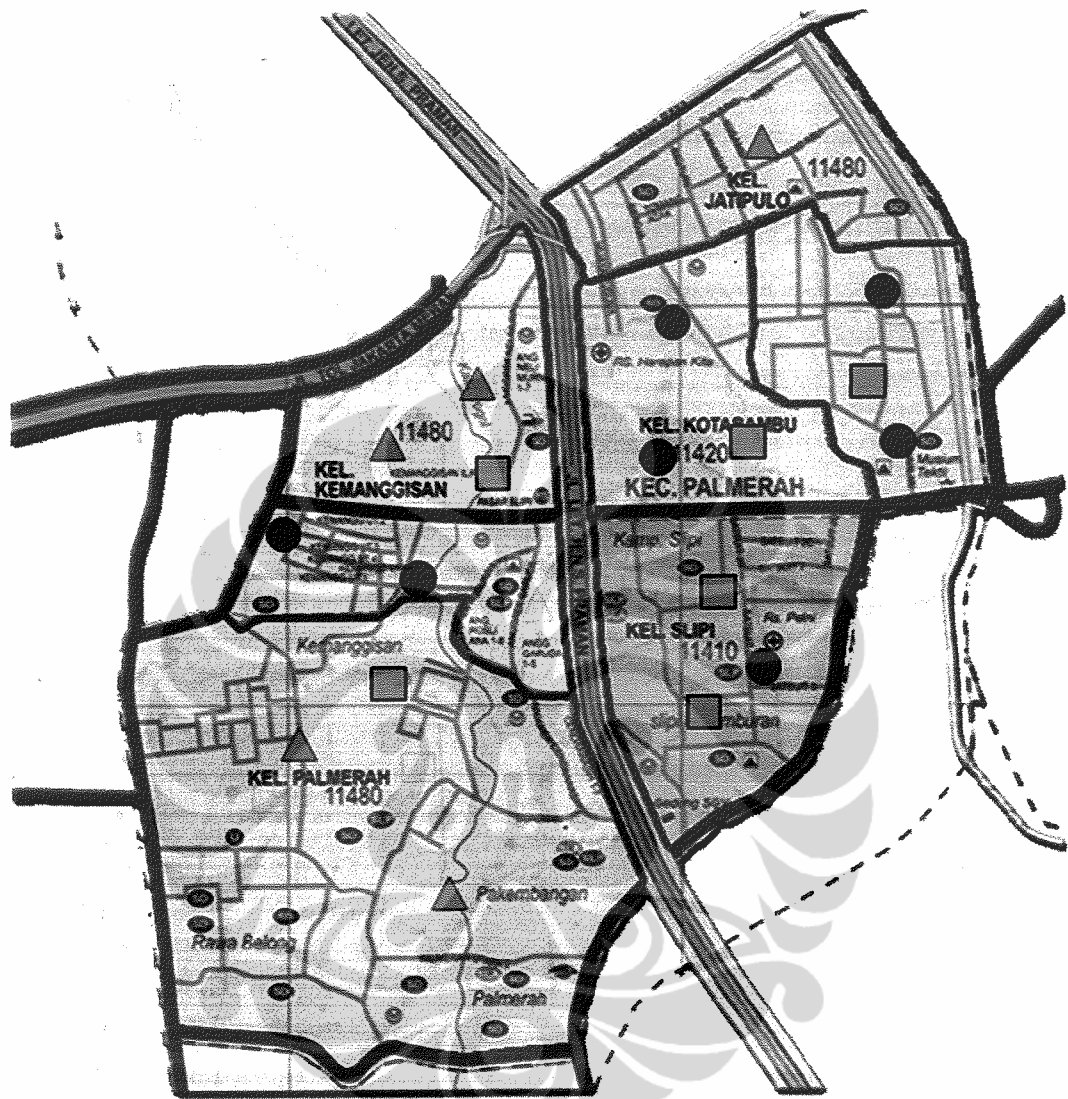
Gambar 4.10. Lokasi TPS di Kecamatan Taman Sari, Jakarta Barat
 Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2008)



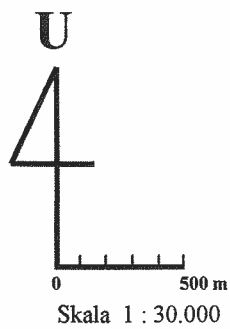
Keterangan:




	DIPO
	CONTAINER
	POLL GEROBAK
	BAK BETON

Gambar 4.11. Lokasi TPS di Kecamatan Tambora, Jakarta Barat
 Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2008)

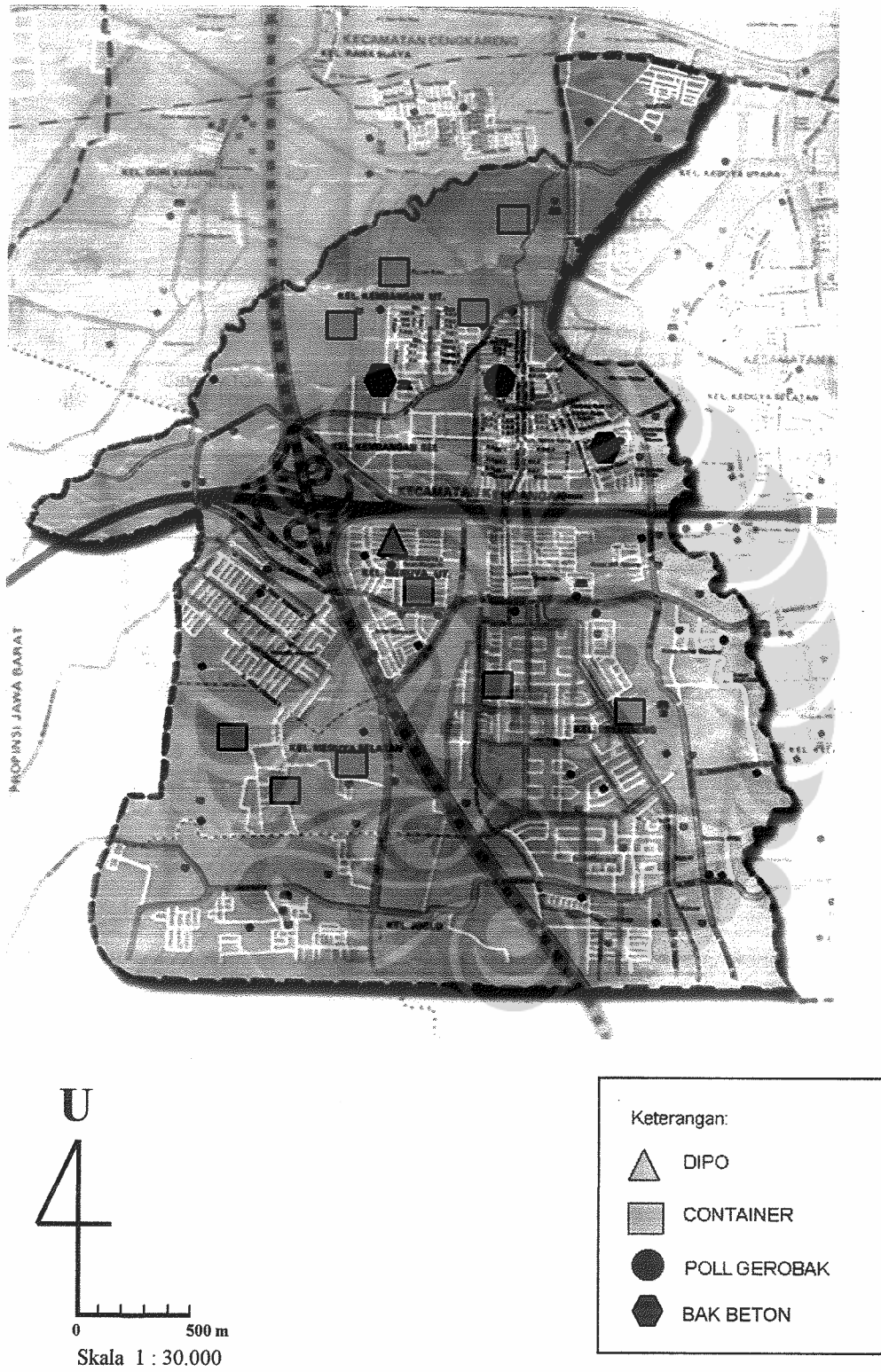


KEC. ANGLAR

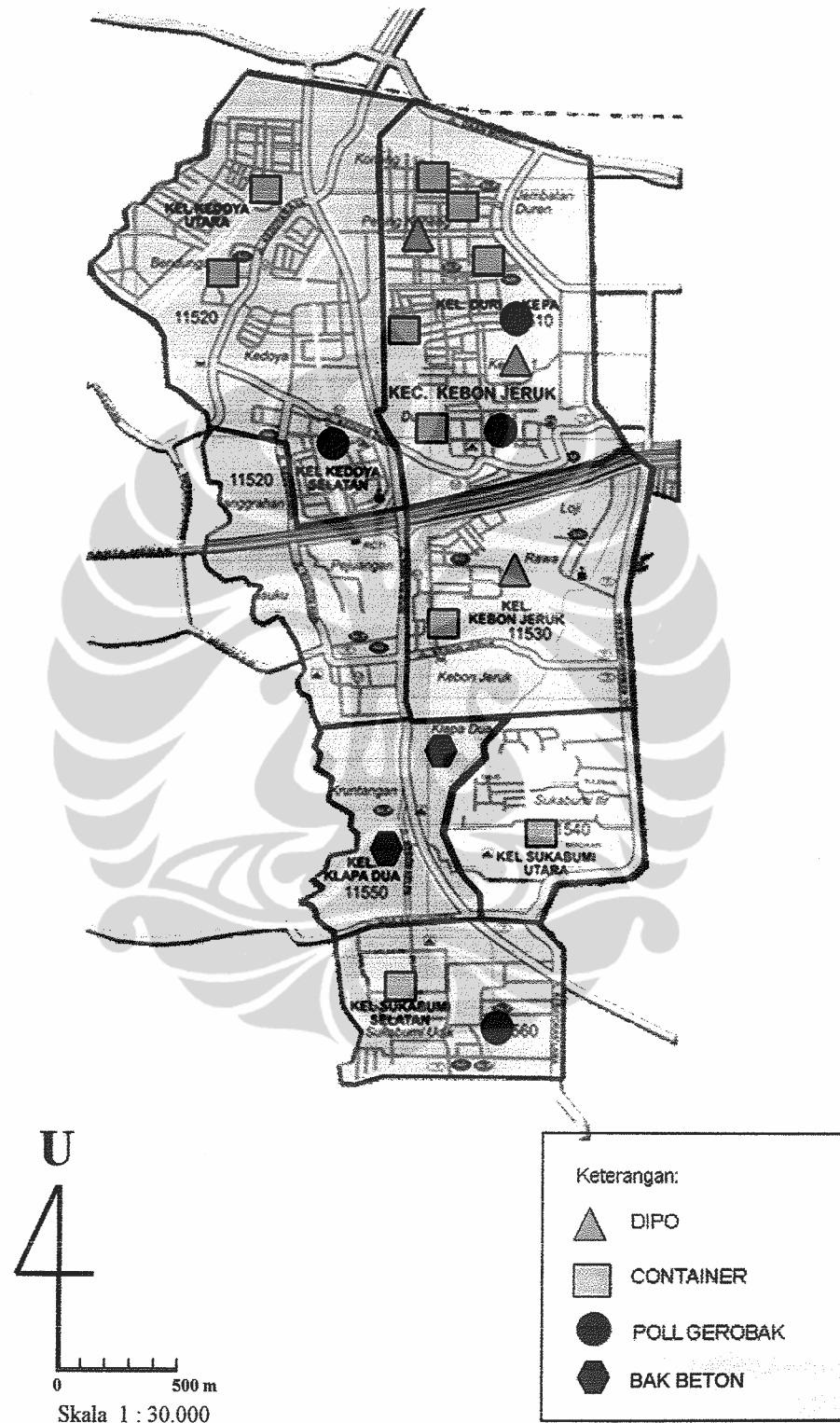


Keterangan:	
	DIPO
	CONTAINER
	POLL GEROBAK

Gambar 4.12. Lokasi TPS di Kecamatan Palmerah, Jakarta Barat
 Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2008)



Gambar 4.13. Lokasi TPS di Kecamatan Kembangan, Jakarta Barat
Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2008)



Gambar 4.14. Lokasi TPS di Kecamatan Kebon Jeruk, Jakarta Barat
Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2008)

Tabel 4.14. Jumlah Kendaraan Pengangkut Sampah dan Alat Berat menurut Jenis dan Kapasitas pada Tahun 2006

No.	Jenis Kendaraan	Kapasitas		Jumlah (unit)
		Besar (unit)	Kecil (unit)	
1.	Truk bak terbuka	-	3	3
2.	Truk typer	41	33	74
3.	Truk compactor	7	8	15
4.	Truk arm roll	37	28	65
5.	Street sweeper	-	-	-
6.	Truk storing	1	-	1
7.	Shovel dozer	-	-	-
8.	Bulldozer	-	-	-
9.	Excavator	-	-	-
10.	Shovel loader	-	5	5
11.	Wheel loader	-	1	1
12.	Pick up	-	3	3
	Jumlah	86	97	183
	Tahun 2005	111	91	202
	Tahun 2004	85	98	183

Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2007)

Pengangkutan sampah menuju TPA Bantar Gebang, Bekasi dilakukan melalui Jalan Toll Jagorawi (15 km), Jl. Raya Cibubur-Cileungsi (14 km), Jl.Siliwangi-Jl.Narogong Raya (14,5 km), kemudian masuk ke jalan akses menuju lokasi TPA sepanjang kurang lebih 1,5 km.

Berdasarkan pengamatan di lapangan dan wawancara dengan petugas terkait, permasalahan umum yang dihadapi dalam kegiatan pengangkutan sampah di wilayah Jakarta Barat antara lain:

1. jumlah sarana pengangkutan sampah kurang memadai;
2. jarak antara sumber sampah maupun TPS dengan TPA cukup jauh;
3. kemacetan lalu lintas, baik di wilayah operasional pelayanan, maupun di perjalanan menuju SPA Cakung maupun TPA Bantar Gebang, Bekasi;
4. kondisi kendaraan, yang pada saat penelitian ini sekitar 40 persen kendaraan pengangkut sampah di atas usia 11 tahun, sehingga sering mengalami kerusakan.

4.2.3.3. Pembuangan akhir sampah

Hingga saat ini TPA Bantar Gebang merupakan tempat pembuangan akhir sampah Jakarta Barat. Tempat pembuangan akhir yang terletak di wilayah Bekasi ini memiliki luas 108 hektar, meliputi tiga kelurahan, yaitu Cikiwul, Ciketing Udik, dan Sumur Batu. Kegiatan pengelolaan sampah di TPA Bantar Gebang dilakukan dengan sistem *quasi-open dumping*, walaupun dalam perencanaannya TPA ini akan dikelola dengan sistem *sanitary landfill*. Dalam operasionalnya, sampah yang datang ke TPA Bantar Gebang hanya ditumpuk begitu saja, sehingga banyak sampah yang tercecer di badan jalan dan saluran air. Kondisi sampah tercampur antara sampah organik, anorganik, dan sampah yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3).

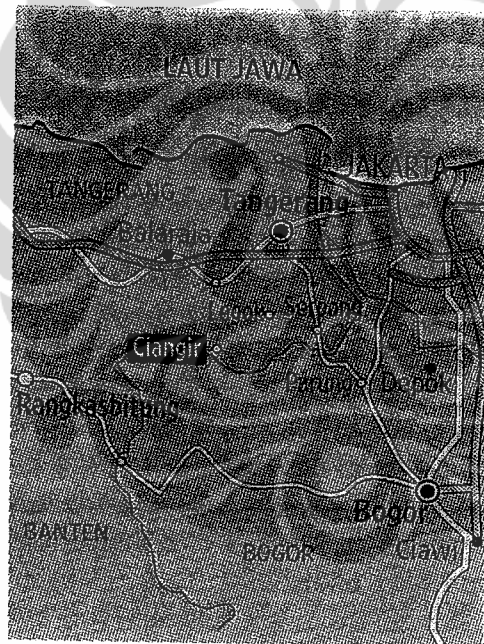


Gambar 4.15. Kondisi TPA Bantar Gebang, Bekasi

Tempat pembuangan akhir Bantar Gebang terdiri atas lima zona, yaitu Zona I (luas 18,30 ha); Zona II (IIA luas 4,80 ha, IIB luas 6,50 ha, dan IIC luas 6,10 ha); Zona III (IIIA luas 8,40 ha, IIIB1 luas 2,96 ha, IIIB2 luas 3,59 ha, IIIB3 luas 2,23 ha, IIIC1 luas 2,90 ha dan IIIC luas 4,40 ha); Zona IV (luas 13,20 ha); dan Zona V (luas 24,80 ha). Seharusnya semua zona ditutup total pada akhir Desember 2003, namun hingga kini TPA tersebut masih menampung sampah yang berasal dari sebagian besar wilayah DKI Jakarta. Rata-rata ketinggian tumpukan sampah 15 meter, dan ada yang mencapai 18 meter. Bahkan Zona III yang pernah mengalami longsor pada tahun 2006 mencapai 21 meter. Di sekeliling TPA ini tidak

dilakukan penghijauan (*green belt*) dan tidak ada penataan bagi gubuk-gubuk pemulung. Tempat penampungan untuk sampah yang masih mempunyai nilai jual (*lapak*) di sekitar TPA tampak kumuh.

Pada masa mendatang, selain di Bantar Gebang, Bekasi, sekitar 1.500 ton sampah dari wilayah DKI Jakarta direncanakan akan dibuang di Ciangir, Kecamatan Legok, Kabupaten Tangerang. Menurut catatan Dinas Kebersihan DKI Jakarta terdapat dua lahan masing-masing seluas 50 hektar dan 98 hektar milik Pemprov DKI di Ciangir yang akan digunakan sebagai lokasi pengolahan sampah. Menurut rencana, pada tahap awal akan dibangun tempat pengolahan sampah terpadu (TPST) untuk mengolah 2.500 ton sampah per hari, yang terdiri atas 1.500 ton sampah dari DKI Jakarta dan 1.000 ton dari Kabupaten Tangerang.

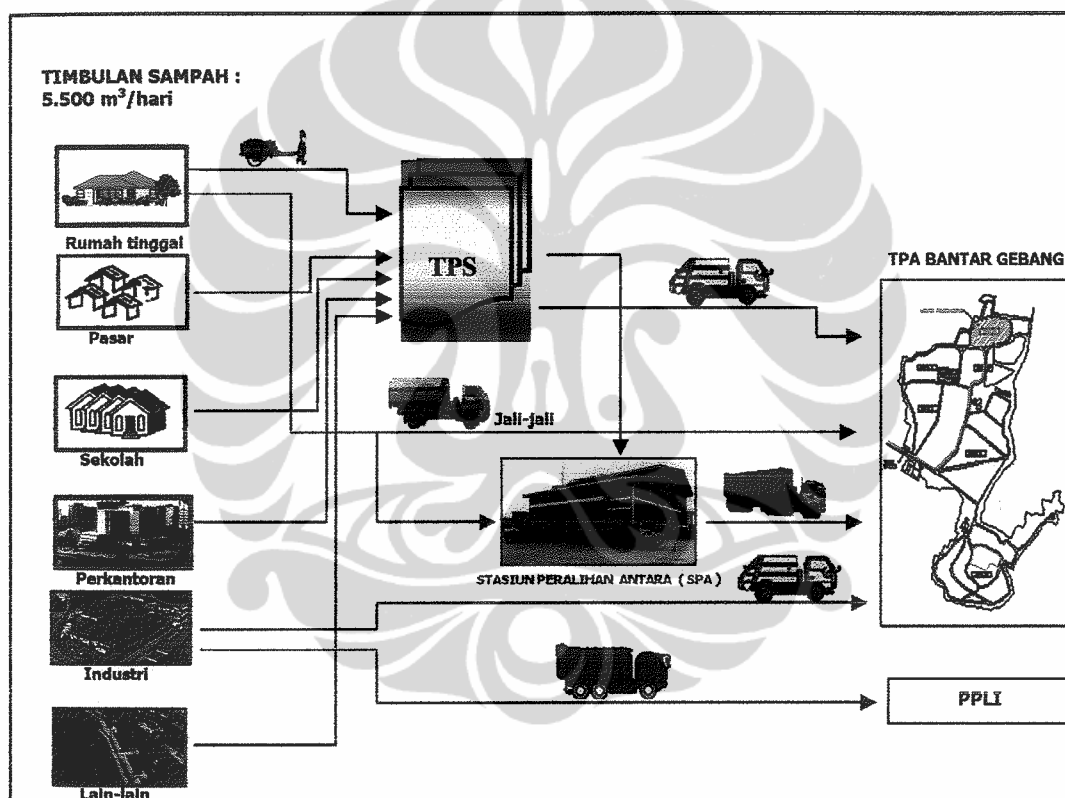


Gambar 4.16. Rencana Lokasi TPST Ciangir, Kabupaten Tangerang

Pengangkutan sampah dari wilayah DKI Jakarta ke TPST Ciangir direncanakan menggunakan semacam kontainer tertutup, sehingga diharapkan tidak ada sampah yang tercecer atau air sampah (*leachate*) yang jatuh ke jalan. Rute pengangkutan yang direncanakan ada dua rute. Rute pertama, truk pembawa kontainer sampah akan mengangkut sampah dari wilayah Jakarta Barat masuk melalui Toll Jakarta-Merak, keluar Bitung, dan selanjutnya menuju ke Ciangir. Sementara rute kedua,

akan mengangkut sampah dari wilayah Jakarta Selatan melalui Toll Jalur Lingkar Selatan (JLS), Bumi Serpong Damai (BSD), dan Ciangir.

Secara keseluruhan, kegiatan pengelolaan sampah di wilayah Jakarta Barat meliputi kegiatan pengumpulan dan pengangkutan sampah dari sumber menuju Tempat Penampungan Sementara (TPS), atau diangkut secara langsung menuju TPA Bantar Gebang, Bekasi atau melalui Stasiun Peralihan Antara (SPA) Cakung. Gambar 4.17 menyajikan diagram alir pengelolaan sampah di wilayah Kota Jakarta Barat.



Gambar 4.17. Diagram Alir Pengelolaan Sampah di Jakarta Barat

4.2.4. Keterlibatan masyarakat

Masyarakat dan sampah merupakan dua hal yang tak terpisahkan. Setiap kali masyarakat melakukan aktivitas, maka pada saat yang sama akan timbul limbah, baik limbah cair, gas maupun padat (sampah). Timbulan sampah akan meningkat seiring dengan meningkatnya aktivitas masyarakat. Keterlibatan masyarakat

dalam pengelolaan sampah sangat penting, karena tanpa adanya partisipasi dari masyarakat, maka semua program yang telah direncanakan akan sulit berhasil.

Kondisi kebersihan di suatu lingkungan atau tempat tinggal dapat dijadikan indikator baik atau tidaknya penanganan sampah di wilayah tersebut. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, tampaknya perilaku masyarakat dalam menangani sampah di wilayah Jakarta Barat masih kurang baik. Hal ini tercermin dari kondisi lingkungan di beberapa wilayah terlihat kotor karena adanya tumpukan sampah, baik di jalan-jalan atau di sungai, sampah berserakan dan terbuang tidak pada tempatnya.

Untuk mengetahui gambaran mengenai keterlibatan atau peran serta masyarakat dalam pengelolaan sampah di Jakarta Barat, hasil penelusuran melalui kuesioner terhadap sejumlah responden baik yang tinggal di wilayah permukiman teratur maupun di permukiman tidak teratur dijabarkan dalam beberapa hal berikut, antara lain: kemauan responden untuk memilah sampah, ada tidaknya upaya untuk mengolah atau memanfaatkan sampah, serta kemauan responden untuk mengeluarkan dana (pembayaran retribusi) dalam pengelolaan sampah dan kebersihan di lingkungannya.

Untuk mengetahui ada tidaknya kegiatan pemilahan sampah di sumber, hasil penelusuran melalui kuisisioner memperlihatkan bahwa semua responden menyatakan mereka tidak melakukan pemilahan sampah. Alasan responden tidak memilah sampah, antara lain dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16. Alasan Responden Tidak Memilah Sampah

Alasan Responden	Persentase (%)
Malas/merepotkan	45,45
Tidak diwajibkan/tidak ada sanksi	47,27
Tidak tahu manfaatnya	16,36
Tidak ada contoh dari tokoh panutan	7,27
Tidak ada manfaat karena disatukan kembali dalam satu bak	72,73

Berdasarkan hasil analisis kuisisioner mengenai alasan responden tidak memilah sampah memperlihatkan bahwa sebagian besar responden (72,73 persen) tidak melakukan pemilahan sampah karena kegiatan pemilahan dianggap tidak bermanfaat, karena sampah yang telah dipilah akan disatukan kembali pada saat pengumpulan dan pengangkutan sampah. Namun demikian, jika suatu saat responden diminta untuk melaksanakan pemilahan sampah di sumber, sebanyak responden bersedia melakukan pemilahan sampah jika nantinya disediakan wadah sampah yang berbeda untuk sampah organik dan anorganik. Sementara itu sejumlah responden lainnya tidak bersedia untuk memilah sampah, yaitu sebesar 27,27 persen.

Berdasarkan hasil penelusuran melalui kuesioner diketahui pula bahwa baru sebagian kecil responden (3,64 persen) yang pernah memanfaatkan sampah, yaitu dengan cara pengomposan. Namun demikian, hal tersebut tidak selalu dilakukan, sedangkan sebanyak (96,36 persen) belum pernah melakukan pemanfaatan atau upaya mengurangi sampah melalui pengolahan.

Di beberapa tempat di Jakarta Barat, partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah sudah cukup baik, seperti yang dilakukan oleh warga yang tinggal di Kompleks Perumahan Merpati, Kelurahan Pegadungan. Untuk menangani sampah di kompleks tersebut, warga mengolah sampah dengan teknologi pengomposan.

Penanganan sampah oleh pemulung merupakan bagian dari sistem pengelolaan sampah yang melibatkan sektor informal, khususnya keterlibatan dalam proses daur ulang sampah. Aktivitas pemulung sampah di wilayah Jakarta Barat tidak berbeda dengan aktivitas pemulung pada wilayah lainnya, yaitu aktivitas masih terbatas pada pemilahan atau pengelompokan sampah anorganik.

Berdasarkan komposisi sampah organik dan anorganik, para pemulung mengambil sampah anorganik yang masih memiliki nilai ekonomis dan dapat didaur ulang sebagai bahan baku industri atau langsung diolah menjadi barang jadi yang dapat dijual. Barang-barang buangan atau sampah anorganik yang

dikumpulkan oleh pemulung adalah sampah anorganik yang dapat digunakan sebagai bahan baku primer maupun sekunder bagi industri tertentu. Bahan-bahan anorganik tersebut umumnya mencakup kertas, plastik, metal/logam, kaca/gelas, dan karet.

Berdasarkan cara kerja pemulung yang sebagian besar beroperasi di kawasan permukiman, pasar, serta perkantoran; sampah yang diserap pemulung adalah sampah anorganik sebelum dikumpulkan atau diangkut oleh pengelola sampah formal. Sampah anorganik yang dipisahkan oleh pemulung umumnya dalam kondisi kotor dan/atau basah, karena sampah tersebut telah bercampur dengan sampah lainnya dari sumber yang berbeda. Dengan demikian kondisi barang buangan (sampah anorganik) yang diperoleh pemulung umumnya memiliki kualitas yang tidak begitu baik, dibandingkan dengan sampah anorganik yang dipisahkan di sumber sampah.

Hasil studi yang pernah dilakukan di wilayah Bandung mengungkapkan, bahwa persentase sampah anorganik yang didaur ulang dari lingkungan permukiman antara 10,9-14,6 persen untuk permukiman kelas menengah atas, dan antara 21,9-26,5 persen untuk permukiman kelas menengah bawah. Bahan yang didaur ulang oleh aktivitas pemulung meliputi plastik (*polyethylene*, *polystyrene*, *polypropylene*, *high density polyethylene*, *low density polyethylene*, *polyvinyl chloride*), kertas (warna, duplex, arsip, cone, koran, HVS), logam (aluminium, tembaga, kuningan, seng, besi, drum), kain (majun, *polyester*), gelas/kaca (botol bir, botol kecap/saus, botol minuman ringan) dan karet.

Berdasarkan hasil survei di beberapa lapak yang ada di wilayah Jakarta Barat dapat diketahui nilai ekonomis beberapa komponen sampah anorganik, seperti tercantum pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17. Nilai Ekonomis Komponen Sampah Anorganik
Jakarta Barat Tahun 2008

No.	Jenis Barang Lapak	Harga (Rp)
1.	Kertas	
	a. Kardus	500/kg
	b. Kertas putih	700/kg
	c. Majalah	400/kg
	d. Koran	500/kg
	e. Kertas Semen	400/kg
2.	Plastik	
	a. Kemasan air mineral gelas	2.000/kg
	b. Kemasan minuman/shampoo/ember/ kemasan lainnya (botol pemutih pakaian, infus dan sejenisnya)	1.200/kg
	c. Plastik Keras (kaset, kemasan CD)	150/kg
	d. Ember hitam (anti pecah)	800/kg
	e. Plastik transparan (plastik cor)	800/kg
	f. Plastik <i>kresek</i>	300/kg
3.	Kaleng	
	a. Kaleng oli	1500/kg
	b. Kaleng susu/cat/sejenisnya	400/kg
4.	Logam	
	a. Aluminium tebal	8.000/kg
	b. Aluminium tipis (kemasan <i>softdrink</i>)	7.000/kg
	c. Besi beton/super	2000/kg
	d. Besi holo (rangka <i>gypsum</i>)	1000/kg
	e. Besi pipa	250/kg
	f. Tembaga	8.000/kg
5.	Kaca/gelas	
	a. Botol kecap/saus	200/kg
	b. Botol besar (bir, <i>softdrink</i>)	500/kg

Sumber: Hasil survei (2008)

4.2.5. Pembiayaan

Pengelolaan sampah adalah jenis pelayanan yang hingga saat ini disediakan oleh pemerintah kota. Anggaran pemda untuk pengelolaan sampah umumnya belum dapat meningkatkan standar kualitas lingkungan yang diinginkan. Terkait dengan

hal ini, maka keterlibatan pihak swasta sangat diharapkan, baik terlibat secara penuh atau sebagai bagian dari pengelola kota.

MacFarlene (1998) *dalam* Urban Development Sector Unit (1999) menggarisbawahi hubungan antara biaya pengelolaan sampah per kapita dengan GNP per kapita. Kota-kota di negara berkembang maupun di negara maju secara umum tidak lebih dari 0,5 persen dari GNP per kapita dialokasikan untuk pelayanan sampah. Di Jepang, pemerintah daerah setempat bertanggung jawab pada pelayanan pengelolaan sampah kota dan pada tahun 1993 mengeluarkan sekitar 2.283 milyar yen atau setara dengan 40 trilyun rupiah untuk pelayanan sampah.

Tabel 4.18. Biaya Pelayanan Pengelolaan Sampah di Jepang

Kegiatan	Biaya (milyar ¥)
Konstruksi dan perbaikan:	
a. <i>Intermediate treatment facilities</i>	828.712
b. <i>Final disposal plants</i>	108.300
c. Lain-lain	26.274
d. Penelitian	18.672
Operasional dan pemeliharaan:	
a. SDM	619.482
b. Pengumpulan dan pengangkutan	85.545
c. <i>Intermediate treatment</i>	190.419
d. <i>Final disposal</i>	39.474
e. Pembelian kendaraan	18.646
f. Konsinyasi	281.327
g. Lain-lain	66.494
J u m l a h	2.283.345

Sumber: Japan Waste Management Assosiation (1996) *dalam* Urban Development Sector Unit (1999)

Sumber pendanaan utama pengelolaan sampah Jakarta Barat berasal dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD), yaitu sebesar 5-10 persen dari APBD atau sekitar 34 milyar per tahunnya. Besarnya anggaran belanja Sudin Kebersihan Jakarta Barat tahun 2007 dapat dilihat pada Lampiran 5. Selain

berasal dari APBD, anggaran kebersihan juga berasal dari retribusi kebersihan, hibah, serta swadaya masyarakat. Dana kebersihan yang berasal dari APBD dikelola oleh Sudin Kebersihan Jakarta Barat untuk kegiatan pengadaan sarana dan prasarana, biaya operasional dan perawatan pengelolaan kebersihan, mulai dari pewadahan hingga pembuangan akhir sampah di TPA Bantar Gebang, Bekasi.

Dibandingkan negara dengan tingkat pendapatan tinggi, pengelola kota di negara dengan tingkat pendapatan rendah dan sedang mengalokasikan sebagian besar anggaran pengelolaan sampahnya untuk pelayanan pengumpulan dan pengangkutan sampah. Sedangkan biaya untuk pembuangan akhir masih minimal, sehingga pada umumnya pembuangan akhir dilakukan dengan cara *open dumping*. Struktur pembiayaan pengelolaan sampah oleh pemda di Indonesia adalah Rp.1.500,- - Rp.2.500,-/orang/tahun, sedangkan struktur biaya operasional adalah 35-40 persen dialokasikan untuk kegiatan pengumpulan, 45-50 persen untuk kegiatan pengangkutan, dan 10 -20 persen untuk pembuangan akhir.

Retribusi kebersihan yang dipungut dari masyarakat ditentukan oleh pemerintah kota dengan mempertimbangkan kemampuan ekonomi masyarakat. Untuk menentukan besarnya biaya jasa pengelolaan sampah dari masyarakat perlu disesuaikan dengan infrastruktur dan peralatan yang disediakan. Retribusi kebersihan diharapkan dapat menjadi subsidi silang antar tingkat pendapatan penduduk dan asal sumber sampah, yaitu antara permukiman dan non permukiman (komersial). Untuk wilayah Kota Jakarta Barat, hasil penerimaan yang berasal dari retribusi kebersihan per bulan pada tahun 2006 dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19. Hasil Penerimaan Retribusi Kebersihan per Bulan di Jakarta Barat Tahun 2006 (*dalam rupiah*)

Bulan	Rumah tinggal	Toko	Industri	Air kotor/Tinja	Pedagang Kaki Lima	RS/Po/Lab	Jumlah
Januari	33.749.700	1.524.250	12.550.000	11.880.000	100.000	650.000	60.453.950
Februari	38.674.350	2.486.250	14.700.000	13.840.000	375.000	800.000	70.875.600
Maret	36.838.200	2.177.250	16.025.000	22.225.450	625.000	800.000	78.690.900
April	48.776.550	4.397.000	21.275.000	90.893.350	925.000	800.000	167.066.900
Mei	49.071.450	4.865.000	20.975.000	99.221.450	1.000.000	1.350.000	176.482.900
Juni	28.610.750	4.543.500	13.340.000	67.764.250	1.000.000	250.000	115.508.500
Juli	3.977.600	1.608.000	17.310.000	11.960.000	200.000	1.025.000	36.080.600
Agustus	-	2.090.000	18.525.000	15.080.000	1.600.000	1.575.000	38.870.000
September	-	6.780.500	21.800.000	17.760.000	1.500.000	1.300.000	49.140.500
Oktober	-	3.843.500	17.985.000	9.360.000	1.225.000	1.275.000	33.688.500
November	-	5.190.000	23.165.000	14.880.000	2.000.000	1.950.000	47.185.000
Desember	-	16.337.750	30.970.000	33.800.000	2.900.000	2.075.000	86.082.750
Jumlah	239.698.600	55.843.000	228.620.000	408.664.700	13.450.000	13.850.000	960.126.100

Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2007)

Berdasarkan Tabel 4.19 diketahui bahwa total penerimaan retribusi kebersihan untuk Kotamadya Jakarta Barat pada tahun 2006 sebesar Rp.960.126.100,-, dengan sumber terbesar berasal dari air kotor/tinja, yaitu sebesar Rp. 408.664.700,-, sedangkan sumber retribusi terkecil pada tahun yang sama berasal dari pedagang kaki lima, yaitu sebesar Rp.13.450.000,-.

4.2.6. Organisasi dan manajemen

Dalam pengelolaan sampah skala kota, peran pemerintah kota sangat penting, dan pengelolaan sampah adalah salah satu tugas utama sebagai bentuk pelayanan, yang merupakan bagian dari infrastruktur kota. Pengelolaan sampah di Indonesia, khususnya di tingkat kota umumnya ada tiga kelompok pengelola, yaitu:

1. Swadaya masyarakat.

Pengelolaan secara swadaya biasanya dilaksanakan oleh RT/RW, dengan kegiatan mengumpulkan sampah dari sumber (rumah tangga), diangkut

dengan sarana yang disiapkan sendiri oleh masyarakat, menuju ke tempat penampungan sementara.

2. Pengelola formal

Pengelolaan biasanya dilaksanakan oleh pemerintah kota, atau institusi lain termasuk swasta yang ditunjuk oleh pengelola kota. Urutan penanganan sampah tahap pertama dilakukan oleh penghasil sampah, dan di daerah permukiman biasanya dilaksanakan oleh organisasi RT/RW, yaitu sampah diangkut dari sumber ke tempat penampungan sementara (TPS). Tahap selanjutnya, sampah diangkut ke TPA oleh truk sampah milik pengelola kota atau institusi yang ditunjuk. Biasanya anggaran suatu kota belum mampu menangani seluruh timbulan sampah.

3. Pengelola informal

Sistem pengelolaan ini terbentuk karena adanya dorongan kebutuhan untuk tetap bertahan hidup dari sebagian masyarakat, yang secara tidak sadar ikut berperan serta dalam penanganan sampah kota. Sistem informal memandang sampah sebagai sumberdaya ekonomi, dengan melakukan kegiatan pemungutan, pemilahan, dan penjualan sampah untuk didaur ulang. Rangkaian ini melibatkan pemulung, lapak, bandar, dan industri daur ulang dalam rangkaian sistem perdagangan.

Penyelenggaraan pengelolaan sampah merupakan kewajiban pemerintah sebagai fungsi pelayanan umum. Pengelola kegiatan penanganan sampah kota diharapkan berbentuk dinas tersendiri dengan mempertimbangkan berbagai hal, sehingga lembaga pengelola tersebut memiliki kapasitas yang memadai dan bertanggung jawab langsung kepada walikota atau bupati.

Pengelolaan sampah di wilayah Jakarta Barat dilaksanakan oleh Suku Dinas Kebersihan Kodya Jakarta Barat, yang berkoordinasi dengan seksi kebersihan di tingkat kecamatan, subseksi kebersihan di tingkat kelurahan, serta pengurus RW/RT setempat di tingkat warga. Kegiatan pengelolaan sampah yang dilakukan oleh seksi kebersihan adalah sebagian dari kegiatan pengumpulan dan

pengangkutan, sedangkan yang dilakukan oleh pengurus RW/RT setempat adalah kegiatan pengumpulan dari sumber sampah.

Pelayanan kebersihan kota, lebih khusus pengelolaan sampah kota merupakan kewenangan otonomi daerah yang telah diserahkan kewenangannya oleh pemerintah pusat ke daerah melalui PP No. 14 tahun 1987, dan terkait dengan pelaksanaan tugas desentralisasi oleh dinas kota atau kabupaten seperti diatur oleh PP No.84 tahun 2000. Adapun alternatif institusi lain dalam pengelolaan sampah adalah melalui swastanisasi pengelolaan kebersihan, atau dalam Badan Usaha Milik Daerah (BUMD), organisasi kemasyarakatan.

Penanganan kebersihan di wilayah Jakarta Barat merupakan tanggung jawab dari Suku Dinas Kebersihan Jakarta Barat yang mempunyai struktur organisasi berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta No.3 Tahun 2001, seperti terlihat pada Lampiran 6. Untuk penanganan sampah oleh pihak swasta di wilayah Jakarta Barat terdapat tiga perusahaan yang terlibat, dengan wilayah operasi dan volume sampah yang ditangani seperti terlihat pada Tabel 4.20.

4.2.7. Peraturan/hukum

Aspek peraturan/hukum diperlukan sebagai kekuatan dan dasar hukum dalam pengelolaan persampahan, seperti pembentukan organisasi, pemungutan retribusi, ketertiban masyarakat. Menurut Damanhuri (2004), peraturan yang diperlukan dalam pelaksanaan sistem pengelolaan sampah di perkotaan antara lain mengatur tentang:

- a. ketertiban umum yang terkait dengan penanganan sampah,
- b. rencana induk pengelolaan sampah kota,
- c. bentuk lembaga dan organisasi pengelola,
- d. tata cara penyelenggaraan pengelolaan,
- e. besaran tarif jasa pelayanan atau retribusi.
- f. kerjasama dengan berbagai pihak terkait, diantaranya kerjasama antar daerah atau kerjasama dengan pihak swasta.

Salah satu penyebab dari kurang berhasilnya suatu penanganan sampah kota adalah tidak adanya hukum yang secara tegas mengatur pengelolaan sampah. Sebenarnya Pemda DKI Jakarta telah mengeluarkan beberapa peraturan yang berkenaan dengan penanganan kebersihan di ibu kota. Setelah tahun 1988, beberapa peraturan telah dikeluarkan oleh Pemda DKI Jakarta terkait dengan kebersihan, antara lain:

1. Peraturan Daerah Khusus Ibukota Jakarta No. 5 Tahun 1988 tentang Kebersihan Lingkungan dalam wilayah DKI Jakarta;
2. Keputusan Gubernur DKI Jakarta No.1281 tentang Pola Penanggulangan Kebersihan Lingkungan di DKI Jakarta;
3. Keputusan Gubernur DKI Jakarta No.1687 Tahun 1994 tentang Petunjuk Teknis Pemungutan Retribusi Kebersihan di wilayah DKI Jakarta;
4. Peraturan Daerah Khusus Ibukota Jakarta No.3 Tahun 1999 tentang Retribusi Daerah;
5. Keputusan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No.17 Tahun 2000 tentang Petunjuk Teknis Pemungutan Kebersihan Lingkungan di Provinsi DKI Jakarta;
6. Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta No.1 Tahun 2001 tentang Perubahan Atas Ketentuan Pidana Dalam Peraturan Daerah yang Dikeluarkan Sebelum Berlakunya Undang-undang No.22 Tahun 1999.

Dalam peraturan dan perkembangan hukum yang terdapat di dalamnya sesungguhnya telah mengandung sanksi hukum bagi yang membuang sampah sembarangan. Dalam Perda No.5 Tahun 1988 tentang Kebersihan Lingkungan Dalam Wilayah DKI Jakarta tercantum sanksi denda dengan uang sebesar Rp.50.000,- (lima puluh ribu rupiah) atau kurungan selama-lamanya tiga bulan. Namun dalam Perda No.1 Tahun 2001 tentang Perubahan Atas Ketentuan Pidana Dalam Perda yang dikeluarkan sebelum berlakunya Undang-undang No.22 Tahun 1999 tercantum Rp.5.000.000,- (lima juta rupiah atau kurungan selama-lamanya enam bulan).

Tabel 4.20. Penanganan Sampah oleh Pihak Swasta di Kotamadya Jakarta Barat

No.	Nama Perusahaan	Wilayah Kelurahan Kecamatan	Sarana Angkutan		Jumlah Personil (orang)	Volume sampah terangkut/hari		Luas Penyapuan (m ²)
			Truk Sampah (unit)	Mobil bak terbuka (Kijang) (unit)		Door to door (m ³)	TPS (m ³)	
1.	PT. Samhana Indah	Kel. Jelambar, Kec. Grogol Petamburan	9	3	247	148	147	334.304
2.	PT. Samhana Indah	Kel. Mangga Besar, Kec. Taman Sari	8	-	106	119	117	167.160
3.	PT. Samhana Indah	Kel. Jembatan Besi, Kec. Tambora	9	-	86	29	251	68.066
4.	PT. Pragmakarti Utama	Kel. Angke, Kec. Tambora	5	-	147	67	160	160.101
5.	PT. Budi Lestari Anggun	Kel. Roa Malaka, Kec. Tambora	4	-	98	74	50	115.050
Total			35	3	684	437	725	824.681

Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2007)

Perubahan sanksi hukum di atas sesungguhnya dapat memberikan efek jera bagi yang membuang sampah sembarangan. Namun jika tidak ada atau kurang dalam penerapannya, maka budaya bersih bagi masyarakat sulit tercapai. Selain itu, peraturan daerah yang ada sebagian besar hanya mengatur masalah retribusi sampah dan belum mengatur peran antara pembuat perencanaan (regulator), pelaksana (operator) dan pengawas.

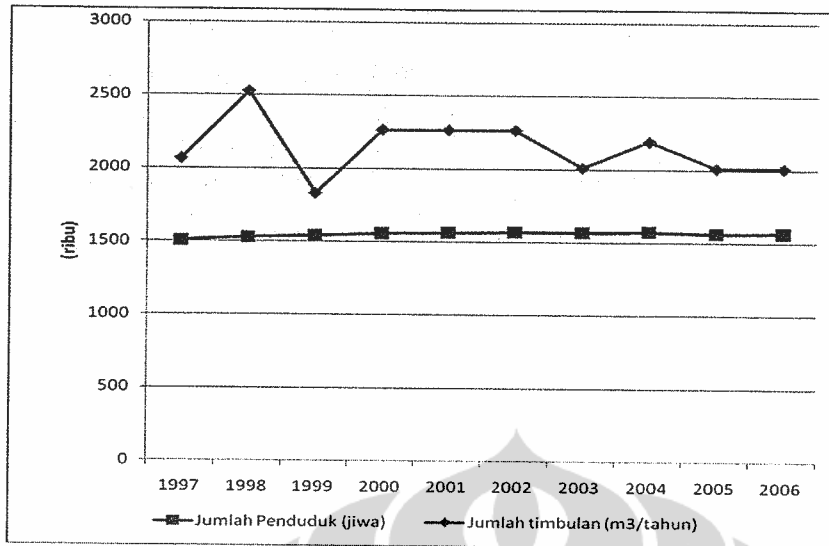
Dengan adanya Undang-undang No.18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, diharapkan kepastian hukum dalam pengelolaan sampah dapat terwujud, sehingga pengelolaan sampah dapat berjalan secara proporsional, efektif dan efisien.

4.3. Komponen Karakteristik Kota Jakarta Barat Terkait dengan Timbulan dan Komposisi Sampah

Berdasarkan pendekatan geografis-demografis, kota adalah tempat pemusatan penduduk, sedangkan dari pendekatan ekonomis, kota merupakan pusat pertemuan lalu lintas ekonomi, perdagangan dan kegiatan industri. Kondisi lingkungan fisik maupun sosial ekonomi setiap kota memiliki karakter yang berbeda, dan akan mencerminkan jumlah timbulan dan komposisi sampahnya. Data mengenai jumlah timbulan dan komposisi sampah sangat diperlukan sebagai langkah awal untuk dapat memahami dan mengelola sampah kota secara efektif.

4.3.1. Hubungan jumlah dan kepadatan penduduk dengan timbulan sampah

Tingkat pertumbuhan dan jumlah penduduk di perkotaan berhubungan langsung dengan konsentrasi spasial penduduk, industri perdagangan, konsumsi energi, konsumsi air bersih, jumlah timbulan sampah yang dihasilkan dan masalah lingkungan lainnya. Jumlah timbulan sampah di Jakarta Barat pada tahun 2006 sebesar 5.500 m³ per hari yang berasal dari delapan kecamatan (Sudin Kebersihan Jakarta Barat, 2007). Gambaran jumlah penduduk dan timbulan sampah Jakarta Barat dalam sepuluh tahun (1997-2006) dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18. Perkembangan Jumlah Penduduk dan Timbulan Sampah Jakarta Barat Tahun 1997 hingga 2006

Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2007)

Hasil uji korelasi antara jumlah dan kepadatan penduduk dengan timbulan sampah memberikan hasil yang berbeda untuk tingkat kota dan tingkat kecamatan. Pada tingkat kota, hasil uji korelasi antara jumlah penduduk dengan jumlah timbulan sampah dalam rentang waktu tahun 1997 hingga 2006 memperlihatkan bahwa hubungan antara kedua variabel tersebut sangat lemah dengan nilai r (koefisien korelasi) sebesar 0,084. Sedangkan antara komponen kepadatan penduduk kota dengan timbulan sampah memperlihatkan derajat hubungan yang cukup erat, dengan nilai r sebesar 0,524.

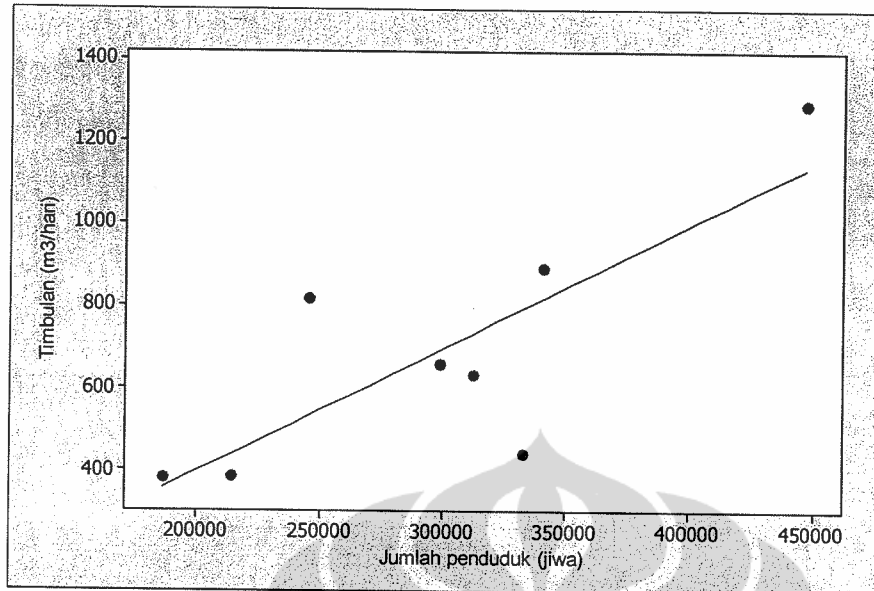
Jumlah dan kepadatan penduduk pada tingkat kecamatan untuk wilayah Jakarta Barat dapat dilihat pada Tabel 4.21. Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa Kecamatan Tambora memiliki tingkat kepadatan penduduk tertinggi, yaitu 49.141 jiwa per km², sedangkan Kecamatan Kembangan memiliki tingkat kepadatan penduduk terendah, yaitu 5.833 jiwa per km². Demikian pula halnya dengan jumlah timbulan sampah, Kecamatan Tambora memiliki jumlah timbulan sampah tertinggi, yaitu sebesar 1.294 m³ per hari, sedangkan Kecamatan Kembangan memiliki jumlah timbulan sampah terendah, yaitu sebesar 380 m³ per hari.

Tabel 4.21. Jumlah Penduduk, Kepadatan Penduduk dan Timbulan Sampah per hari di Jakarta Barat Tahun 2006

No	Kecamatan	Jumlah penduduk (jiwa)	Kepadatan penduduk (jiwa/km ²)	Timbulan sampah (m ³ /hari)
1.	Kembangan	141.095	5.833	380
2.	Kebon Jeruk	200.236	11.174	658
3.	Palmerah	190.060	25.174	633
4.	Grogol Petamburan	218.204	19.310	892
5.	Tambora	265.851	49.141	1.294
6.	Taman Sari	154.491	35.679	818
7.	Cengkareng	229.601	7.628	440
8.	Kalideres	166.409	6.076	385
	Jakarta Barat	1.565.947	12.215	5.500
	Tahun 2005	1.563.563	12.197	5.500
	Tahun 2004	1.573.619	12.276	6.000

Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2007)

Jika diamati antar kecamatan, dapat dilihat bahwa kecamatan dengan jumlah penduduk yang tinggi memiliki jumlah timbulan sampah yang tinggi pula, demikian pula dengan kepadatan penduduk. Hasil uji korelasi untuk melihat hubungan antara jumlah penduduk dan kepadatan penduduk kota Jakarta Barat dengan jumlah timbulan sampah pada tingkat kecamatan, memperlihatkan hubungan yang erat, dengan koefisien korelasi sebesar 0,792 untuk jumlah penduduk dengan timbulan sampah dan 0,865 untuk korelasi antara kepadatan penduduk dengan jumlah timbulan sampah. Gambar 4.19 memperlihatkan hubungan antara jumlah penduduk dan jumlah timbulan sampah pada tingkat kecamatan, dengan persamaan $Y = -203,4 + 0,002998X$, dimana Y adalah jumlah timbulan sampah dan X adalah jumlah penduduk.



Gambar 4.19. Grafik Hubungan antara Jumlah Penduduk dan Timbulan Sampah pada Tingkat Kecamatan

4.3.2. Hubungan peruntukan lahan dengan komposisi sampah

Sumber sampah atau tempat-tempat penghasil sampah pada umumnya berkaitan dengan peruntukan lahan, seperti daerah permukiman, perkantoran, kawasan komersial dan lain-lain. Peruntukan lahan dapat mencerminkan jenis atau komposisi sampah, seperti:

- a. Daerah permukiman, jenis sampah yang dominan umumnya berupa sampah organik.
- b. Daerah perkantoran, jenis sampah yang dominan umumnya berupa *combustible rubbish*, yaitu sampah yang dapat terbakar.
- c. Pasar, umumnya jenis sampah yang dominan berupa sampah organik.
- d. Industri, jenis sampah sesuai dengan jenis industrinya.

Tabel 4.22. Persentase Sumber Timbulan Sampah Jakarta Barat Tahun 2006

No.	Sumber Sampah	Timbulan sampah (m ³ /hari)	Persentase (%)
1.	Pemukiman	3.708	67,71
2.	Perkantoran	322	7,74
3.	Pasar dan pertokoan	221	4,15
4.	Pedagang kaki lima	179	2,35
5.	Industri	534	8,41
6.	Rumah Sakit	60	1,12
7.	Taman Hiburan	93	1,91
8.	Lain-lain	383	6,61
	Total	5.500	100,00

Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2007)

Sumber sampah terbesar di wilayah Jakarta Barat berasal dari permukiman, yaitu sebesar 67,71 persen, sedangkan yang terkecil berasal dari rumah sakit, yaitu sebesar 1,12 persen. Sumber sampah non permukiman, sebagian besar berasal dari industri (8,41 persen), perkantoran (7,74 persen) dan lain-lain (6,61 persen).

Tabel 4.23. Persentase Peruntukan Lahan di Jakarta Barat Menurut Kecamatan Tahun 2006

Kecamatan	Persentase Peruntukan Lahan (%)						
	Permu- kiman	Industri	Perkan- toran	Taman	Perda- gangan	Perta- nian	Lainnya
Cengkareng	64,32	12,18	14,97	1,44	-	0,64	6,46
Grogol Petamburan	78,57	0,52	13,84	2,86	4,21	-	-
Kebon Jeruk	79,89	0,46	5,82	2,83	-	0,96	10,03
Taman Sari	65,40	0,05	16,06	0,06	-	-	18,43
Tambora	78,04	5,71	11,84	0,28	-	-	4,14
Kalideres	63,37	10,13	3,79	1,19	-	-	21,53
Palmerah	78,10	1,89	7,56	0,52	-	-	11,94
Kembangan	68,07	0,39	11,46	2,31	-	7,84	9,98
Jakarta Barat	69,68	5,56	10,00	1,72	0,38	1,76	10,90

Sumber: BPS Kotamadya Jakarta Barat (2007)

Berdasarkan Tabel 4.23 dapat diketahui bahwa persentase peruntukan lahan permukiman pada setiap kecamatan di Jakarta Barat berkisar antara 63,37 persen (Kecamatan Kalideres) hingga 79,89 persen (Kecamatan Kebon Jeruk). Peruntukan lahan industri di wilayah Jakarta Barat, persentase terbesar berada pada Kecamatan Cengkareng yaitu sebesar 12,18 persen, sedangkan persentase terkecil berada pada Kecamatan Taman Sari yaitu 0,05 persen. Jumlah dan skala industri di wilayah Jakarta Barat menurut kecamatan dapat dilihat pada Tabel 4.24. Peruntukan lahan perkantoran yang terbesar berada di Kecamatan Taman Sari dengan persentase sebesar 16,06 persen, sedangkan persentase terkecil berada di Kecamatan Kalideres yaitu sebesar 3,79 persen.

Tabel 4.24. Jumlah dan Skala Industri di Jakarta Barat Menurut Kecamatan Tahun 2006

Kecamatan	Jumlah dan Skala Industri	
	Industri besar	Industri sedang
Cengkareng	36	126
Grogol Petamburan	2	12
Kebon Jeruk	4	197
Taman Sari	2	19
Tambora	1	51
Kalideres	72	156
Palmerah	1	8
Kembangan	0	9
Jakarta Barat	118	578

Sumber: BPS Kotamadya Jakarta Barat (2007)

Berdasarkan Tabel 4.24 diketahui bahwa Kecamatan Kalideres dan Kecamatan Cengkareng memiliki jumlah industri besar yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Hal ini sesuai dengan peruntukan lahan untuk kedua wilayah tersebut, yaitu persentase peruntukan lahan industri untuk Kecamatan Kalideres dan Kecamatan Cengkareng juga lebih tinggi dibandingkan dengan kecamatan lainnya.

Tabel 4.25. Komponen Sampah berdasarkan Sumber Sampah

Sumber		Komponen sampah
Permukiman	Rumah tangga dengan keluarga tunggal dan multi	Sisa makanan, karton, plastik, tekstil, kulit, sampah taman, kayu, kaca, logam, abu, sampah khusus (sampah <i>bulky</i> , elektronik, baterai, oli, ban) dan sampah B3 rumah tangga
Industri	Industri ringan dan berat, pabrik, tempat konstruksi, pembangkit, pabrik kimia	Sampah rumah tangga, kemasan, sisa makanan, material konstruksi/puing, sampah B3, abu, sampah khusus
Komersial	Pertokoan, hotel, rumah makan, pasar, perkantoran, dan lain-lain	Kertas, karton, plastik, kayu, sisa makanan, kaca, logam, sampah khusus, sampah B3
Institusi	Sekolah, rumah sakit, penjara, pusat pemerintahan	Sama seperti sumber komersial, sampah spesifik (dari rumah sakit)
Konstruksi dan pemugaran	Lokasi konstruksi baru, perbaikan jalan, lokasi renovasi, pemugaran gedung	Kayu, besi, beton, puing/tanah
Pelayanan kota	Penyapuan jalan, taman, area rekreasi, tempat pengolahan air bersih dan air limbah	Sampah jalan, dahan/ranting pohon, daun-daunan, lumpur
Kegiatan pengolahan	Pabrikasi ringan dan berat, penyulingan, pabrik kimia, pembangkit, ekstraksi dan proses penambangan	Sampah proses industri, material sisa, lumpur tambang

Sumber: Urban Development Sector Unit, East Asia and Pacific Region (1999)

Menurut Urban Development Sector Unit, East Asia and Pacific Region (1999), komponen sampah berdasarkan sumber sampah dapat dilihat pada Tabel 4.25. Terkait dengan komposisi sampah, maka dapat diduga bahwa Kecamatan Cengkareng dan Kecamatan Kalideres merupakan kecamatan dengan persentase jenis sampah anorganik yang cukup dominan, dan sebagian besar berasal dari industri. Untuk komposisi sampah yang berasal dari perkantoran, seperti kertas dan karton sebagian besar berasal Kecamatan Taman Sari, Kecamatan Cengkareng dan Kecamatan Grogol Petamburan.

4.3.3. Hubungan kondisi sosial-ekonomi dengan jumlah dan komposisi sampah

Kondisi perekonomian wilayah Jakarta Barat dapat ditunjukkan dari angka Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Produk Domestik Regional Bruto per kapita atas dasar harga konstan merupakan nilai tambah nyata per kapita. Perkembangan PDRB per kapita atas dasar harga konstan tahun 2000 selama kurun waktu tahun 2001-2003 berfluktuasi, namun dalam kurun waktu 2003-2006 menunjukkan peningkatan. Pada tahun 2003, PDRB per kapita Jakarta Barat sebesar 25.172.000 rupiah, kemudian meningkat dari tahun ke tahun, yaitu pada tahun 2004 sebesar 26.474.000 rupiah, tahun 2005 sebesar 28.259.000 rupiah, dan tahun 2006 sebesar 29.885.000 rupiah. Tabel 4.26 memperlihatkan perkembangan PDRB per kapita untuk wilayah Jakarta Barat dari tahun 2001 hingga tahun 2006.

Tabel 4.26. Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Jakarta Barat Tahun 2001-2006 Atas Dasar Harga Konstan Tahun 2000

Tahun	PDRB (juta rupiah)	PDRB/kapita/tahun (rupiah)	Laju timbulan sampah (m ³ /orang/tahun)
2001	36.311.858	23.211.000	1,45
2002	41.332.943	26.339.000	1,44
2003	39.496.183	25.172.000	1,28
2004	41.659.236	26.474.000	1,39
2005	44.184.036	28.259.000	1,28
2006	46.798.828	29.885.000	1,28

Sumber: BPS Jakarta Barat (2007)

Terkait dengan kondisi sosial-ekonomi masyarakat, perkembangan jumlah penduduk miskin di wilayah Jakarta Barat menurut data BPS Kotamadya Jakarta Barat (2007) dapat dilihat pada Tabel 4.27 berikut ini.

Tabel 4.27. Perkembangan Jumlah Penduduk Miskin di Jakarta Barat Tahun 2002-2006

Tahun	Jumlah penduduk miskin		Jumlah timbunan sampah (m ³ /tahun)
	(jiwa)	(%)	
2002	59.794	3,81	2.263.730
2003	59.159	3,77	2.007.500
2004	62.600	3,98	2.190.000
2005	89.500	5,72	2.007.500
2006	57.400	3,67	2.007.500

Sumber: BPS Kotamadya Jakarta Barat (2007)

Berdasarkan Tabel 4.27 dapat diketahui bahwa jumlah penduduk miskin di Jakarta Barat dalam rentang waktu 2002 hingga 2006 berfluktuasi dalam kisaran 3-4 persen dari total jumlah penduduk, namun pada tahun 2005 terlihat peningkatan jumlah penduduk miskin hingga 5,72 persen. Jika dikaitkan dengan jumlah timbunan sampah dapat dilihat bahwa meningkat atau menurunnya jumlah penduduk miskin tersebut tidak berpengaruh terhadap jumlah timbunan sampah.

Untuk mendapatkan gambaran mengenai hubungan antara kondisi sosial-ekonomi masyarakat suatu kota yang dalam hal ini dilihat dari produk domestik regional bruto (PDRB) per kapita dengan jumlah timbunan sampah, maka dilakukan uji korelasi antara kedua variabel tersebut dengan data dari beberapa kota di Indonesia, seperti terlihat pada Lampiran. Hasil uji korelasi memperlihatkan bahwa secara statistik terdapat hubungan antara kondisi sosial-ekonomi masyarakat dengan jumlah timbunan sampah. Namun demikian, berdasarkan nilai r (koefisien korelasi) yang diperoleh yaitu sebesar 0,487 dapat dikatakan bahwa hubungan tersebut tidak terlalu erat, dengan persamaan: $Y = 1.447 + 39,85X$, dimana Y adalah jumlah timbunan sampah dan X adalah PDRB per kapita.

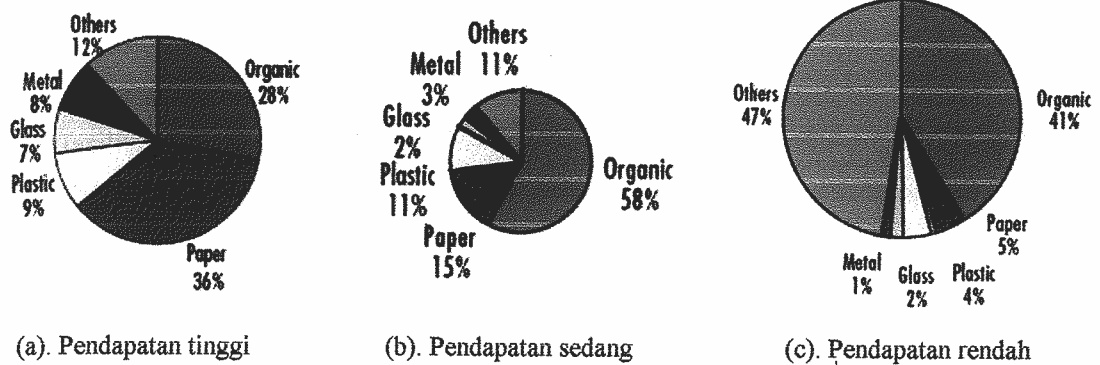
Laju timbunan sampah bergantung pada kondisi sosial-ekonomi masyarakat. Kota dengan tingkat pendapatan per kapita rendah memiliki laju timbunan sampah yang lebih sedikit dibandingkan dengan kota yang tingkat pendapatan per kapitanya lebih tinggi. Menurut den Boer (2005), dalam perbandingan area ekonomi, hasil

studi pada kota-kota di Eropa memperlihatkan bahwa pada tahun 2000 sebagian besar kota-kota yang termasuk dalam European Union-15 (EU-15) memiliki laju timbulan sampah (510 kg/kapita/tahun) yang lebih tinggi dibandingkan dengan kota-kota yang termasuk dalam negara Central and Eastern European (354 kg/kapita/tahun).

Hasil penelitian terhadap beberapa negara di Asia memperlihatkan bahwa negara dengan tingkat pendapatan rendah (GNP kurang dari US \$400) memiliki laju timbulan sampah 0,40 sampai 0,90 kg/kapita/hari. Kenaikan tingkat GNP diikuti dengan kenaikan laju timbulan sampah. Negara dengan tingkat pendapatan sedang memiliki laju timbulan sampah 0,50 sampai 1,10 kg/kapita/hari, sedangkan negara dengan tingkat pendapatan tinggi memperlihatkan laju timbulan sampah yang tinggi pula, yaitu antara 1,10 sampai 5,07 kg/kapita/hari (Urban Development Sector Unit, 1999).

Untuk wilayah Jakarta Barat keterkaitan antara kondisi sosial ekonomi masyarakat dengan laju timbulan sampah memperlihatkan bahwa di tahun 2003 dan 2004 peningkatan PDRB/kapita/tahun diikuti dengan peningkatan laju timbulan sampah/kapita/tahun. Sedangkan untuk tahun-tahun yang lainnya, peningkatan PDRB/kapita/tahun belum mencerminkan adanya peningkatan laju timbulan sampah/kapita/tahun.

Dalam hubungan antara kondisi sosial ekonomi masyarakat dengan komposisi sampah, hasil penelitian *Urban Development Sector Unit* (1999) memperlihatkan bahwa negara dengan tingkat pendapatan tinggi memiliki persentase sampah organik terendah. Gambar 4.20 memperlihatkan komposisi sampah berdasarkan tingkat pendapatan.



Gambar 4.20. Komposisi Sampah berdasarkan Tingkat Pendapatan
 Sumber: Urban Development Sector Unit, East Asia and Pacific Region (1999)

Komposisi sampah merupakan persentase komponen sampah, yaitu jumlah (dalam persen berat atau volume) dari komponen atau fraksi material sampah, seperti persentase bahan organik, kertas, plastik, kain, kayu, kulit, kaca, kaleng, logam, serta komponen lainnya. Informasi mengenai komposisi sampah diperlukan dalam pemilihan peralatan operasional dan fasilitas pengolahan sampah, menentukan kelayakan sumberdaya dan energi yang dapat dimanfaatkan kembali dari sampah, serta analisis dan desain fasilitas pembuangan akhir. Pada negara dengan tingkat pendapatan sedang dan rendah, jenis sampah organik merupakan bagian terbesar dari sampah perkotaan, yang umumnya berasal dari rumah tangga dan aktivitas lingkungan permukiman.

Komposisi sampah Jakarta Barat pada tahun 2006 dengan PDRB/kapita/tahun sebesar 29.885.000 rupiah/kapita/tahun dapat dilihat pada Tabel 4.28. Berdasarkan Tabel 4.28 tersebut dapat diketahui bahwa komposisi sampah Jakarta Barat secara umum terdiri dari sampah organik sebesar 65,42 persen dan sampah anorganik sebesar 34,58 persen, yang didominasi oleh komponen plastik (10,39 persen) dan kertas (8,30 persen).

Tabel 4.28. Komposisi Sampah Jakarta Barat

No.	Komposisi	Persentase (%)
1.	Organik	65,42
2.	Kertas	8,30
3.	Plastik	10,39
4.	Kain/tekstil	4,14
5.	Karet/kulit	2,28
6.	Logam/metal	2,07
7.	Gelas/Kaca	1,73
8.	Lain-lain	5,67
	Total	100.00

Sumber: Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2007)

Dalam pengolahan dan pemanfaatan sampah, sampah organik dapat diolah menjadi pupuk kompos, sedangkan sampah anorganik dapat didaur ulang, dan atau digunakan kembali, sehingga dapat meminimalkan jumlah timbulan sampah di TPA (Tempat Pembuangan Akhir).

4.4. Pengembangan Model Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota (Wilayah Studi Jakarta Barat)

Pengembangan model optimasi sistem pengolahan sampah kota dalam penelitian ini diawali dengan penyusunan alternatif kombinasi teknologi pengolahan yang diwujudkan dalam beberapa skenario sistem pengolahan sampah kota. Tahap selanjutnya adalah merumuskan model matematis yang dapat digunakan untuk memprediksi dampak lingkungan potensial yang ditimbulkan dari setiap skenario sistem pengolahan sampah. Prediksi nilai dampak tersebut diperlukan sebagai tahapan menuju penentuan skenario sistem pengolahan sampah yang optimal untuk wilayah studi di masa mendatang.

4.4.1. Asumsi dan batasan model

- a. Sistem pengolahan sampah kota dibatasi hanya pada kegiatan pengangkutan sampah dari tempat penampungan sementara (TPS) ke fasilitas pengolahan,

proses pengolahan sampah di fasilitas pengolahan terpadu, serta pengangkutan sampah dan/atau residu ke tempat penimbunan akhir.

- b. Kegiatan pemilahan sampah tidak dilakukan di sumber sampah, melainkan di fasilitas pengolahan sampah.
- c. Teknologi *landfilling* yang diterapkan dalam model adalah teknologi *reuseable landfill*, yaitu *landfill* yang dapat dipakai ulang setelah lahan penimbunan tersebut dibersihkan dan sisa sampahnya ditambang melalui proses *landfill mining*.
- d. Lahan yang digunakan untuk fasilitas pengolahan sampah adalah lahan yang direncanakan untuk fasilitas ITF (*Intermediate Treatment Facility*), terletak di Duri Kosambi, Kecamatan Cengkareng, Jakarta Barat.
- e. Lahan untuk fasilitas *landfill* adalah lahan yang direncanakan sebagai tempat penimbunan akhir sampah DKI Jakarta khususnya Jakarta Barat, yang terletak di Desa Ciangir, Kecamatan Legok, Kabupaten Tangerang. Lahan untuk fasilitas penimbunan tersebut dapat digunakan untuk menampung sampah dan/atau residu hasil pengolahan dalam rentang waktu 20 tahun.
- f. Dalam pengembangan model, diasumsikan bahwa teknologi pengolahan sampah yang diterapkan akan usang pada masa 20 tahun mendatang.

4.4.2. Penyusunan skenario sistem pengolahan sampah kota

Penyusunan berbagai skenario sistem pengolahan sampah kota dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah dan komposisi sampah Jakarta Barat serta pertimbangan aspek teknis lainnya, seperti ketersediaan teknologi dan efektivitas dalam mereduksi sampah. Komposisi sampah kota terdiri atas komponen utama material sampah, yaitu komponen sampah organik (sampah dapur dan sampah yang berasal dari halaman) dan sampah anorganik (kertas, plastik, gelas/kaca serta logam). Setiap komponen sampah tersebut secara potensial dapat diolah melalui beberapa elemen teknologi yang berbeda, seperti yang terlihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29. Material Sampah dan Kombinasi Teknologi Pengolahan

No.	Material	Daur Ulang	Pengomposan	Insinerasi/ Waste to Energy (WtE)	Penimbunan akhir
1.	Sampah organik		√	√	√
2.	Kertas	√	√	√	√
3.	Kaca	√		√	√
4.	Logam/besi	√		√	√
5.	Plastik	√		√	√
6.	Lain-lain			√	√

Gambar 4.21 hingga Gambar 4.25 memperlihatkan alternatif kombinasi teknologi pengolahan sampah yang dijabarkan dalam beberapa skenario. Skenario-skenario tersebut merefleksikan situasi dan alternatif pengembangan sistem pengolahan sampah yang dapat diterapkan untuk wilayah studi Jakarta Barat.

Skenario 1 sebagai skenario dasar yang menggambarkan sistem pengolahan sampah yang sama dengan kondisi sistem pengolahan sampah di Jakarta Barat saat ini, sedangkan skenario lainnya menggambarkan alternatif pengembangan sistem pengolahan sampah yang dapat diterapkan di wilayah studi hingga 10 tahun mendatang (tahun 2016). Untuk Skenario 2, selain disusun berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan sebelumnya, skenario tersebut juga disusun berdasarkan pertimbangan bahwa dalam Rencana Strategis Pengelolaan Sampah DKI Jakarta 2005-2015, di wilayah Jakarta Barat akan dibangun fasilitas pengolahan sampah (*Intermediate Treatment Facility*) skala besar dengan teknologi insinerasi tingkat tinggi berkapasitas 1.000 ton per hari oleh PT. Keppel Seghers (Dinas Kebersihan DKI Jakarta, 2005). Alternatif pengembangan skenario sistem pengolahan sampah kota lainnya seperti Skenario 3, 4 dan 5 disusun berdasarkan komponen material sampah serta teknologi yang dapat diterapkan.

Skenario 1: semua sampah ditimbun di tempat penimbunan akhir (*landfill*).



Gambar 4.21. Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat Saat Ini (Skenario 1)

Skenario 2: semua sampah dibakar dalam insinerator dengan pemulihan energi.



Gambar 4.22. Alternatif Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat (Skenario 2)

Skenario 3:

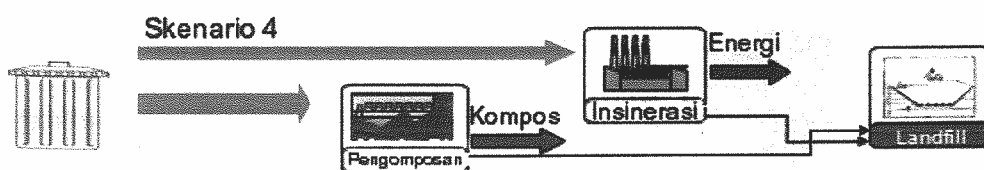
- ada pemilahan antara sampah organik dan anorganik;
- pengomposan sampah organik, penimbunan sampah anorganik dan residu sampah.



Gambar 4.23. Alternatif Sistem Pengelolaan Sampah Jakarta Barat (Skenario 3)

Skenario 4:

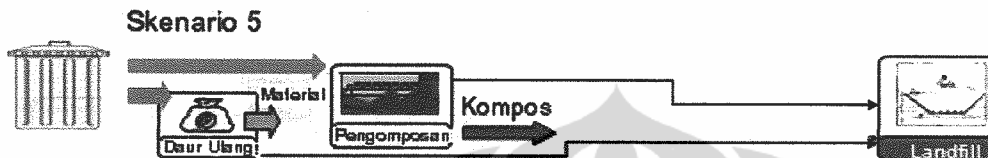
- ada pemilahan antara sampah organik dan anorganik;
- pengomposan sampah organik, insinerasi sampah anorganik dan penimbunan residu sampah.



Gambar 4.24. Alternatif Sistem Pengelolaan Sampah Jakarta Barat (Skenario 4)

Skenario 5:

- ada pemilahan antara sampah organik dan anorganik, serta sampah anorganik yang dapat didaur ulang;
- pengemasan sampah anorganik yang dapat didaur ulang, pengomposan sampah organik, serta penimbunan residu sampah.



Gambar 4.25. Alternatif Sistem Pengelolaan Sampah Jakarta Barat (Skenario 5)

4.4.3. Perumusan model perhitungan dampak lingkungan potensial

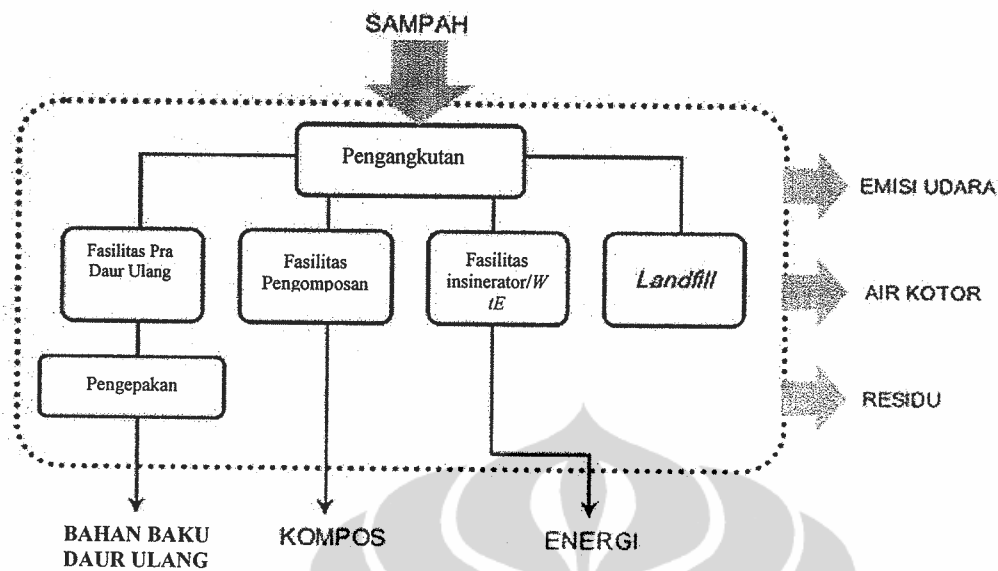
Berdasarkan data timbulan dan komposisi sampah Jakarta Barat yang terdistribusi pada unit-unit pengolahan sesuai dengan skenario yang telah disusun, serta melalui penilaian siklus hidup (*Life Cycle Assessment*), maka dapat dihitung nilai dampak potensial dari setiap skenario tersebut. Untuk mengetahui secara lebih rinci mengenai jumlah aliran material sampah ke dalam unit-unit pengolahan pada setiap skenario dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Siklus hidup sampah dimulai sejak suatu produk atau material dibuang ke dalam sistem aliran sampah dan berakhir pada saat material tersebut dikonversi menjadi produk lain, atau pada saat material sampah tersebut ditimbun di tempat penimbunan akhir (*landfill*). Tujuan dari analisis siklus hidup adalah memberikan suatu indikasi dampak lingkungan potensial dari sistem pengolahan sampah kota. Lingkup penilaian siklus hidup untuk sistem pengolahan sampah kota dapat dilihat pada Gambar 4.26.

nik
pah
5)
usi
rta
lai
jih
da
um
di
rat
an
a.
at

Tabel 4.30. Aliran Material Sampah pada Setiap Skenario

Sistem Pengolahan Sampah	Alternatif Pilihan Teknologi Pengolahan		Pilihan teknologi	Jenis sampah	Jumlah sampah (ton)															
					1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006						
SKENARIO 1	Pemilahan																			
	Pengomposan	Windrow																		
	Insinerasi	Non WtE																		
	Daur Ulang Landfill	WtE	✓		517,560	633,036	458,170	567,518	567,518	567,518	567,518	503,305	549,033	503,305	503,305	503,305				
SKENARIO 2	Pemilahan																			
	Pengomposan	Windrow																		
	Insinerasi	Non WtE			517,560	633,036	458,170	567,518	567,518	567,518	503,305	549,033	503,305	503,305	503,305					
	Daur Ulang Landfill	WtE	✓																	
SKENARIO 3	Pemilahan																			
	Pengomposan	Windrow	✓		337,640	412,980	298,900	370,230	370,230	370,230	370,230	328,180	358,180	328,180	328,180					
	Insinerasi	Non WtE																		
	Daur Ulang Landfill	WtE																		
SKENARIO 4	Pemilahan																			
	Pengomposan	Reusable	✓		179,920	220,056	159,270	197,288	197,288	197,288	197,288	175,125	190,853	175,125	175,125					
	Insinerasi	Windrow	✓		337,640	412,980	298,900	370,230	370,230	370,230	370,230	328,180	358,180	328,180	328,180					
	Daur Ulang Landfill	Non WtE																		
SKENARIO 5	Pemilahan																			
	Pengomposan	Reusable	✓		121,234	148,285	107,323	132,938	132,938	132,938	132,938	117,896	128,608	117,896	117,896					
	Insinerasi	Windrow	✓		58,686	71,771	51,947	64,350	64,350	64,350	64,350	57,229	62,245	57,229	57,229					
	Daur Ulang Landfill	Non WtE																		



Gambar 4.26. Lingkup Penilaian Siklus Hidup Sampah Dalam Sistem Pengolahan Sampah Kota

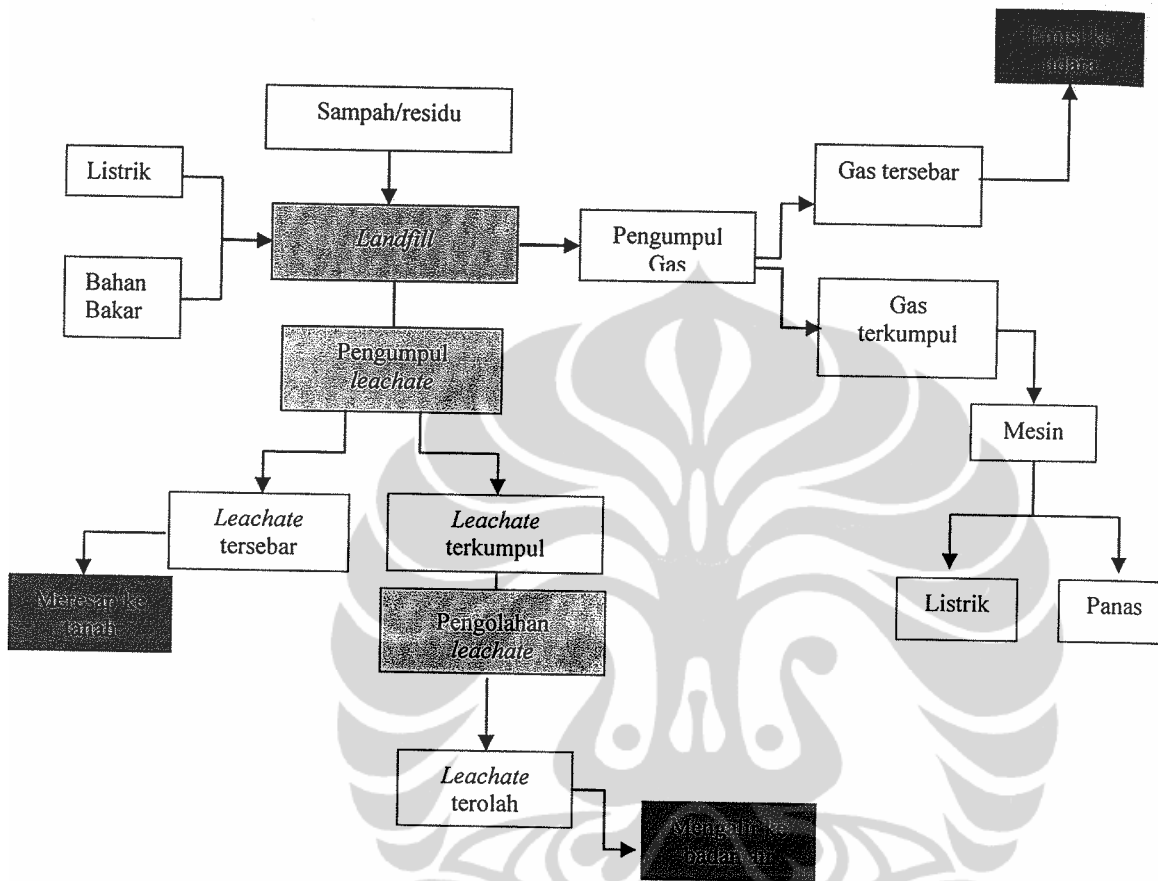
Dampak potensial merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan dalam menentukan skenario sistem pengolahan sampah yang akan dikembangkan atau diterapkan di suatu wilayah kota. Dampak potensial yang ditimbulkan tersebut tentunya terkait dengan tingkat pencemaran yang disebabkan oleh penerapan satu atau lebih teknologi dalam kegiatan pengolahan sampah kota. Kriteria dampak lingkungan potensial mencakup konservasi sumberdaya alam dan pengendalian pencemaran seperti terlihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31. Kriteria dan Indikator Dampak Lingkungan Potensial Sistem Pengolahan Sampah Kota

Kriteria	Indikator
a. Konservasi sumberdaya alam: Energi Total konsumsi energi	Penipisan sumberdaya alam
b. Pengendalian pencemaran: Emisi ke udara Gas rumah kaca: karbon dioksida (CO ₂), (CH ₄) Logam berat: timbal (Pb), kadmium (Cd), merkuri (Hg) <i>Trace organics</i> : dioxin	Potensi perubahan iklim Risiko kesehatan Risiko kesehatan
Emisi ke air Logam berat: timbal (Pb), kadmium (Cd), merkuri (Hg) <i>Trace organics</i> : dioxin	Risiko kesehatan, degradasi lingkungan Risiko kesehatan, degradasi lingkungan

Terkait perhitungan nilai dampak potensial dengan metode analisis siklus hidup, maka perlu diinventarisasi mengenai aliran material, energi, emisi, serta produk yang dihasilkan dari setiap skenario. Untuk keperluan inventarisasi tersebut maka gambaran mengenai *input* dan *output* dari setiap teknologi pengolahan sampah perlu diketahui. Gambar 4.27 memperlihatkan diagram alir kegiatan input-proses-output dari teknologi pengolahan sampah dengan penimbunan akhir (*landfilling*).

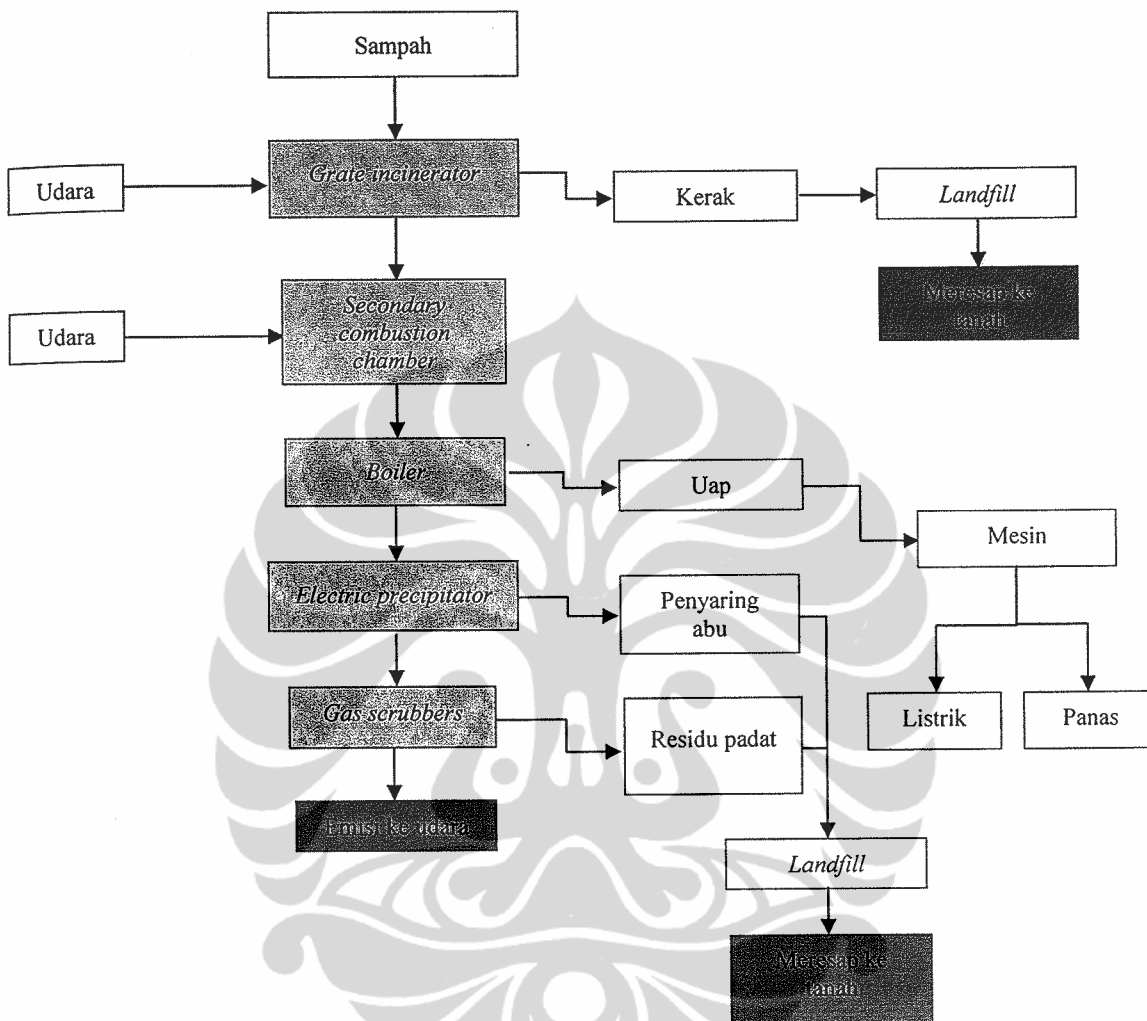
a. Lingkup *input-output* pengolahan sampah dengan teknologi penimbunan akhir (*Landfilling*)



Gambar 4.27. Lingkup *Input-Output* Pengolahan Sampah dengan Teknologi Penimbunan Akhir Sampah (*Landfilling*)

Tidak seperti emisi dari proses pengolahan sampah lainnya, emisi yang berasal dari kegiatan penimbunan akhir sampah umumnya terjadi dalam kurun waktu yang panjang.

b. Lingkup *input-output* pengolahan sampah dengan teknologi insinerasi



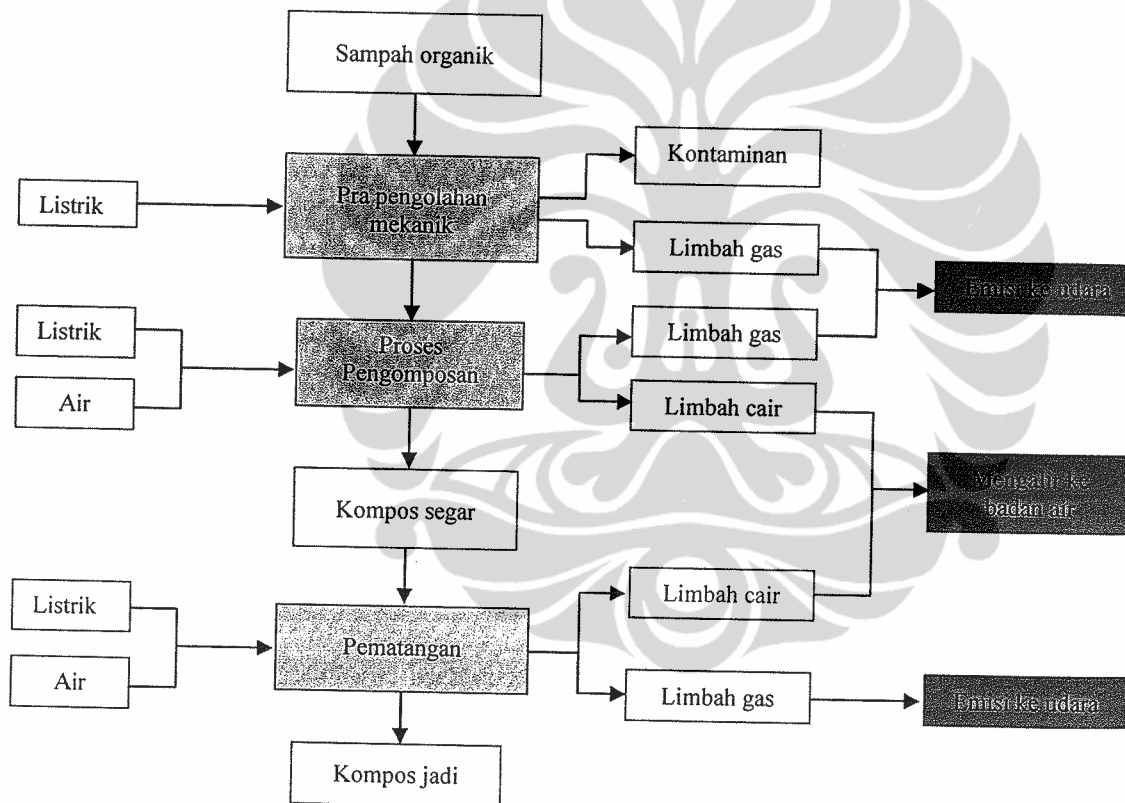
Gambar 4.28. Lingkup *Input-Output* Pengolahan Sampah dengan Teknologi Insinerasi

Batasan sistem dari proses insinerasi sampah dengan pemulihan energi yang dievaluasi di dalam penelitian ini dimulai dari sampah tersebut diangkat, hingga proses pemulihan energi melalui pembakaran dalam insinerator. Energi dan emisi yang terkait dengan produksi energi konvensional (bahan bakar fosil) yang secara potensial dapat digantikan oleh material dan energi terpulihkan juga diestimasi dan

dihitung sebagai emisi yang dapat dihindarkan. Gambar 4.28 memperlihatkan batasan sistem dari proses insinerasi sampah.

c. Lingkup *input-output* pengolahan sampah dengan teknologi pengomposan

Lingkup sistem pengomposan sampah dimulai dari sampah organik yang berada pada fasilitas pengolahan hingga tahap produksi kompos. Gambar 4.29 di bawah ini merupakan lingkup kegiatan pengomposan sampah yang dilakukan dalam kondisi aerobik.



Gambar 4.29. Lingkup *Input-Output* Pengolahan Sampah dengan Teknologi Pengomposan

d. L
Batas
lingk
yang
berak
dikiri
ulang
memj

Listrik

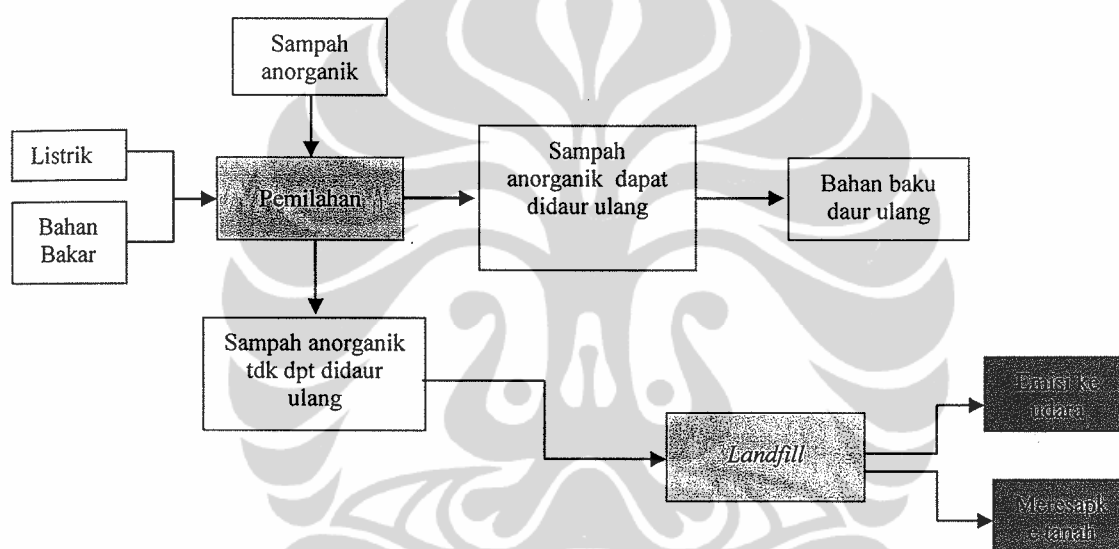
Bahan
Baku

Anali
jumlah
denga
akhir

Berde
outpu
4.27
penge

d. Lingkup *input-output* pengolahan pra daur ulang sampah

Batasan sistem dari proses daur ulang sampah yang digunakan dalam analisis aspek lingkungan hanya mencakup tahap persiapan untuk daur ulang atau pra daur ulang, yang dimulai dari material sampah anorganik berada pada fasilitas pemilahan, dan berakhir pada saat material sampah anorganik yang dapat didaur ulang siap untuk dikirim ke fasilitas daur ulang sampah dan sampah anorganik yang tidak dapat didaur ulang berada pada fasilitas penimbunan akhir atau *landfill*. Gambar 4.30 berikut ini memperlihatkan lingkup dari proses pra daur ulang sampah.



Gambar 4.30. Lingkup *Input-Output* Pra Daur Ulang Sampah

Analisis model perhitungan dampak lingkungan potensial bertujuan mengestimasi jumlah energi yang dikonsumsi serta jumlah emisi pencemar ke lingkungan terkait dengan kegiatan pengolahan sampah kota dengan alternatif teknologi penimbunan akhir (*landfilling*), insinerasi, pengomposan, dan pra daur ulang sampah anorganik.

Berdasarkan analisis terhadap variabel-variabel yang tercakup dalam lingkup *input-output* dari setiap teknologi pengolahan sampah seperti yang tercantum pada Gambar 4.27 hingga 4.30, serta terkait dengan kriteria penipisan sumberdaya alam dan pengendalian pencemaran lingkungan, maka dirumuskan model generik untuk

menilai dampak potensial dari setiap skenario sistem pengolahan sampah yang telah disusun.

Dengan menggunakan data timbulan dan komposisi sampah Jakarta Barat tahun 1997 hingga 2006, yang terdistribusi pada unit-unit pengolahan seperti pada Tabel 4.30 dan dengan bantuan perangkat lunak metode LCA, maka dapat diprediksi jumlah konsumsi energi serta jumlah pencemar yang timbul dari setiap skenario sistem pengolahan sampah kota. Nilai-nilai yang diperoleh dari hasil penghitungan dengan metode LCA tersebut selanjutnya dirumuskan sebagai persamaan matematis untuk perhitungan konsumsi energi, potensi pemanasan global, serta potensi toksik setelah melalui analisis regresi berganda.

4.4.3.1. Model perhitungan konsumsi energi

Perhitungan konsumsi energi dalam sistem pengolahan sampah kota pada setiap skenario meliputi jumlah kandungan energi dari bahan bakar yang digunakan untuk mengangkut sampah ke fasilitas pengolahan, mengolah sampah, serta mengangkut sampah dan/atau residu ke tempat penimbunan akhir. Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung total konsumsi energi pada setiap skenario sistem pengolahan sampah adalah sebagai berikut:

Skenario 1:

$$E_{Sc.1} = \left[\frac{d_L * \frac{X_L * c_i}{x}}{F_{eff}} \right] + [[(q_i * c_i) + (q_{elec} * 0.036)] * X_L] \quad (4.1)$$

dimana,

- $E_{Sc.1}$ total konsumsi energi sistem pengolahan sampah Skenario 1 (GJ)
- d_L jarak dari tempat penampungan sampah sementara ke fasilitas *landfill* (km)
- X_L jumlah sampah yang diangkut ke fasilitas *landfill* (ton)
- x kapasitas truk pengangkut (ton/truk)
- c_i kandungan panas bahan bakar jenis i (GJ/liter)
- F_{eff} efisiensi bahan bakar dari truk (liter/km)

- q_i jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi dalam proses *landfilling* (liter)
 q_{elec} jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses *landfilling* (kWh/ton)

Skenario 2:

$$E_{Sc.2} = \left[\frac{d_I * \frac{X_I * c_i}{x}}{F_{eff}} \right] + [[(q_{ii} * c_i) + (q_{ei} * 0.036)] * X_I] + \left[\frac{d_I * \frac{X_L * c_i}{x}}{F_{eff}} \right] + [[(q_{ii} * c_i) + (q_{ei} * 0.036)] * X_L] \quad (4.2)$$

dimana,

- $E_{Sc.2}$ total konsumsi energi sistem pengolahan sampah Skenario 2 (GJ)
 d_I jarak dari tempat penampungan sampah sementara ke fasilitas insinerator (km)
 X_I jumlah sampah yang diangkut ke fasilitas insinerator (ton)
 c_i kandungan panas bahan bakar jenis i (GJ/liter)
 x kapasitas truk pengangkut (ton/truk)
 F_{eff} efisiensi bahan bakar dari truk (liter/km)
 q_{ii} jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi dalam proses insinerasi (liter)
 X_L jumlah residu yang diangkut ke fasilitas *landfill* (ton)
 q_{ei} jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses insinerasi (kWh/ton)
 q_{il} jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi dalam proses *landfilling* (liter)
 q_{el} jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses *landfilling* (kWh/ton)

Skenario 3:

$$E_{Sc.3} = \left[\frac{d_{Tp} * \frac{X_{Tp} * c_i}{x}}{F_{eff}} \right] + [[(q_{ic} * c_i) + (q_{ec} * 0.036)] * X_C] + \left[\frac{d_{CL} * \frac{X_L * c_i}{x}}{F_{eff}} \right] + [[(q_{il} * c_i) + (q_{el} * 0.036)] * X_L] \quad (4.3)$$

dimana,

$E_{Sc.3}$	total konsumsi energi sistem pengolahan sampah Skenario 3 (GJ)
d_{TP}	jarak dari tempat penampungan sampah sementara ke fasilitas pengolahan (km)
X_{TP}	jumlah sampah yang diangkut ke fasilitas pengolahan (ton)
c_i	kandungan panas bahan bakar jenis i (GJ/liter)
F_{eff}	efisiensi bahan bakar dari truk (liter/km)
q_{is}	jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi dalam proses pemilahan sampah (liter)
q_{es}	jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses pemilahan (kWh/ton)
q_{ic}	jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi untuk proses pengomposan (liter)
q_{ec}	jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses pengomposan (kWh/ton)
d_{CL}	jarak dari fasilitas pengomposan ke fasilitas <i>landfill</i> (km)
X_L	jumlah sampah dan residu yang diangkut ke fasilitas <i>landfill</i> (ton)
q_{iL}	jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi untuk proses <i>landfilling</i> (liter)
q_{eL}	jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses <i>landfilling</i> (kWh/ton)

Skenario 4:

$$E_{Sc.4} = \left[\frac{d_{TP} * \frac{X_{TP} * c_i}{x}}{F_{eff}} \right] + [(q_{ic} * c_i) + (q_{ec} * 0.036)] * X_C + [(q_{ii} * c_i) + (q_{ei} * 0.036)] * X_I + \left[\frac{d_{CL} * \frac{X_L * c_i}{x}}{F_{eff}} \right] + [(q_{iL} * c_i) + (q_{eL} * 0.036)] * X_L \quad (4.4)$$

dimana,

$E_{Sc.4}$	total konsumsi energi dari sistem pengolahan sampah Skenario 4 (GJ)
d_{TP}	jarak dari tempat penampungan sampah sementara ke fasilitas pengolahan (km)

X_{TP}	jumlah sampah yang diangkut ke fasilitas pengolahan (ton)
c_i	kandungan panas bahan bakar jenis i (GJ/liter)
F_{eff}	efisiensi bahan bakar dari truk (liter/km)
q_{is}	jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi untuk proses pemilahan sampah (liter)
q_{es}	jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses pemilahan (kWh/ton)
q_{ic}	jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi untuk proses pengomposan (liter)
q_{ec}	jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses pengomposan (kWh/ton)
X_C	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)
q_{ii}	jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi dalam proses insinerasi (liter)
q_{ei}	jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses insinerasi (kWh/ton)
X_I	jumlah sampah yang diangkut ke fasilitas insinerator (ton)
X_L	jumlah residu sampah yang diangkut ke fasilitas <i>landfill</i> (ton)
q_{iL}	jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi untuk proses <i>landfilling</i> (liter)
q_{ec}	jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses <i>landfilling</i> (kWh/ton)

Skenario 5:

$$E_{Sc.5} = \left[\frac{d_{Tp} * \frac{X_{TP}}{x} * c_i}{F_{eff}} \right] + \left[\left[(q_{ic} * c_i) + (q_{ec} * 0.036) \right] * X_C \right] + \left[\left[(q_{is} * c_i) + (q_{es} * 0.036) \right] * X_{SA} \right] + \left[\frac{d_{CL} * \frac{X_L}{x} * c_i}{F_{eff}} \right] + \left[\left[(q_{iL} * c_i) + (q_{ei} * 0.036) \right] * X_L \right] \quad (4.5)$$

dimana,

$E_{Sc.5}$	total konsumsi energi sistem pengolahan sampah dengan Skenario 4 (GJ)
d_{TP}	jarak dari tempat penampungan sampah ke fasilitas pengolahan (km)
X_{TP}	jumlah sampah yang diangkut ke fasilitas pengolahan (ton)

C_i	kandungan panas bahan bakar jenis i (GJ/liter)
F_{eff}	efisiensi bahan bakar dari truk (liter/km)
q_{is}	jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi untuk proses pemilahan sampah (liter)
q_{es}	jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses pemilahan (kWh/ton)
q_{ic}	jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi untuk proses pengomposan (liter)
q_{ec}	jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses pengomposan (kWh/ton)
X_C	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)
q_{isa}	jumlah bahan bakar jenis i yang dikonsumsi dalam proses pemilahan sampah anorganik (liter)
q_{esa}	jumlah listrik yang dikonsumsi dalam proses pemilahan sampah anorganik (kWh/ton)
X_{SA}	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pemilahan sampah anorganik (ton)

Berdasarkan data timbulan dan komposisi sampah Jakarta Barat tahun 1997 hingga 2006 yang terdistribusi pada unit-unit pengolahan dari setiap skenario, dan dengan bantuan perangkat lunak metode LCA, maka dapat diketahui jumlah konsumsi energi untuk setiap skenario sistem pengolahan sampah. Dalam perhitungan tersebut diasumsikan bahwa bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar jenis solar dengan kandungan panas sebesar 38,68 MJ/liter. Rekapitulasi hasil penghitungan total konsumsi energi dari setiap skenario sistem pengolahan sampah tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32. Hasil Penghitungan Konsumsi Energi Sistem Pengolahan Sampah Kota Jakarta Barat Tahun 1997-2006

Tahun	Konsumsi Energi (GJ)				
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
1997	12,361	(2,644,381)	31,913	(1,697,642)	34,196
1998	14,912	(3,234,620)	38,621	(2,076,845)	41,414
1999	11,048	(2,340,846)	28,463	(1,502,633)	30,484
2000	13,465	(2,899,747)	34,815	(1,861,704)	37,319
2001	13,465	(2,899,747)	34,815	(1,861,704)	37,319
2002	13,465	(2,899,747)	34,815	(1,861,704)	37,319
2003	12,046	(2,571,548)	31,085	(1,650,849)	33,306
2004	13,056	(2,805,270)	33,741	(1,801,004)	36,164
2005	12,046	(2,571,548)	31,085	(1,650,849)	33,306
2006	12,046	(2,571,548)	31,085	(1,650,849)	33,306

Sumber: Hasil Penghitungan dengan Metode LCA (2008)

Berdasarkan data hasil penghitungan konsumsi energi tersebut yang didukung dengan metode analisis regresi berganda, maka disusun suatu model konsumsi energi untuk setiap skenario sistem pengolahan sampah kota yang dijabarkan dalam persamaan berikut:

$$E_{Sc.1} = 924,5 + 0,0221X_L \quad (4.6)$$

$$E_{Sc.2} = 957 - 1,49X_I - 27,2X_L \quad (4.7)$$

$$E_{Sc.3} = 1.849 - 0.615 * 10^{-3} X_C + 0,154X_L \quad (4.8)$$

$$E_{Sc.4} = 1.830 - 1,26X_C - 0,882X_I - 14,40X_L \quad (4.9)$$

$$E_{Sc.5} = 1.847 + 0,0019X_C + 0,258X_{SA} + 0,0054X_L \quad (4.10)$$

dimana,

$E_{Sc.1}$ total konsumsi energi untuk pengolahan sampah dengan Skenario 1 (GJ)

$E_{Sc.2}$ total konsumsi energi untuk pengolahan sampah dengan Skenario 2 (GJ)

$E_{Sc.3}$ total konsumsi energi untuk pengolahan sampah dengan Skenario 3 (GJ)

$E_{Sc.4}$ total konsumsi energi untuk pengolahan sampah dengan Skenario 4 (GJ)

$E_{Sc.5}$ total konsumsi energi untuk pengolahan sampah dengan Skenario 5 (GJ)

X_L	jumlah sampah yang diangkut ke fasilitas <i>landfill</i> (ton)
X_I	jumlah sampah yang diangkut ke fasilitas insinerator (ton)
X_C	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)
X_{SA}	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pra daur ulang sampah anorganik (ton)

4.4.3.2. Model perhitungan potensi pemanasan global

Kumpulan gas rumah kaca (GRK), terutama karbondioksida (CO_2), metan (CH_4), dan nitrooksida (N_2O) pada atmosfer menyebabkan naiknya suhu yang dikarenakan penyerapan radiasi gelombang panjang yang dipancarkan kembali oleh permukaan bumi dari gas-gas tersebut.

Peraturan resmi internasional telah menetapkan karbondioksida sebagai gas acuan untuk pengukuran potensi pemanasan global [*Global Warming Potential (GWP)*] dari beberapa gas rumah kaca. Potensi pemanasan global (GWP) dinyatakan sebagai kesetaraan atau padanan CO_2 (berhubungan dengan massa unit CO_2 dari GWP). Dengan demikian, rumus dasar untuk penghitungan estimasi potensi pemanasan global dari suatu sistem pengolahan sampah dijabarkan dalam Persamaan 4.11.

$$GWP = \sum_i GWP_i \times m_i \quad (4.11)$$

dimana,

GWP	potensi pemanasan global (CO_2 eq)
GWP_i	potensi pemanasan global dari substansi i (kg CO_2 eq)
m_i	massa substansi i yang dilepaskan (dalam kg)

Terkait dengan skenario sistem pengolahan yang telah disusun, termasuk kombinasi teknologi yang menyertainya, maka rumus dasar untuk perhitungan potensi pemanasan global dari setiap skenario sistem pengolahan sampah dijabarkan dalam persamaan berikut:

Skenario 1:

$$GWP_{Sc.1} = \left[\sum_i (k_i * X_L) * f_{lg_i} * f_{CO_2i} \right] + \left[\left[\sum_i (k_i * X_L) * f_{lg_i} * f_{CH_4i} \right] * GWP_{CH_4} \right] \quad (4.12)$$

dimana,

$GWP_{Sc.1}$ potensi pemanasan global sistem pengolahan sampah Skenario 1 (CO₂eq)

k_i persentase komponen sampah i (%)

X_L jumlah sampah yang masuk ke fasilitas *landfill* (ton)

f_{lg_i} faktor timbulan gas *landfill* komponen i dalam sampah (m³/ton)

f_{CO_2i} faktor emisi CO₂ komponen sampah i (kg/m³)

f_{CH_4i} faktor emisi CH₄ komponen sampah i (kg/m³)

GWP_{CH_4} potensi pemanasan global dari CH₄ (kg CO₂ eq)

Skenario 2:

$$GWP_{Sc.2} = \left[\sum_i [(k_i * X_I) * cf_i] * f_{CO_2} \right] + \left[\sum_i (k_i * X_L) * f_{lg_i} * f_{CO_2i} \right] + \left[\left[\sum_i (k_i * X_L) * f_{lg_i} * f_{CH_4i} \right] * GWP_{CH_4} \right] \quad (4.13)$$

dimana,

$GWP_{Sc.2}$ potensi pemanasan global dari sistem pengolahan sampah Skenario 2 (CO₂eq)

k_i persentase komponen i dalam sampah (%)

X_I jumlah sampah yang masuk ke insinerator (ton)

cf_i kandungan karbon fosil komponen sampah i (kg/ton)

X_L jumlah residu yang masuk ke fasilitas *landfill* (ton)

f_{lg_i} faktor timbulan gas *landfill* dari komponen sampah i (m³/ton)

f_{CO_2i} faktor emisi CO₂ dari komponen sampah i (kg/m³)

f_{CH_4i} faktor emisi CH_4 dari komponen sampah i (kg/m^3)

GWP_{CH_4} potensi pemanasan global dari CH_4 ($kg\ CO_2eq$)

Skenario 3:

$$GWP_{Sc.3} = \left[\sum_i (k_i * X_C) * f_{CO_2i} \right] + \left[\sum_i (k_i * X_L) * f_{lg_i} * f_{CO_2i} \right] + \left[\left[\sum_i (k_i * X_L) * f_{lg_i} * f_{CH_4i} \right] * GWP_{CH_4} \right] \quad (4.14)$$

dimana,

$GWP_{Sc.3}$ potensi pemanasan global sistem pengolahan sampah Skenario 3 (CO_2eq)

k_i persentase komponen i dari sampah (%)

X_C jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)

X_L jumlah sampah dan residu yang masuk ke fasilitas *landfill* (ton)

f_{lg_i} faktor timbulan gas *landfill* dari komponen sampah i (m^3/ton)

f_{CO_2i} faktor emisi CO_2 dari komponen sampah i (kg/m^3)

f_{CH_4i} faktor emisi CH_4 dari komponen sampah i (kg/m^3)

GWP_{CH_4} potensi pemanasan global dari CH_4 ($kg\ CO_2eq$)

Skenario 4:

$$GWP_{Sc.4} = \left[\sum_i (k_i * X_C) * f_{CO_2i} \right] + \left[\left[\sum_i (k_i * X_I) * cf_i \right] * f_{CO_2i} \right] + \left[\sum_i (k_i * X_L) * f_{lg_i} * f_{CO_2i} \right] + \left[\left[\sum_i (k_i * X_L) * f_{lg_i} * f_{CH_4i} \right] * GWP_{CH_4} \right] \quad (4.15)$$

dimana,

$GWP_{Sc.4}$ potensi pemanasan sistem pengolahan sampah Skenario 4 (CO_2eq)

k_i persentase komponen sampah i (%)

X_C jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)

X_I jumlah sampah yang masuk ke insinerator (ton)

cf_i kandungan karbon fosil dari komponen sampah i yang masuk ke insinerator (kg/ton)

- X_L jumlah residu yang masuk ke fasilitas *landfill* (ton)
 f_{lgi} faktor timbulan gas *landfill* dari komponen sampah i (m^3/ton)
 f_{CO_2i} faktor emisi CO_2 komponen sampah i (kg/m^3)
 f_{CH_4i} faktor emisi CH_4 komponen sampah i (kg/m^3)
 GWP_{CH_4} potensi pemanasan global dari CH_4 ($kg CO_2eq$)

Skenario 5:

$$\begin{aligned}
 GWP_{Sc.5} = & \left[\sum_i (k_i * X_C) * f_{CO_2i} \right] + \left[\sum_i (k_i * X_L) * f_{lgi} * f_{CO_2i} \right] + \\
 & \left[\left[\sum_i (k_i * X_L) * f_{lgi} * f_{CH_4i} \right] * GWP_{CH_4} \right]
 \end{aligned}
 \tag{4.16}$$

dimana,

- $GWP_{Sc.5}$ potensi pemanasan global sistem pengolahan sampah Skenario 5 ($CO_2 eq$)
 k_i persentase komponen i dalam sampah (%)
 X_C jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)
 X_L jumlah residu yang masuk ke fasilitas *landfill* (ton)
 f_{lgi} faktor timbulan gas *landfill* dari komponen i (m^3/ton)
 f_{CO_2i} faktor emisi CO_2 komponen sampah i (kg/m^3)
 f_{CH_4i} faktor emisi CH_4 komponen sampah i (kg/m^3)
 GWP_{CH_4} potensi pemanasan global dari CH_4 ($kg CO_2eq$)

Tabel 4.33. Hasil Penghitungan Potensi Pemanasan Global Sistem Pengolahan Sampah Kota Jakarta Barat 1997-2006

Tahun	Potensi Pemanasan Global (ton CO _{2eq})				
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
1997	937,150	310,656	327,684	244,720	304,552
1998	1,146,239	379,957	400,730	299,254	372,436
1999	829,625	275,017	290,303	216,859	269,826
2000	1,027,612	340,639	359,490	268,516	334,125
2001	1,027,612	340,639	359,490	268,516	334,125
2002	1,027,612	340,639	359,490	268,516	334,125
2003	911,350	302,105	318,715	238,035	296,220
2004	994,144	329,546	347,853	259,844	323,314
2005	911,350	302,105	318,715	238,035	296,220
2006	911,350	302,105	318,715	238,035	296,220

Sumber: Hasil Penghitungan dengan Metode LCA (2008)

Besarnya potensi pemanasan global untuk setiap skenario sistem pengolahan sampah kota dapat dilihat pada Tabel 4.33. Berdasarkan hasil penghitungan potensi pemanasan global tersebut yang didukung dengan metode analisis regresi berganda, maka disusun suatu model pemanasan global untuk setiap skenario sistem pengolahan sampah kota yang dijabarkan dalam persamaan berikut:

$$GWP_{Sc.1} = 58,6 + 1,81X_L \quad (4.17)$$

$$GWP_{Sc.2} = 62,6 + 0,194X_I + 3,05X_L \quad (4.18)$$

$$GWP_{Sc.3} = 698 + 1,09X_C - 0,20X_L \quad (4.19)$$

$$GWP_{Sc.4} = 1621 - 38,3X_C - 28,0X_I + 235X_L \quad (4.20)$$

$$GWP_{Sc.5} = 1320 - 35,9X_C + 119X_{SA} - 25,9X_L \quad (4.21)$$

dimana,

$GWP_{Sc.1}$ potensi pemanasan global sistem pengolahan sampah Skenario 1 (CO_{2eq})

$GWP_{Sc.2}$ potensi pemanasan global sistem pengolahan sampah Skenario 2 (CO_{2eq})

$GWP_{Sc.3}$ potensi pemanasan global sistem pengolahan sampah Skenario 3 (CO_{2eq})

$GWP_{Sc.4}$ potensi pemanasan global sistem pengolahan sampah Skenario 4 (CO_{2eq})

$GWP_{Sc.5}$ potensi pemanasan global sistem pengolahan sampah Skenario 5 (CO_{2eq})

X_L jumlah sampah yang masuk ke fasilitas *landfill* (ton)

X_I jumlah sampah yang masuk ke fasilitas insinerator (ton)

- X_C jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)
 X_{SA} jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pra daur ulang (ton)

4.4.3.3. Model perhitungan potensi toksik terhadap manusia

Zat toksik dapat teremisikan pada saat proses pengolahan sampah, sehingga dapat memberikan dampak negatif terhadap manusia dan lingkungan. Pengeluaran zat tersebut dapat berwujud gas, cair ataupun padat. Manusia dapat terpapar zat-zat tersebut melalui media udara, air, tanah atau makanan, sehingga menyebabkan masalah kesehatan. Zat-zat kimia tersebut juga dapat menimbulkan dampak *ecotoxicological* pada kehidupan air, darat dan ekosistem endapan serta dapat menurunkan tingkat keanekaragaman hayati. Beberapa metode tersedia untuk mengukur dampak *human and eco-toxicity* dari zat-zat tersebut. Dampak-dampak tersebut secara umum disebut sebagai *human toxicity potential (HTP)* dan *eco-toxicity potential (ETP)*, yang didasarkan atas dampak dari bahan kimia acuan terhadap manusia dan ekosistem. Sebagai contoh adalah penggunaan 1,4-dichlorobenzene sebagai bahan kimia acuan, dan dampaknya diukur berhubungan dengan padanan 1,4-dichlorobenzene (1,4-dichlorobenzene eq.).

Untuk memperkirakan potensi racun dari bahan kimia yang diemisikan ke lingkungan (udara dan air) dari suatu sistem pengolahan sampah, maka dirumuskan model generik mengenai potensi racun terhadap manusia dari sistem pengolahan sampah kota, yang dijabarkan dalam persamaan berikut:

$$HT_t = \sum_i \sum_{ecompt} m_{i,ecompt} \times HTP_{i,ecompt,t} \quad (4.22)$$

dimana,

- HT_t potensi toksik terhadap manusia
 $HTP_{i,ecompt,t}$ faktor karakterisasi toksik dari substansi i yang dipancarkan ke kompartemen lingkungan (udara dan air) dalam jangka waktu t
 m_i emisi substansi i ke lingkungan

Terkait dengan skenario sistem pengolahan yang telah disusun, maka rumus dasar untuk memprediksi potensi toksik dari setiap skenario sistem pengolahan sampah dijabarkan persamaan berikut:

Skenario 1:

$$HT_{Sc.1} = \sum_i \left[\sum_i (X_L * f_{gv}) * e_{i,a} \right] * HTP_{i,a} + \sum_i \left[\sum_i (f_{lv} * X_L) * e_{i,w} \right] * HTP_{i,w} \quad (4.23)$$

dimana,

$HT_{Sc.1}$ potensi toksik sistem pengolahan sampah kota Skenario 1 (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)

X_L jumlah sampah yang masuk ke fasilitas *landfill* (ton)

f_{gv} faktor timbulan gas (m³/ton)

f_{lv} faktor volume *leachate* (l/ton)

$e_{i,a}$ faktor emisi substansi i ke udara (kg atau g/m³)

$e_{i,w}$ faktor emisi substansi i ke air (kg atau g/l)

$HTP_{i,a}$ faktor potensi toksik substansi i yang diemisikan ke udara (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)

$HTP_{i,w}$ faktor potensi toksik substansi i yang diemisikan ke air (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)

Skenario 2:

$$HT_{Sc.2} = \sum_i \left[\sum_i (f_{gv} * X_I) * e_{i,a} \right] * HTP_{i,a} + \sum_i \left[\sum_i (f_{lg} * X_L) * e_{i,a} \right] * HTP_{i,a} + \sum_i \left[\sum_i (f_{lv} * X_L) * e_{i,w} \right] * HTP_{i,w} \quad (4.24)$$

dimana,

$HT_{Sc.2}$ potensi toksik sistem pengolahan sampah kota Skenario 2 (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)

f_{gv} faktor timbulan gas (m³/ton)

$e_{i,a}$ faktor emisi substansi i ke udara (kg atau g/m³)

X_I jumlah sampah yang masuk ke insinerator (ton)

Dasar
sampah

(4.23)

X_L	jumlah sampah dan residu yang masuk ke fasilitas <i>landfill</i> (ton)
f_{lv}	faktor volume <i>leachate</i> (l/ton)
$e_{i,a}$	faktor emisi substansi i ke udara (kg atau g/m ³)
$e_{i,w}$	faktor emisi substansi i ke air (kg atau g/l)
$HTP_{i,a}$	faktor potensi toksik substansi i yang diemisikan ke udara (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)
$HTP_{i,w}$	faktor potensi toksik substansi i yang diemisikan ke air (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)

Fig 1,4

Skenario 3:

$$HT_{Sc.3} = \sum_i \left[\sum_i (f_{gv} * X_C) * e_{i,a} \right] * HTP_{i,a} + \sum_i \left[\sum_i (f_{lv} * X_C) * e_{i,w} \right] * HTP_{i,w} + \sum_i \left[\sum_i (f_{gv} * X_L) * e_{i,a} \right] * HTP_{i,a} + \sum_i \left[\sum_i (f_{lv} * X_L) * e_{i,w} \right] * HTP_{i,w} \quad (4.25)$$

dimana,

$HT_{Sc.3}$	potensi toksik sistem pengolahan sampah kota Skenario 3 (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)
X_C	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)
X_L	jumlah sampah dan residu yang masuk ke fasilitas <i>landfill</i> (ton)
f_{gv}	faktor timbulan gas (m ³ /ton sampah)
f_{lv}	faktor volume <i>leachate</i> (l/ton)
$e_{i,a}$	faktor emisi substansi i ke udara (kg atau g/m ³)
$e_{i,w}$	faktor emisi substansi i ke air (kg atau g/l)
$HTP_{i,a}$	faktor potensi toksik substansi i yang diemisikan ke udara (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)
$HTP_{i,w}$	faktor potensi toksik substansi i yang diemisikan ke air (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)

.24)

1,4

Skenario 4:

$$\begin{aligned}
 HT_{Sc.4} = & \sum_i \left[\sum_i (f_{gv} * X_C) * e_{i,a} \right] * HTP_{i,a} + \sum_i \left[\sum_i (f_{lv} * X_C) * e_{i,w} \right] * HTP_{i,w} + \\
 & \sum_i \left[\sum_i (f_{ig} * X_I) * e_{i,a} \right] * HTP_{i,a} + \left[\sum_i (f_{gv} * X_L) * e_{i,a} \right] * HTP_{i,a} + \\
 & \sum_i \left[\sum_i (f_{lv} * X_L) * e_{i,w} \right] * HTP_{i,w}
 \end{aligned} \tag{4.26}$$

dimana,

$HT_{Sc.4}$ potensi toksik sistem pengolahan sampah kota Skenario 4 (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)

f_{gv} faktor timbulan gas (m³/ton sampah)

f_{lv} faktor volume *leachate* (l/ton)

X_I jumlah sampah yang masuk ke insinerator (ton)

X_C jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)

X_L jumlah sampah dan residu yang masuk ke fasilitas *landfill* (ton)

$e_{i,a}$ faktor emisi substansi i ke udara pada *landfill* (kg atau g/m³)

$e_{i,w}$ faktor emisi substansi i ke air pada *landfill* (kg atau g/l)

$HTP_{i,a}$ faktor potensi toksik substansi i yang diemisikan ke udara (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)

$HTP_{i,w}$ faktor potensi toksik substansi i yang diemisikan ke air (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)

Skenario 5:

$$\begin{aligned}
 HT_{Sc.5} = & \sum_i \left[\sum_i (f_{gv} * X_C) * e_{i,a} \right] * HTP_{i,a} + \sum_i \left[\sum_i (f_{lv} * X_C) * e_{i,w} \right] * HTP_{i,w} + \\
 & \sum_i \left[\sum_i (f_{gv} * X_{SA}) * e_{i,a} \right] * HTP_{i,a} + \sum_i \left[\sum_i (f_{lv} * X_{SA}) * e_{i,w} \right] * HTP_{i,w} + \\
 & \sum_i \left[\sum_i (f_{gv} * X_L) * e_{i,a} \right] * HTP_{i,a} + \sum_i \left[\sum_i (f_{lv} * X_L) * e_{i,w} \right] * HTP_{i,w}
 \end{aligned} \tag{4.27}$$

dimana,

(4.26)

1,4

$HT_{Sc.5}$	potensi toksik sistem pengolahan sampah kota Skenario 5 (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)
X_C	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)
X_{SA}	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pra daur ulang (ton)
X_L	Jumlah sampah dan residu yang masuk ke fasilitas <i>landfill</i> (ton)
f_{gv}	faktor timbulan gas (m^3 /ton sampah)
f_{lv}	faktor volume <i>leachate</i> dari <i>landfill</i> (l/ton)
$e_{i,a}$	faktor emisi substansi i ke udara (kg atau g/m^3)
$e_{i,w}$	faktor emisi substansi i ke air (kg atau g/l)
$HTP_{i,a}$	faktor potensi toksik substansi i yang diemisikan ke udara (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)
$HTP_{i,w}$	faktor potensi toksik substansi i yang diemisikan ke air (kg 1,4 dichlorobenzene eq.)

27)

Hasil penghitungan jumlah bahan toksik logam berat timah hitam (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd), serta bahan kimia organik (dioxin) yang diemisikan ke lingkungan (udara dan air) berdasarkan data timbulan dan komposisi sampah Jakarta Barat tahun 1997-2006 dapat dilihat pada Lampiran 19-23. Berdasarkan hasil penghitungan jumlah logam berat dan dioxin tersebut, maka dapat diketahui potensi toksik dari setiap skenario sistem pengolahan sampah, yaitu dengan melakukan penyetaraan logam berat Pb, Hg, Cd dan dioxin dengan bahan kimia 1,4 dichlorobenzene seperti terlihat pada Lampiran 25-29, sedangkan rekapitulasi hasil dari penyetaraan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Kota Jakarta Barat 1997-2006

Tahun	Potensi Toksik Terhadap Manusia (kg 1,4 dichlorobenzene)				
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
1997	459.55	39,486.22	265.03	13,756.30	254.61
1998	562.08	48,296.63	324.12	16,825.60	311.37
1999	406.84	34,955.39	234.64	12,177.80	225.41
2000	503.92	43,298.04	290.60	15,084.20	279.16
2001	503.92	43,298.00	290.60	15,084.20	279.16
2002	503.92	43,298.00	290.60	15,084.20	279.16
2003	446.91	38,399.10	257.74	13,177.50	247.60
2004	487.51	41,887.80	281.14	14,592.90	270.08
2005	446.91	38,399.10	257.74	13,177.50	247.60
2006	446.91	38,399.10	257.74	13,177.50	247.60

Sumber: Hasil penghitungan dengan Metode LCA (2008)

Berdasarkan nilai potensi toksik yang diperoleh selama rentang waktu sepuluh tahun (1997-2006), maka disusun persamaan matematis untuk mendapatkan model potensi toksik yang dapat digunakan sebagai pendekatan dalam memprediksi jumlah bahan toksik yang timbul dari suatu skenario sistem pengolahan sampah kota. Model potensi toksik terhadap manusia (*human toxicity potensial*) dari setiap skenario sistem pengolahan sampah untuk wilayah studi Jakarta Barat dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$HT_{Sc.1} = 0,075 + 0,888 * 10^{-3} X_L \quad (4.28)$$

$$HT_{Sc.2} = -0,394 + 0,0228X_I + 0,402X_L \quad (4.29)$$

$$HT_{Sc.3} = -0,192 - 0,011 * 10^{-3} X_C + 0,136 * 10^{-2} X_L \quad (4.30)$$

$$HT_{Sc.4} = 44,6 - 1,41X_C - 2,24X_I + 11,5X_L \quad (4.31)$$

$$HT_{Sc.5} = 0,179 - 0,00279X_{SA} + 0,00151X_C + 0,00107X_L \quad (4.32)$$

dimana,

$HT_{Sc.1}$ potensi toksik terhadap manusia dari sistem pengolahan sampah Skenario 1 (1,4 dichlorobenzene eq.)

$HT_{Sc.2}$ potensi toksik terhadap manusia dari sistem pengolahan sampah Skenario 2 (1,4 dichlorobenzene eq.)

- $HT_{Sc.3}$ potensi toksik terhadap manusia sistem dari pengolahan sampah Skenario 3 (1,4 dichlorobenzene eq.)
- $HT_{Sc.4}$ potensi toksik terhadap manusia dari sistem pengolahan sampah Skenario 4 (1,4 dichlorobenzene eq.)
- $HT_{Sc.5}$ potensi toksik terhadap manusia dari sistem pengolahan sampah Skenario 5 (1,4 dichlorobenzene eq.)
- X_L jumlah sampah yang masuk ke *landfill* (ton)
- X_I jumlah sampah yang masuk ke fasilitas insinerator (ton)
- X_C jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)
- X_{SA} jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pra daur ulang (ton)

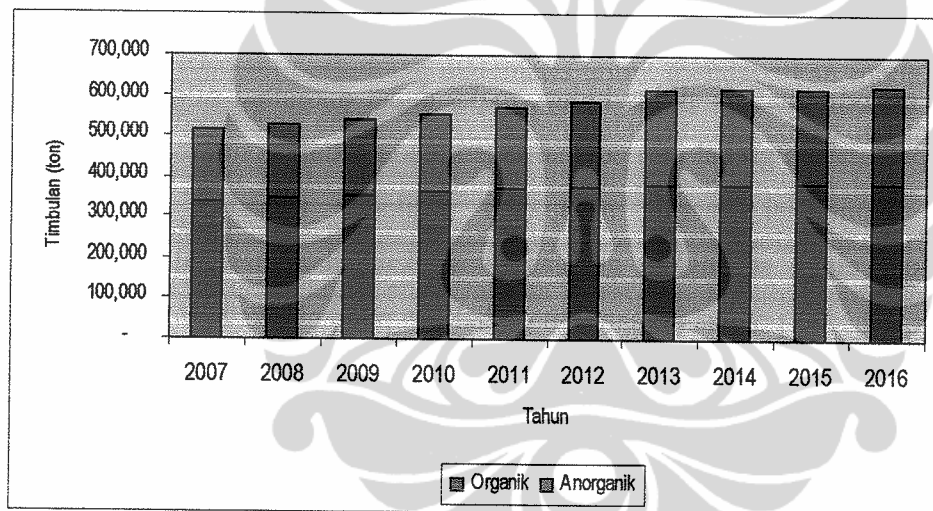
4.4.4. Implementasi model perhitungan untuk penilaian dampak lingkungan potensial sistem pengolahan sampah kota di wilayah studi

Melalui metode analisis siklus hidup, maka dapat diketahui nilai konsumsi energi, potensi pemanasan global dan potensi toksik pada setiap skenario sistem pengolahan sampah. Konsumsi energi merupakan indikator terhadap potensi penipisan sumberdaya alam, sedangkan gas-gas rumah kaca dan material toksik merupakan indikator terhadap potensi pemanasan global dan potensi toksik.

Untuk penyederhanaan di dalam perhitungan besarnya nilai konsumsi energi serta nilai pencemar tersebut, maka dilakukan melalui pendekatan model perhitungan yang diperoleh berdasarkan data timbulan dan komposisi sampah Jakarta Barat tahun 1997-2006. Model perhitungan untuk kriteria dampak potensial yang telah dirumuskan tersebut diimplementasikan sebagai suatu pendekatan dalam menilai besarnya konsumsi energi, potensi pemanasan global serta potensi toksik dari setiap alternatif sistem pengolahan sampah kota untuk wilayah Jakarta Barat dalam waktu 10 tahun mendatang (2007-2016). Untuk keperluan perhitungan tersebut, maka diperlukan data proyeksi timbulan dan komposisi sampah Jakarta Barat untuk rentang waktu 10 tahun mendatang. Proyeksi timbulan dan komposisi sampah tersebut

dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak yang telah mempertimbangkan berbagai komponen karakteristik kota.

Berdasarkan data Sudin Kebersihan Jakarta Barat (2007) diketahui bahwa pada tahun 2006 jumlah timbulan sampah Jakarta Barat sebesar 5.500 m³ atau sekitar 501.900 ton per tahun. Untuk rentang waktu sepuluh tahun mendatang (2007-2016), jumlah timbulan dan komposisi sampah Jakarta Barat diproyeksikan sebagaimana yang terlihat pada Gambar 4.31, dan pada tahun 2016 jumlah timbulan sampah diperkirakan sebesar 623.100 ton per tahun. Secara lebih rinci, hasil proyeksi jumlah timbulan sampah Jakarta Barat dari tahun 2007-2016 dapat dilihat pada Lampiran 33.



Gambar 4.31. Proyeksi Timbulan Sampah Jakarta Barat
Sumber: Hasil analisis (2008)

Berdasarkan hasil penghitungan melalui implementasi model matematis yang diinput dengan data proyeksi jumlah timbulan dan komposisi sampah, maka dapat diprediksi jumlah konsumsi energi, potensi pemanasan global dan potensi toksik dari setiap alternatif skenario sistem pengolahan sampah yang dapat dikembangkan di wilayah studi Jakarta Barat untuk tahun 2007-2016. Hasil penghitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.35, sedangkan histogram hasil penilaian untuk ketiga dampak potensial tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.32 dan Gambar 4.33.

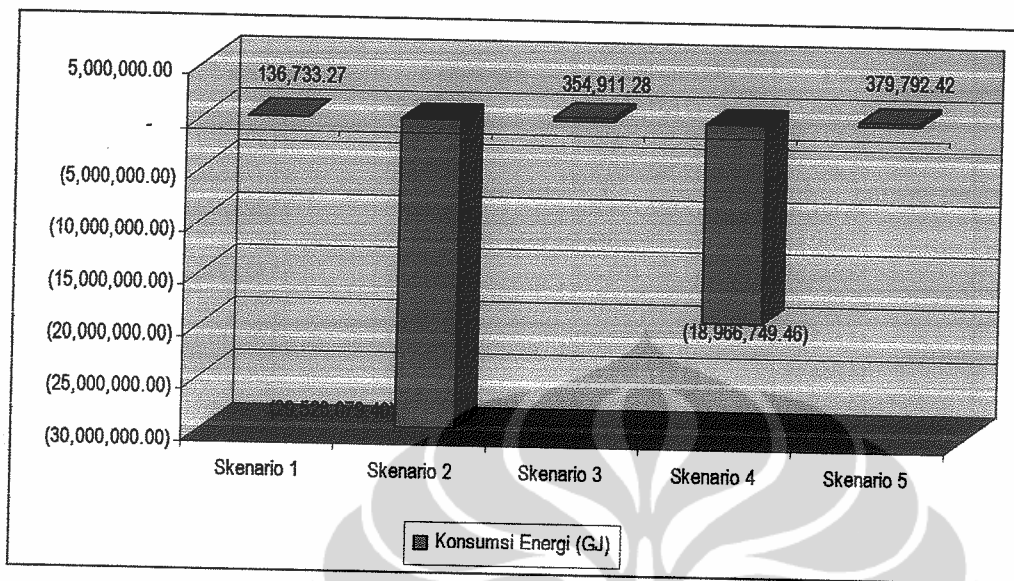
Tabel 4.35. Hasil Penilaian Dampak Lingkungan Potensial Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat Tahun 2007-2016

Tahun	Konsumsi Energi (GJ)				
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
2007	12,288.32	(2,631,909.80)	31,850.05	(1,690,354.68)	34,077.81
2008	12,571.20	(2,697,466.60)	32,593.32	(1,732,502.76)	34,872.98
2009	12,867.34	(2,766,066.20)	33,364.20	(1,776,644.16)	35,696.28
2010	13,181.16	(2,838,768.20)	34,192.40	(1,823,373.06)	36,585.58
2011	13,510.45	(2,915,070.00)	35,062.20	(1,872,414.06)	37,518.62
2012	13,848.58	(2,993,409.40)	35,954.02	(1,922,775.72)	38,477.76
2013	14,533.68	(3,152,153.00)	37,762.44	(2,024,794.14)	40,419.00
2014	14,593.35	(3,165,968.00)	37,919.67	(2,033,672.82)	40,586.43
2015	14,644.18	(3,177,745.40)	38,053.49	(2,041,249.02)	40,732.05
2016	14,695.01	(3,189,522.80)	38,159.48	(2,048,969.04)	40,825.90
Jumlah	136,733.27	(29,528,079.40)	354,911.28	(18,966,749.46)	379,792.42

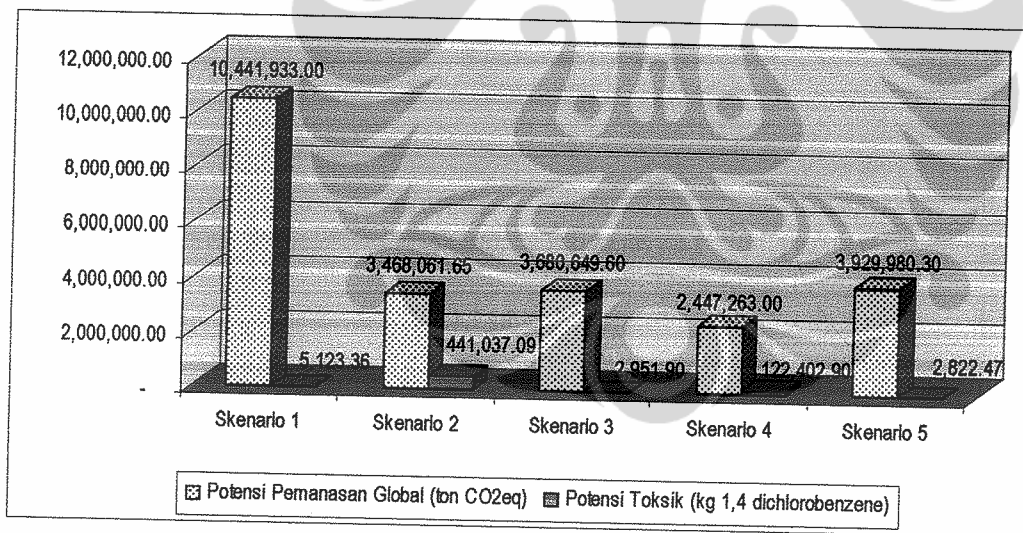
Tahun	Potensi Pemanasan Global (ton CO ₂ eq)				
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
2007	930,760.60	309,135.85	328,034.00	218,781.00	364,569.10
2008	953,928.60	316,831.50	336,218.00	223,941.00	369,237.40
2009	978,182.60	324,884.50	344,834.50	229,537.00	368,513.70
2010	1,003,884.60	333,419.05	353,877.60	235,445.00	378,073.40
2011	1,030,853.60	342,376.10	363,367.70	241,410.00	387,967.40
2012	1,058,546.60	351,572.40	373,112.40	248,112.00	395,911.00
2013	1,114,656.60	370,207.30	392,852.80	260,988.00	419,550.50
2014	1,119,543.60	371,829.10	394,565.60	262,435.00	429,352.00
2015	1,123,706.60	373,211.65	396,036.50	263,277.00	422,930.60
2016	1,127,869.60	374,594.20	397,750.50	263,337.00	393,875.20
Jumlah	10,441,933.00	3,468,061.65	3,680,649.60	2,447,263.00	3,929,980.30

Tahun	Potensi Toksik (kg 1,4 dichlorobenzene)				
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
2007	456.68	39,312.22	263.26	10,813.00	251.22
2008	468.05	40,291.08	269.78	11,103.40	257.59
2009	479.95	41,315.38	276.54	11,475.60	264.41
2010	492.56	42,400.93	283.80	11,772.20	271.36
2011	505.79	43,540.23	291.43	12,067.70	278.65
2012	519.38	44,709.95	299.25	12,406.90	286.24
2013	546.91	47,080.23	315.11	13,049.70	301.29
2014	549.30	47,286.51	316.48	13,120.00	302.28
2015	551.35	47,462.36	317.66	13,166.40	303.73
2016	553.39	47,638.21	318.58	13,428.00	305.71
Jumlah	5,123.36	441,037.09	2,951.90	122,402.90	2,822.47

Sumber: Hasil perhitungan (2008)



Gambar 4.32. Hasil Penilaian Konsumsi Energi Sistem Pengolahan Sampah Kota



Gambar 4.33. Hasil Penilaian Potensi Pemanasan Global dan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Kota

4.4.5. Analisis dan perhitungan biaya langsung sistem pengolahan sampah kota

Analisis biaya dalam penelitian ini dibatasi pada kriteria biaya langsung untuk kegiatan pengangkutan sampah dan pengolahan sampah. Biaya pengangkutan sampah terdiri atas biaya pengangkutan sampah ke fasilitas pengolahan dan biaya

pen
pen
atas
akh

a.
Bia
biay
per
pen
akh

b.
Tot
pen
ope
akh
kon
inst

Bia
teta
dan
bah
per
dap

c.
Tot
tek

pengangkutan sampah dan/atau residu dari fasilitas pengolahan ke tempat penimbunan akhir atau *landfill*. Sedangkan biaya langsung pengolahan sampah terdiri atas biaya pengolahan dari setiap teknologi pengolahan, seperti biaya penimbunan akhir (*landfilling*), insinerasi, pengomposan dan pra daur ulang sampah.

a. Lingkup biaya pengangkutan

Biaya langsung pengangkutan sampah dari suatu sistem pengolahan sampah meliputi biaya investasi (pembelian kendaraan), operasional termasuk biaya personil dan biaya perawatan kendaraan. Rincian dan perhitungan besaran biaya untuk kegiatan pengangkutan sampah baik ke fasilitas pengolahan maupun ke tempat penimbunan akhir dapat dilihat pada Lampiran 36 dan Lampiran 37.

b. Lingkup biaya penimbunan akhir (*landfilling*)

Total biaya langsung untuk kegiatan pengolahan sampah dengan teknologi penimbunan akhir (*landfilling*) diperoleh dari penjumlahan biaya investasi dan biaya operasional dan pemeliharaan. Komponen biaya investasi untuk fasilitas penimbunan akhir meliputi: biaya pengembangan lokasi termasuk bangunan kantor, biaya konstruksi *sanitary landfill*, pembuatan instalasi teknis pengolahan *leachate* atau instalasi pengolahan air limbah (IPAL), permesinan, serta perlengkapan lainnya.

Biaya operasional kegiatan *landfilling* meliputi biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap terdiri dari biaya untuk gaji pekerja, yang terdiri dari tenaga pengelola lapangan dan tenaga administrasi, sedangkan biaya variabel terdiri dari biaya air dan listrik, bahan bakar, serta biaya lain yang digunakan untuk keperluan IPAL. Rincian dan perhitungan besaran biaya untuk pengolahan sampah dengan teknologi *landfilling* dapat dilihat pada Lampiran 38.

c. Lingkup biaya insinerasi sampah

Total biaya langsung yang dikeluarkan untuk pengolahan sampah kota dengan teknologi insinerasi diperoleh dari penjumlahan biaya investasi dan biaya operasional

dan pemeliharaan. Biaya investasi kegiatan insinerasi sampah meliputi biaya pengembangan lokasi termasuk bangunan, biaya konstruksi dan instalasi insinerator, dan biaya teknis kelistrikan. Biaya bangunan terdiri dari pembuatan bangunan dan kantor. Biaya operasional tetap dalam kegiatan insinerasi sampah adalah biaya pembayaran gaji pekerja dan instalasi teknis operasional, sedangkan biaya variabel meliputi: biaya bahan bakar, listrik, dan biaya input lainnya. Rincian dan perhitungan biaya untuk pengolahan sampah dengan teknologi insinerasi dapat dilihat pada Lampiran 39.

d. Lingkup biaya pengomposan sampah

Total biaya langsung dari kegiatan pengomposan sampah meliputi penjumlahan biaya investasi dan biaya operasional dan pemeliharaan. Biaya investasi untuk pembangunan fasilitas pengomposan meliputi: biaya persiapan atau pengembangan lokasi, biaya konstruksi bangunan proses, instalasi teknis dan permesinan, perlengkapan administrasi, serta perlengkapan kerja lainnya.

Biaya operasional untuk pengomposan sampah meliputi biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap mencakup biaya produksi yang diperkirakan tetap dari tahun ke tahun, dan tidak dipengaruhi oleh rencana produksi. Sedangkan biaya variabel meliputi biaya-biaya yang dapat mengalami perubahan sesuai dengan rencana produksi. Biaya tetap yang termasuk di dalam proses pengomposan dalam penelitian ini adalah biaya untuk gaji pekerja, biaya pengelolaan, material pendukung, sedangkan biaya variabel terdiri dari: biaya bahan bakar, biaya input lain, biaya air dan listrik, serta biaya pengemasan dan penanganan residu. Di samping biaya yang harus dikeluarkan, total pemasukan dari nilai penjualan kompos belum dimasukkan ke dalam perhitungan. Rincian dan perhitungan besaran biaya untuk pengolahan sampah dengan teknologi pengomposan dapat dilihat pada Lampiran 40.

e. Lingkup biaya pra daur ulang sampah

Sesuai dengan lingkup proses pra daur ulang sampah yang telah disusun, maka biaya pra daur ulang sampah mencakup penjumlahan biaya investasi dan biaya operasional dan pemeliharaan. Biaya investasi untuk pembangunan fasilitas pradaur ulang yang meliputi: biaya persiapan dan konstruksi bangunan, peralatan (mesin pemilahan), perlengkapan administrasi, serta perlengkapan kerja lainnya.

Biaya operasional untuk pra daur ulang sampah meliputi biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap mencakup biaya produksi yang diperkirakan relatif tetap dari tahun ke tahun, dan tidak dipengaruhi oleh rencana produksi. Sedangkan biaya variabel meliputi biaya-biaya yang dapat mengalami perubahan sesuai dengan rencana produksi. Biaya tetap yang termasuk di dalam proses pra daur ulang sampah dalam penelitian ini adalah biaya untuk gaji pekerja, sedangkan biaya variabel terdiri dari: biaya bahan bakar, biaya input lain, biaya air dan listrik, serta biaya pengemasan. Selain biaya yang harus dikeluarkan, total pemasukan dari nilai penjualan material sampah anorganik yang dapat didaur ulang juga dimasukkan ke dalam perhitungan. Analisis biaya pengolahan sampah dengan teknologi pra daur ulang dapat dilihat pada Lampiran 41.

Berdasarkan hasil analisis biaya pengangkutan baik ke fasilitas pengolahan maupun ke tempat penimbunan akhir, serta biaya pengolahan sampah dari setiap teknologi, maka disusun suatu rumus perhitungan biaya langsung sistem pengolahan sampah untuk setiap skenario, yaitu:

Skenario 1:

$$Z_{Sc.1} = \frac{\left(TrC_L * X_L \right) + (C_L * X_L)}{(1+r)^t} \quad (4.33)$$

dimana,

$Z_{Sc.1}$	biaya pengolahan sampah Skenario 1 (Rp)
TrC_L	biaya pengangkutan sampah ke fasilitas <i>landfill</i> (Rp/km.ton)
C_L	biaya pengolahan sampah dengan teknologi <i>landfilling</i> (Rp/ton)
X_L	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas <i>landfill</i> (ton)
r	tingkat diskonto (%)
t	waktu (tahun ke)

Skenario 2:

$$Z_{Sc.2} = \frac{[(TrC_I * X_I) + (C_I * X_I)] + [(TrC_{IL} * X_L) + (C_L * X_L)]}{(1+r)^t} \quad (4.34)$$

dimana,

$Z_{Sc.2}$	biaya pengolahan sampah Skenario 2 (Rp)
TrC_I	biaya pengangkutan sampah ke fasilitas insinerator (Rp/km.ton)
C_I	biaya pengolahan dengan teknologi insinerasi (Rp/ton)
X_I	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas insinerator (ton)
TrC_{IL}	biaya pengangkutan residu dari fasilitas insinerator ke fasilitas <i>landfill</i> (Rp/km.ton)
X_L	jumlah residu yang diangkut dari fasilitas insinerator ke fasilitas <i>landfill</i> (ton)
C_L	biaya pengolahan dengan teknologi <i>landfilling</i> (Rp/ton)
r	tingkat diskonto (%)
t	waktu (tahun ke)

Skenario 3:

$$Z_{Sc.3} = \frac{(TrC_{TP} * X_{TP}) + (C_C * X_C) + [(TrC_{CL} * X_{CL}) + (C_L * X_L)]}{(1+r)^t} \quad (4.35)$$

dimana,

$Z_{Sc.3}$	biaya pengolahan sampah Skenario 3 (Rp)
TrC_{TP}	biaya pengangkutan sampah ke fasilitas pengolahan (Rp/km.ton)
X_{TP}	jumlah sampah yang diangkut ke fasilitas pengolahan (ton)
C_C	biaya pengolahan dengan teknologi pengomposan (Rp/ton)

X_C	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)
TrC_{CL}	biaya pengangkutan sampah dan residu ke fasilitas <i>landfill</i> (Rp/km.ton)
C_L	biaya pengolahan dengan teknologi <i>landfilling</i> (Rp/ton)
X_L	jumlah sampah dan residu yang masuk ke fasilitas <i>landfill</i> (ton)
r	tingkat diskonto (%)
t	waktu (tahun ke)

Skenario 4:

4.34)

$$Z_{Sc4} = \frac{(TrC_{Tp} * X_{TP}) + (C_C * X_C) + (C_I * X_I) + [(TrC_{TpL} * X_L) + (C_L * X_L)]}{(1+r)^t} \quad (4.36)$$

dimana,

ndfill

ndfill

$Z_{Sc.4}$	biaya pengolahan sampah Skenario 4 (Rp)
TrC_{TP}	biaya pengangkutan sampah ke fasilitas pengolahan (Rp/km.ton)
X_{TP}	jumlah sampah yang diangkut ke fasilitas pengolahan (ton)
C_C	biaya pengolahan dengan teknologi pengomposan (Rp/ton)
X_C	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)
C_I	biaya pengolahan dengan teknologi insinerasi (Rp/ton)
X_I	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas insinerator (ton)
TrC_{CL}	biaya pengangkutan sampah ke fasilitas <i>landfill</i> (Rp/km.ton)
C_L	biaya pengolahan dengan teknologi <i>landfilling</i> (Rp/ton)
X_L	jumlah residu yang masuk ke fasilitas <i>landfill</i> (ton)
r	tingkat diskonto (%)
t	waktu (tahun ke)

Skenario 5:

5)

$$Z_{Sc5} = \frac{(TrC_{Tp} * X_{TP}) + (C_C * X_C) + (C_{SA} * X_{SA}) + [(TrC_{TpL} * X_L) + (C_L * X_L)]}{(1+r)^t} \quad (4.37)$$

dimana,

$Z_{Sc.5}$	biaya pengolahan sampah Skenario 5 (Rp)
TrC_{TP}	biaya pengangkutan sampah ke fasilitas pengolahan (Rp/km.ton)
X_{TP}	jumlah sampah yang diangkut ke fasilitas pengolahan (ton)

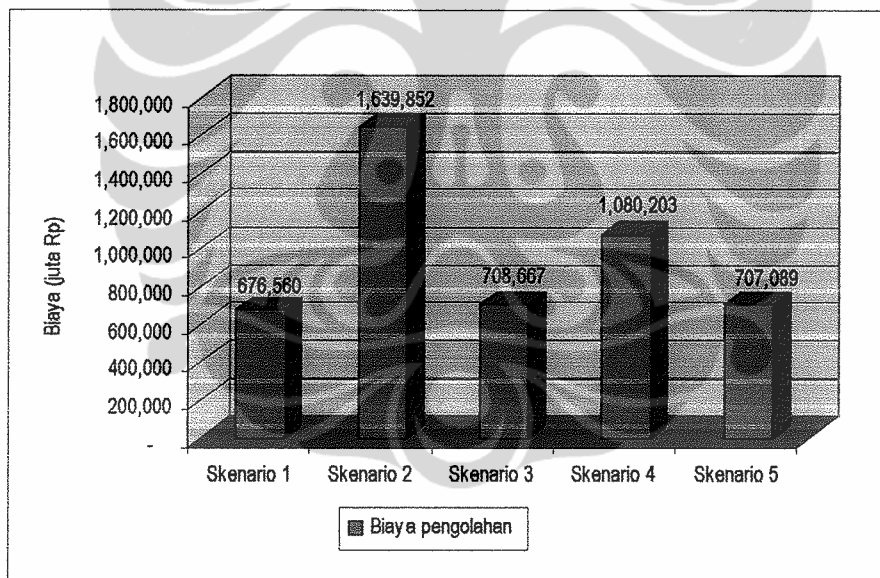
C_C	biaya pengolahan dengan teknologi pengomposan (Rp/ton)
X_C	jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pengomposan (ton)
C_{SA}	biaya pengolahan pra daur ulang sampah anorganik (Rp/ton)
X_{SA}	jumlah sampah anorganik yang dapat didaur ulang (ton)
TrC_{CL}	biaya pengangkutan sampah ke fasilitas <i>landfill</i> (Rp/km.ton)
C_L	biaya pengolahan dengan teknologi <i>landfilling</i> (Rp/ton)
X_L	jumlah sampah dan residu yang masuk ke fasilitas <i>landfill</i> (ton)
r	tingkat diskonto (%)
t	waktu (tahun ke)

Hasil penghitungan biaya pengolahan sampah dari setiap skenario sistem pengolahan sampah dapat dilihat pada Tabel 4.36. Dalam penghitungan biaya tersebut telah mencakup biaya investasi dan biaya operasional dari kegiatan pengangkutan dan pengolahan sampah sesuai dengan skenario yang telah disusun.

Biaya investasi adalah biaya investasi modal awal, yang diperhitungkan sebagai biaya investasi per tahun sesuai dengan tingkat suku bunga pinjaman serta umur kegiatan yang telah ditetapkan. Biaya investasi modal awal terdiri atas biaya investasi modal awal untuk fasilitas pengolahan sampah dan biaya investasi modal awal untuk kendaraan pengangkut sampah, baik dari tempat penampungan sementara ke fasilitas pengolahan maupun dari fasilitas pengolahan ke tempat penimbunan akhir (*landfill*). Sedangkan biaya operasional per tahun merupakan biaya yang harus dikeluarkan sebagai akibat dioperasikannya sistem pengolahan sampah kota sesuai dengan kombinasi teknologi yang telah disusun.

Tabel 4.36. Hasil Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Kota

Tahun	Jumlah Biaya (juta Rp.)				
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
2007	60,306	146,171	63,167	96,299	63,027
2008	61,808	149,810	64,740	98,693	64,597
2009	63,379	153,617	66,386	101,191	66,241
2010	65,044	157,654	68,130	103,850	67,981
2011	66,791	161,889	69,962	106,641	69,808
2012	68,587	166,240	71,841	109,506	71,695
2013	72,221	175,051	75,650	115,311	75,483
2014	72,538	175,819	75,980	115,816	75,779
2015	72,809	176,474	76,263	116,247	76,096
2016	73,078	177,126	76,548	116,649	76,382
JUMLAH	676,560	1,639,852	708,667	1,080,203	707,089



Gambar 4.34. Hasil Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat menurut Skenario

Berdasarkan Gambar 4.34 dapat diketahui bahwa biaya pengolahan sampah dengan sistem pengolahan seperti yang diterapkan di wilayah Jakarta Barat saat ini atau Skenario 1 (semua sampah diangkut dan ditimbun di tempat penimbunan akhir atau TPA) memiliki total biaya paling rendah dibandingkan dengan skenario lainnya.

Sedangkan biaya pengolahan sampah tertinggi adalah biaya dengan sistem pengolahan sampah Skenario 2. Secara lebih rinci, perhitungan biaya pengolahan untuk setiap skenario sistem pengolahan sampah kota dapat dilihat pada Lampiran 42 hingga Lampiran 46.

Berdasarkan hasil perhitungan biaya pengolahan sampah untuk jumlah timbulan sampah dalam sepuluh tahun mendatang (2007-2016), dan melalui metode analisis regresi berganda maka dirumuskan model biaya sistem pengolahan sampah Jakarta Barat untuk setiap skenario sistem pengolahan sampah kota sebagai berikut:

$$\text{Skenario 1: } Z_{Sc.1} = 0,58 \times 10^{-4} + 116.954 X_L \quad (4.38)$$

$$\text{Skenario 2: } Z_{Sc.2} = 3,09 \times 10^{-4} + 267.908 X_I + 116.954 X_L \quad (4.39)$$

$$\text{Skenario 3: } Z_{Sc.3} = 0,10 \times 10^{-4} + 119.613 X_C + 116.954 X_L \quad (4.40)$$

$$\text{Skenario 4: } Z_{Sc.4} = 286.078 + 95.236 X_C + 243.360 X_I + 300.113 X_L \quad (4.41)$$

$$\text{Skenario 5: } Z_{Sc.5} = 455.454 + 122.354 X_C + 108.535 X_{SA} + 116.487 X_L \quad (4.42)$$

dimana,

$Z_{Sc.1}$ total biaya tahunan sistem pengolahan sampah Skenario 1 (Rp)

$Z_{Sc.2}$ total biaya tahunan sistem pengolahan sampah Skenario 2 (Rp)

$Z_{Sc.3}$ total biaya tahunan sistem pengolahan sampah Skenario 3 (Rp)

$Z_{Sc.4}$ total biaya tahunan sistem pengolahan sampah Skenario 4 (Rp)

$Z_{Sc.5}$ total biaya tahunan sistem pengolahan sampah Skenario 5 (Rp)

X_L jumlah sampah yang masuk ke fasilitas penimbunan akhir (*landfill*) [ton]

X_I jumlah sampah yang masuk ke insinerator (ton)

X_C jumlah sampah yang diolah dengan proses pengomposan (ton)

X_{SA} jumlah sampah yang masuk ke fasilitas pra daur ulang sampah anorganik (ton)

4.4.6. Analisis manfaat-biaya dari sistem pengolahan sampah kota

Dalam diagram alir *input-output* dari suatu sistem pengolahan sampah, yang dimulai dari masuknya material sampah ke dalam suatu sistem pengolahan tentunya ada pula *output* yang berupa bahan pencemar yang ditimbulkan. Keberadaan bahan pencemar

sistem
golahan
iran 42

dalam suatu lingkungan akan menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan, yang pada akhirnya akan berdampak pada kelangsungan hidup manusia karena dalam lingkungan hidup terjadi hubungan timbal balik antara manusia dengan unsur-unsur lainnya, baik unsur fisik, biologi, maupun sosial.

mbulan
analisis
Jakarta

Penanganan sampah kota melalui sistem pengolahan yang tepat, selain dapat menjadi jalan keluar dari masalah keterbatasan lahan untuk TPA di perkotaan, juga sebagai upaya untuk mengurangi dampak lingkungan, serta sampah juga masih dapat memberi manfaat dan memiliki nilai ekonomi. Penanganan sampah sudah selayaknya bukan hanya sekedar dikumpulkan, diangkut dan dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA), tetapi harus diolah agar menjadi produk yang bermanfaat. Dengan demikian tidak hanya mengandalkan TPA, bahkan jumlah sampah yang masuk ke TPA akan berkurang atau bahkan tidak ada.

(4.38)
(4.39)
(4.40)
(4.41)
(4.42)

Sesuai dengan Undang-Undang No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah bahwa dalam mengelola sampah diperlukan upaya *reduce, reuse dan recycle* atau yang dikenal sebagai 3R, yaitu mengurangi, menggunakan kembali dan mendaur ulang atau mengolah sampah. Dengan melakukan upaya 3R melalui pengolahan sampah kota, yang dalam penelitian ini direpresentasikan ke dalam Skenario 2 hingga Skenario 5 maka akan diperoleh manfaat lingkungan. Manfaat tersebut adalah manfaat yang diperoleh sebagai akibat dari berkurangnya sejumlah pencemar yang ditimbulkan, yang dihitung dengan cara membandingkannya terhadap Skenario 1, yaitu penanganan sampah dilakukan dengan cara semua sampah yang timbul langsung dibuang ke tempat penimbunan akhir (*landfill*). Nilai dampak potensial yang dapat dikurangi selanjutnya dihitung ke dalam satuan moneter (valuasi nilai dampak) sebagai biaya lingkungan yang dapat dihindarkan. Besarnya biaya lingkungan yang dapat dihindarkan ini ditetapkan sebagai manfaat sosial yang diperoleh.

n]

anik

nulai
pula
emar

Dalam melakukan valuasi dampak lingkungan, faktor yang diperhatikan adalah prediksi besarnya nilai dampak potensial dan valuasi dampak tersebut ke dalam satuan moneter. Penilaian dampak ke dalam satuan moneter didasarkan pada penilaian dampak tersebut dan keterkaitannya terhadap lingkungan, karena dampak tersebut dapat menyebabkan perubahan kualitas lingkungan, sehingga menimbulkan beban biaya lingkungan.

Dalam sistem pengolahan sampah kota, pencemaran lingkungan yang secara konsekuensi berkaitan dengan beban biaya lingkungan dapat terjadi pada setiap tahapan kegiatan, seperti:

1. Pada tahap pengangkutan: emisi polutan udara yang berasal dari truk pengangkut sampah dan/atau residu hasil pengolahan.
2. Pada tahap pengolahan, antara lain berasal dari:
 - 2.1. *Landfill*:
 - a. Polutan dari *leachate* yang mengalir ke badan air atau mencemari air tanah.
 - b. Polutan yang teremisi ke udara dari proses dekomposisi sampah pada *landfill*.
 - 2.2. Insinerasi:
 - a. Polutan yang teremisi ke udara dari pembakaran sampah.
 - b. Material toksik dari abu sisa pembakaran sampah yang ditimbun pada *landfill*.
 - 2.3. Pengomposan:
 - a. Polutan yang teremisi ke udara dari proses dekomposisi sampah.
 - b. Polutan dari *leachate* yang mengalir ke badan air atau mencemari air tanah.

Lingkup sistem pengolahan sampah kota dalam penelitian ini dimulai dari pengangkutan sampah dari tempat penampungan sementara (TPS) ke fasilitas pengolahan, kegiatan pengolahan sampah sesuai dengan skenario yang telah disusun, serta pengangkutan sampah dan/atau residu ke tempat penimbunan akhir (*landfill*),

oleh karena itu identifikasi dampak potensial dari setiap skenario didasarkan pada tahapan dalam lingkup sistem tersebut. Tabel 4.37 memperlihatkan beban biaya lingkungan yang timbul sebagai konsekuensi adanya pencemaran lingkungan yang berasal dari suatu sistem pengolahan sampah kota. Namun demikian, dalam penelitian ini beban biaya lingkungan dibatasi pada beban biaya lingkungan sebagai akibat dampak potensi pemanasan global dan potensi toksik terhadap manusia. Hal ini didasarkan atas pertimbangan bahwa dengan meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca sebagai potensi terhadap pemanasan global maka akan menyebabkan efek perubahan iklim.

Tabel 4.37. Identifikasi Beban Biaya Lingkungan Terkait dengan Dampak Potensial dari Sistem Pengolahan Sampah Kota

Kegiatan	Beban Biaya Lingkungan
Skenario 1: - Sampah dari TPS langsung diangkut ke <i>landfill</i> (TPA) - Sampah tidak diolah dan hanya ditimbun di <i>landfill</i>	1. Pencemaran udara 2. Pencemaran air (badan air dan air tanah) 3. Pencemaran tanah 4. Menimbulkan bau 5. Mengganggu estetika
Skenario 2: - Sampah dari TPS diangkut ke fasilitas insinerator - Sampah diinsinerasi - Residu diangkut ke <i>landfill</i>	1. Pencemaran udara 2. Pencemaran air 3. Pencemaran tanah (abu sisa pembakaran)
Skenario 3: - Sampah dari TPS diangkut ke fasilitas pengolahan - Sampah dipilah - Sampah organik dikomposkan, sedangkan sampah anorganik dan residu ditimbun di <i>landfill</i> - Residu diangkut ke <i>landfill</i>	1. Pencemaran udara (logam berat dan dioxin) 2. Pencemaran air
Skenario 4: - Sampah dari TPS diangkut ke fasilitas pengolahan - Sampah dipilah - Sampah organik dikomposkan, sedangkan sampah anorganik diinsinerasi - Residu diangkut ke <i>landfill</i>	1. Pencemaran udara 2. Pencemaran air 3. Pencemaran tanah (abu sisa pembakaran)

Tabel 4.37 (lanjutan)

Kegiatan	Beban Biaya Lingkungan
Skenario 5: - Sampah dari TPS diangkut ke fasilitas pengolahan - Sampah dipilah - Sampah organik dikomposkan, sedangkan sampah anorganik masuk ke fasilitas pra daur ulang - Residu diangkut ke <i>landfill</i>	1. Pencemaran udara 2. Pencemaran air

Efek perubahan iklim dapat terjadi baik secara langsung maupun tidak langsung. Efek langsung akibat perubahan iklim meliputi kematian, kesakitan dan cedera akibat pajanan gelombang panas, gangguan saluran pernafasan, penyakit-penyakit yang berhubungan dengan bencana akibat perubahan iklim (badai siklon, banjir, kebakaran), kerusakan dan kanker kulit karena radiasi ultra violet (UV) dan tekanan sistem kekebalan karena radiasi UV. Efek tidak langsung meliputi perubahan dinamika transmisi vektor penyakit menular, penurunan produksi pangan, berbagai akibat dari naiknya permukaan air laut, pengaruh UV-B terhadap tumbuh-tumbuhan darat dan air. Di sisi lain, keberadaan bahan-bahan toksik di dalam lingkungan akan menyebabkan masalah kesehatan pada masyarakat, karena bahan-bahan toksik tersebut dapat terpapar melalui udara, air dan tanah.

Dengan menggunakan data proyeksi jumlah timbunan dan komposisi sampah Jakarta Barat tahun 2007-2016 yang diinput ke dalam persamaan matematis, maka dapat diketahui besarnya nilai dampak potensial dari setiap skenario sistem pengolahan sampah. Setelah diketahui nilai-nilai dari dampak potensi pemanasan global dan potensi toksik terhadap manusia dari setiap skenario sistem pengolahan sampah, maka tahap selanjutnya adalah menghitung nilai-nilai tersebut dalam satuan moneter (nilai rupiah). Hasil perhitungan nilai moneter (valuasi) tersebut dijabarkan sebagai biaya lingkungan yang diakibatkan karena adanya sejumlah pencemar yang teremis ke dalam lingkungan, yang terdiri atas pencemar gas rumah kaca (CO_2 dan CH_4) sebagai indikator potensi pemanasan global, serta pencemar bahan toksik seperti logam berat timah hitam (Pb), kadmium (Cd), merkuri (Hg) dan dioxin.

Dengan masuknya sejumlah pencemar ke dalam lingkungan sebagai dampak dari beroperasinya suatu kegiatan pengolahan sampah, maka akan menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan pada ekosistem. Ketidakseimbangan ini tentunya akan berdampak pada penurunan fungsi lingkungan, yang diwujudkan dalam bentuk biaya sosial (*social cost*). Dengan berkurangnya sejumlah pencemar, maka akan berimplikasi pada adanya biaya sosial yang dapat dihindarkan atau diperolehnya manfaat sosial.

Terkait dengan potensi pemanasan global, nilai manfaat dihitung berdasarkan mekanisme perdagangan CO₂ atau *Clean Development Mechanism* (CDM), dimana dengan menerapkan sistem pengolahan sampah dengan Skenario 2 hingga Skenario 5, maka akan ada sejumlah gas rumah kaca (CO_{2eq}) yang dapat dikurangi, yaitu dengan membandingkan jumlah CO_{2eq} yang timbul dari sistem pengolahan sampah Skenario 2 hingga Skenario 5 dengan jumlah CO_{2eq} dari sistem pengolahan sampah dengan Skenario 1. Dengan adanya sejumlah CO_{2eq} yang dapat dikurangi tersebut, maka dapat digunakan untuk memperoleh insentif atau CER (*Certified Emission Reduction*) atau diperdagangkan, sehingga akan diperoleh manfaat dalam nilai uang. Manfaat dalam nilai uang tersebut dihitung berdasarkan besarnya jumlah CO_{2eq} yang dapat dikurangi dikalikan dengan harga CO₂/ton dalam pasar internasional, yaitu 19 US \$ atau sebesar Rp. 174.800,-/ton (dengan asumsi nilai tukar mata uang US \$ terhadap rupiah adalah Rp. 9.200,- untuk 1 US \$).

Untuk mengetahui besarnya biaya lingkungan sebagai dampak dari bahan toksik (logam berat dan dioxin) yang timbul dari kegiatan pengolahan sampah kota, maka dilakukan penelusuran melalui studi literatur. Biaya lingkungan tersebut disetarakan dengan besarnya biaya eksternal akibat pencemar logam berat merkuri (Hg) yang pernah diteliti oleh Rabl *et al.* (2008), yaitu sebesar 8.000 Euro/kg Hg atau Rp. 92.000.000,-/kg Hg (dengan asumsi nilai tukar mata uang adalah Rp.11.500,- untuk 1 Euro) atau setara dengan Rp. 284.366,-/kg 1,4 dichlorobenzene. Hasil perhitungan

nilai manfaat dari setiap skenario sistem pengolahan sampah tersebut secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Untuk menentukan skenario sistem pengolahan sampah yang dianggap paling optimal untuk wilayah studi di masa mendatang, maka dilakukan analisis manfaat-biaya (*Benefit-Cost Analysis*), yang mencakup penghitungan nilai perbandingan antara manfaat dan biaya (*benefit-cost ratio = BCR*) dan penghitungan nilai sekarang bersih (*net present value = NPV*) dari kegiatan pengolahan sampah. Hasil perhitungan analisis manfaat-biaya untuk alternatif skenario sistem pengolahan sampah kota dapat dilihat pada Tabel 4.39.

Dilihat dari nilai rasio manfaat-biaya yang diperoleh, dapat diketahui bahwa sistem pengolahan sampah yang mengombinasikan teknologi pengomposan untuk mengolah sampah organik dan teknologi reusable *landfill* untuk penanganan sampah anorganik serta residu dari proses pengomposan (Skenario 3) memiliki nilai rasio manfaat-biaya dan nilai NPV yang paling besar dibandingkan dengan skenario lainnya, yaitu masing-masing sebesar 1,714 dan Rp. 346.440.904.343,-.

Dilihat dari nilai manfaat sosial yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penanganan sampah dengan upaya pengolahan akan lebih bermanfaat dibandingkan dengan tidak melakukan pengolahan, seperti penanganan sampah yang selama ini dilakukan yaitu semua sampah dibuang ke TPA (Skenario 1).

a rinci
 ptimal
 -biaya
 antara
 bersih
 ungan
 dapat
 istem
 golah
 ganik
 biaya
 yaitu
 hwa
 gkan
 ini

Tabel 4.38. Perhitungan Nilai Manfaat Sosial dari Skenario Sistem Pengolahan Sampah Jakarta Barat Tahun 2007-2016

Perhitungan Nilai Manfaat Sosial dari Skenario Sistem Pengolahan Sampah Kota Tahun 2007

Sistem Pengolahan Sampah	Potensi pemanasan global (ton CO ₂ eq)	Jumlah pengurangan CO ₂ -eq (ton)	Manfaat dari pengurangan CO ₂ ¹⁾ (Rp)	Potensi toksik (kg 1,4 dichlorobenzene eq)	Biaya Lingkungan akibat bahan toksik ²⁾ (Rp)	Manfaat dari pengurangan bahan toksik (Rp)	Manfaat dari pengurangan kebutuhan lahan untuk landfill	Jumlah Manfaat (Rp)
Skenario 1	930,760	-	-	456,68	129,864,265	-	-	-
Skenario 2	309,135	621,625	108,660,050,000	39,312,22	11,179,058,753	(11,049,194,488)	17,579,026,891	115,189,882,404
Skenario 3	328,034	602,726	105,356,504,800	263,26	74,862,193	55,002,072	12,566,446,323	117,977,953,195
Skenario 4	218,781	711,979	124,453,929,200	10,813,00	3,074,849,558	(2,944,985,293)	17,246,576,244	138,755,520,151
Skenario 5	364,569	566,191	98,970,186,800	251,22	71,438,427	58,425,838	17,263,031,742	116,291,644,380

Perhitungan Nilai Manfaat Sosial dari Skenario Sistem Pengolahan Sampah Kota Tahun 2008

Sistem Pengolahan Sampah	Potensi pemanasan global (ton CO ₂ eq)	Jumlah pengurangan CO ₂ -eq (ton)	Manfaat dari pengurangan CO ₂ ¹⁾ (Rp)	Potensi toksik (kg 1,4 dichlorobenzene eq)	Biaya Lingkungan akibat bahan toksik ²⁾ (Rp)	Manfaat dari pengurangan bahan toksik (Rp)	Jumlah Manfaat (Rp)
Skenario 1	953,928	-	-	468,05	133,097,506	-	-
Skenario 2	316,831	637,097	111,364,555,600	40,291,08	11,457,413,255	(11,324,315,749)	100,040,239,851
Skenario 3	336,218	617,710	107,975,708,000	269,78	76,716,259	56,381,247	108,032,089,247
Skenario 4	223,941	729,987	127,601,727,600	11,103,40	3,157,429,444	(3,024,331,938)	124,577,395,662
Skenario 5	369,237	584,691	102,203,986,800	257,59	73,249,838	59,847,668	102,263,834,468

Keterangan:

¹⁾ Dihitung berdasarkan mekanisme perdagangan CO₂ dengan harga Rp. 174,800,-/ton CO₂

²⁾ Biaya lingkungan bahan toksik disetarakan dengan biaya eksternal dari logam berat merkuri = Rp. 92,000,000,-/kg Hg atau Rp. 284.366,- /kg 1,4 dichlorobenzene (Sumber: Rabi, *et al.*, 2008)

Tabel 4.38 (Lanjutan)

Tabel. Perhitungan Nilai Manfaat Sosial dari Skenario Sistem Pengolahan Sampah Kota Tahun 2009

Sistem Pengolahan Sampah	Potensi pemanasan global (ton CO ₂ eq)	Jumlah pengurangan CO ₂ eq (ton)	Manfaat dari pengurangan CO ₂ ¹⁾ (Rp)	Potensi toksik (kg 1,4 dichlorobenzene eq)	Biaya Lingkungan akibat bahan toksik ²⁾ (Rp)	Manfaat dari pengurangan bahan toksik (Rp)	Jumlah Manfaat (Rp)
Skenario 1	978,182	-	-	479,95	136,481,462	-	-
Skenario 2	324,884	653,298	114,196,490,400	41,315,38	11,748,689,349	(11,612,207,887)	102,584,282,513
Skenario 3	344,834	633,348	110,709,230,400	276,54	78,638,574	57,842,888	110,767,073,288
Skenario 4	229,537	748,645	130,863,146,000	11,475,60	3,263,270,470	(3,126,789,008)	127,736,356,992
Skenario 5	368,513	609,669	106,570,141,200	284,41	75,189,214	61,292,248	106,631,433,448

Tabel. Perhitungan Nilai Manfaat Sosial dari Skenario Sistem Pengolahan Sampah Kota Tahun 2010

Sistem Pengolahan Sampah	Potensi pemanasan global (ton CO ₂ eq)	Jumlah pengurangan CO ₂ eq (ton)	Manfaat dari pengurangan CO ₂ ¹⁾ (Rp)	Potensi toksik (kg 1,4 dichlorobenzene eq)	Biaya Lingkungan akibat bahan toksik ²⁾ (Rp)	Manfaat dari pengurangan bahan toksik (Rp)	Jumlah Manfaat (Rp)
Skenario 1	1,003,884	-	-	492,56	140,067,317	-	-
Skenario 2	333,419	670,465	117,197,282,000	42,400,93	12,057,382,860	(11,917,315,543)	105,279,966,457
Skenario 3	353,877	650,007	113,621,223,600	283,80	80,703,071	59,364,246	113,680,587,846
Skenario 4	235,445	768,439	134,323,137,200	11,772,20	3,347,613,425	(3,207,546,108)	131,115,591,092
Skenario 5	378,073	625,811	109,391,762,800	271,36	77,165,558	62,901,759	109,454,664,559

Keterangan:

¹⁾ Dihitung berdasarkan mekanisme perdagangan CO₂, dengan harga Rp. 174,800,-/ton CO₂²⁾ Biaya lingkungan bahan toksik disetarakan dengan biaya eksternal dari logam berat merkuri = Rp. 92,000,000,-/kg Hg atau Rp. 284.366,- /kg 1,4 dichlorobenzene (Sumber: Rabi, *et al.*, 2008)

Tabel 4.38. (Lanjutan)

Tabel 4.38. (Lanjutan)

Tabel. Perhitungan Nilai Manfaat Sosial dari Skenario Sistem Pengolahan Sampah Kota Tahun 2011

Sistem Pengolahan Sampah	Potensi pemanasan global (ton CO ₂ eq)	Jumlah pengurangan CO ₂ eq (ton)	Manfaat dari pengurangan CO ₂ ¹⁾ (Rp)	Potensi toksik (kg 1,4 dichlorobenzene eq)	Biaya Lingkungan akibat bahan toksik ²⁾ (Rp)	Manfaat dari pengurangan bahan toksik (Rp)	Jumlah Manfaat (Rp)
Skenario 1	1,030,853	-	-	505.79	143,829,479	-	-
Skenario 2	342,376	688,477	120,345,779,600	43,540.23	12,381,361,044	(12,237,531,565)	108,108,248,035
Skenario 3	363,367	667,486	116,676,552,800	292.43	83,157,149	60,672,330	116,737,225,130
Skenario 4	241,410	789,443	137,994,636,400	12,067.70	3,431,643,578	(3,287,814,099)	134,706,822,301
Skenario 5	387,967	642,886	112,376,472,800	278.65	79,238,586	64,590,893	112,441,063,693

Tabel. Perhitungan Nilai Manfaat Sosial dari Skenario Sistem Pengolahan Sampah Kota Tahun 2012

Sistem Pengolahan Sampah	Potensi pemanasan global (ton CO ₂ eq)	Jumlah pengurangan CO ₂ eq (ton)	Manfaat dari pengurangan CO ₂ ¹⁾ (Rp)	Potensi toksik (kg 1,4 dichlorobenzene eq)	Biaya Lingkungan akibat bahan toksik ²⁾ (Rp)	Manfaat dari pengurangan bahan toksik (Rp)	Jumlah Manfaat (Rp)
Skenario 1	1,058,546	-	-	519.38	147,694,013	-	-
Skenario 2	351,572	706,974	123,579,055,200	44,709.95	12,713,989,642	(12,566,295,629)	111,012,759,571
Skenario 3	373,112	685,434	119,813,863,200	299.25	85,096,526	62,597,488	119,876,460,688
Skenario 4	248,112	810,434	141,663,863,200	12,406.90	3,528,100,525	(3,380,406,512)	138,283,456,688
Skenario 5	395,911	662,635	115,828,598,000	286.24	81,396,924	66,297,089	115,894,895,089

Keterangan:

¹⁾ Dihitung berdasarkan mekanisme perdagangan CO₂, dengan harga Rp. 174,800,-/ton CO₂²⁾ Biaya lingkungan bahan toksik disetarakan dengan biaya eksternal dari logam berat merkuri = Rp. 92,000,000,-/kg Hg atau Rp. 284.366,- /kg 1,4 dichlorobenzene (Sumber: Rabi, *et al.*, 2008)

Tabel 4.38. (Lanjutan)

Tabel. Perhitungan Nilai Manfaat Sosial dari Skenario Sistem Pengolahan Sampah Kota Tahun 2013

Sistem Pengolahan Sampah	Potensi pemanasan global (ton CO ₂ eq)	Jumlah pengurangan CO ₂ eq (ton)	Manfaat dari pengurangan CO ₂ ¹⁾ (Rp)	Potensi toksik (kg 1,4 dichlorobenzene eq)	Biaya Lingkungan akibat bahan toksik ²⁾ (Rp)	Manfaat dari pengurangan bahan toksik (Rp)	Jumlah Manfaat (Rp)
Skenario 1	1,114,656	-	-	546.91	155,522,609	-	-
Skenario 2	370,207	744,449	130,129,685,200	47,080.23	13,388,016,684	(13,232,494,075)	116,897,191,125
Skenario 3	392,852	721,804	126,171,339,200	315.11	89,606,570	65,916,039	126,237,255,239
Skenario 4	260,988	853,668	149,221,166,400	13,049.70	3,710,890,990	(3,555,368,381)	145,665,798,019
Skenario 5	419,550	695,106	121,504,528,800	301.29	85,676,632	69,845,977	121,574,374,777

Tabel. Perhitungan Nilai Manfaat Sosial dari Skenario Sistem Pengolahan Sampah Kota Tahun 2014

Sistem Pengolahan Sampah	Potensi pemanasan global (ton CO ₂ eq)	Jumlah pengurangan CO ₂ eq (ton)	Manfaat dari pengurangan CO ₂ ¹⁾ (Rp)	Potensi toksik (kg 1,4 dichlorobenzene eq)	Biaya Lingkungan akibat bahan toksik ²⁾ (Rp)	Manfaat dari pengurangan bahan toksik (Rp)	Jumlah Manfaat (Rp)
Skenario 1	1,119,543	-	-	549.30	156,202,244	-	-
Skenario 2	371,829	747,714	130,700,407,200	47,286.51	13,446,675,703	(13,290,473,459)	117,409,933,741
Skenario 3	394,565	724,978	126,726,154,400	316.48	89,996,152	66,206,092	126,792,360,492
Skenario 4	262,435	857,108	149,822,478,400	13,120.00	3,730,881,920	(3,574,679,676)	146,247,798,724
Skenario 5	429,352	690,191	120,645,386,800	302.28	85,958,154	70,244,089	120,715,630,889

Keterangan:

¹⁾ Dhitung berdasarkan mekanisme perdagangan CO₂ dengan harga Rp. 174,800,-/ton CO₂²⁾ Biaya lingkungan bahan toksik disetarakan dengan biaya eksternal dari logam berat merkuri = Rp. 92,000,000,-/kg Hg atau Rp. 284.366,- /kg 1,4 dichlorobenzene (Sumber: Rabi, et.al, 2008)

Tabel 4.38. (Lanjutan)

Tabel 4.38. (Lanjutan)

Tabel. Perhitungan Nilai Manfaat Sosial dari Skenario Sistem Pengolahan Sampah Kota Tahun 2015

Sistem Pengolahan Sampah	Potensi pemanasan global (ton CO ₂ eq)	Jumlah pengurangan CO ₂ eq (ton)	Manfaat dari pengurangan CO ₂ ¹⁾ (Rp)	Potensi toksik (kg 1,4 dichlorobenzene eq)	Biaya Lingkungan akibat bahan toksik ²⁾ (Rp)	Manfaat dari pengurangan bahan toksik (Rp)	Jumlah Manfaat (Rp)
Skenario 1	1,123,706	-	-	551.35	156,785,194	-	-
Skenario 2	373,211	750,495	131,186,526,000	47,462.36	13,496,681,464	(13,339,896,270)	117,846,629,730
Skenario 3	396,036	727,670	127,196,716,000	317.66	90,331,704	66,453,491	127,263,169,491
Skenario 4	263,277	860,429	150,402,989,200	13,166.40	3,744,076,502	(3,587,291,308)	146,815,697,892
Skenario 5	422,930	700,776	122,495,644,800	303.73	86,370,485	70,414,709	122,566,059,509

Tabel. Perhitungan Nilai Manfaat Sosial dari Skenario Sistem Pengolahan Sampah Kota Tahun 2016

Sistem Pengolahan Sampah	Potensi pemanasan global (ton CO ₂ eq)	Jumlah pengurangan CO ₂ eq (ton)	Manfaat dari pengurangan CO ₂ ¹⁾ (Rp)	Potensi toksik (kg 1,4 dichlorobenzene eq)	Biaya Lingkungan akibat bahan toksik ²⁾ (Rp)	Manfaat dari pengurangan bahan toksik (Rp)	Jumlah Manfaat (Rp)
Skenario 1	1,127,869	-	-	553.39	157,365,301	-	-
Skenario 2	374,594	753,275	131,672,470,000	47,638.21	13,546,687,225	(13,389,321,924)	118,283,148,076
Skenario 3	397,750	730,119	127,624,801,200	318.58	90,593,320	66,771,980	127,691,573,180
Skenario 4	263,337	864,532	151,120,193,600	13,428.00	3,818,466,648	(3,661,101,347)	147,459,092,253
Skenario 5	393,875	733,994	128,302,151,200	305.71	86,933,530	70,431,771	128,372,582,971

Keterangan:

¹⁾ Dihitung berdasarkan mekanisme perdagangan CO₂ dengan harga Rp. 174,800,-/ton CO₂

²⁾ Biaya lingkungan bahan toksik disetarakan dengan biaya eksternal dari logam berat merkuri = Rp. 92,000,000,-/kg Hg atau Rp. 284,366,-/kg 1,4 dichlorobenzene (Sumber: Rabi, et al., 2008)

Tabel 4.39. Perhitungan Rasio Manfaat-Biaya dan NPV Sistem Pengolahan Sampah Kota

Perhitungan B/C Ratio dan NPV Sistem Pengolahan Sampah Skenario 2

Tahun	Total Manfaat (Rp)	Total Biaya (Rp)	PV Manfaat (Rp)	PV Biaya (Rp)	B/C Ratio	
2007	115,189,882,404	145,762,679,861	107,654,095,704	136,226,803,608	0.684	
2008	100,040,239,851	149,391,154,451	87,379,019,872	130,484,019,959		
2009	102,584,282,513	153,189,713,788	83,739,332,017	125,048,438,127		
2010	105,279,966,457	157,215,052,788	80,317,582,334	119,938,611,033		
2011	108,108,248,035	161,438,823,991	77,079,686,737	115,103,650,338		
2012	111,012,759,571	165,775,985,025	73,972,489,085	110,463,538,517		
2013	116,897,191,125	174,563,696,924	72,797,695,600	108,709,497,202		
2014	117,409,933,741	175,329,078,283	68,333,650,404	102,043,119,856		
2015	117,846,629,730	175,981,069,811	64,100,758,360	95,722,041,926		
2016	118,283,148,076	176,633,061,339	60,129,154,596	89,791,291,699		
JUMLAH (Rp)	1,112,652,281,502	1,635,280,316,262	775,503,464,709	1,133,531,012,266		
NPV (Rp)						(358,027,547,557)

Perhitungan B/C Ratio dan NPV Sistem Pengolahan Sampah Skenario 3

Tahun	Total Manfaat (Rp)	Total Biaya (Rp)	PV Manfaat (Rp)	PV Biaya (Rp)	B/C Ratio	
2007	117,977,953,195	63,163,037,847	110,259,769,341	59,030,876,492	1.714	
2008	108,032,089,247	64,738,780,406	94,359,410,644	56,545,358,028		
2009	110,767,073,288	66,392,729,119	90,418,926,754	54,196,243,821		
2010	113,680,587,846	68,137,373,897	86,726,376,171	51,981,676,308		
2011	116,737,225,130	69,968,266,979	83,232,028,149	49,886,407,359		
2012	119,876,460,688	71,256,825,329	79,878,747,398	47,481,431,452		
2013	126,237,255,239	73,101,943,318	78,614,218,116	45,524,216,332		
2014	126,792,360,492	73,421,761,125	73,794,308,196	42,732,133,448		
2015	127,263,169,491	73,667,835,220	69,222,732,074	40,070,421,319		
2016	127,691,573,180	73,824,768,442	64,911,920,838	37,528,768,779		
JUMLAH (Rp)	1,195,055,747,795	697,673,321,682	831,418,437,681	484,977,533,338		
NPV (Rp)						346,440,904,343

Perhitungan B/C Ratio dan NPV Sistem Pengolahan Sampah Skenario 4

Tahun	Total Manfaat (Rp)	Total Biaya (Rp)	PV Manfaat (Rp)	PV Biaya (Rp)	B/C Ratio	
2007	138,755,520,151	97,232,610,447	129,678,056,216	90,871,598,549	1.281	
2008	124,577,395,662	99,649,837,022	108,810,722,039	87,038,026,921		
2009	127,736,356,992	102,172,062,570	104,270,917,014	83,402,837,753		
2010	131,115,591,092	104,856,856,266	100,027,456,669	79,994,793,596		
2011	134,706,822,301	107,675,678,849	96,044,102,583	76,771,270,886		
2012	138,283,456,688	110,080,646,231	92,144,106,046	73,351,382,609		
2013	145,665,798,019	114,325,454,854	90,713,338,118	71,196,147,501		
2014	146,247,798,724	114,825,838,496	85,117,550,380	66,829,683,444		
2015	146,815,697,892	115,230,195,029	79,858,012,024	62,677,591,241		
2016	147,459,092,253	115,514,208,392	74,960,725,166	58,721,566,068		
JUMLAH (Rp)	1,381,363,529,773	1,081,563,388,156	961,624,986,254	750,854,898,567		
NPV (Rp)						210,770,087,687

Perhitungan B/C Ratio dan NPV Sistem Pengolahan Sampah Skenario 5

Tahun	Total Manfaat (Rp)	Total Biaya (Rp)	PV Manfaat (Rp)	PV Biaya (Rp)	B/C Ratio	
2007	116,275,188,883	61,374,760,979	108,668,400,825	57,359,589,700	1.703	
2008	102,263,834,468	62,903,498,716	89,321,193,526	54,942,351,922		
2009	106,631,433,448	64,505,179,593	87,043,012,733	52,655,441,150		
2010	109,454,664,559	66,200,181,176	83,502,439,528	50,503,801,256		
2011	112,441,063,693	67,978,983,701	80,168,924,420	48,468,075,874		
2012	115,894,895,089	69,329,929,170	77,225,662,123	46,197,459,180		
2013	121,574,374,777	71,401,504,110	75,710,410,512	44,465,268,255		
2014	120,715,630,889	71,678,897,830	70,257,596,241	41,717,771,142		
2015	122,566,059,509	71,958,395,774	66,667,815,462	39,140,599,524		
2016	128,372,582,971	72,116,565,718	65,258,111,683	36,660,405,134		
JUMLAH (Rp)	1,156,189,728,286	679,447,896,767	803,823,567,054	472,110,763,137		
NPV (Rp)						331,712,803,916

Sampah Kota

B/C Ratio
0.684
(358,027,547,557)
B/C Ratio
1.714
346,440,904,343
B/C Ratio
1.281
210,770,087,687
B/C Ratio
1.703
31,712,803,916

Terkait dengan karakteristik kota, sistem pengolahan sampah dengan Skenario 1 tersebut umumnya diterapkan pada kota-kota di negara berkembang, dengan anggaran yang terbatas. Namun demikian, dilihat dari aspek lingkungan sistem pengolahan sampah tersebut memiliki dampak potensial yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan. Sebaliknya, pada kota dengan karakteristik yang berbeda, sistem pengolahan sampah dengan Skenario 2 merupakan sistem yang biasa diterapkan pada kota-kota di negara maju dengan tingkat pendapatan per kapita yang relatif tinggi. Untuk menerapkan sistem ini diperlukan anggaran biaya yang cukup tinggi, baik pada saat awal sebagai modal investasi, maupun pada saat operasional.

Pada kota di negara dengan tingkat pendapatan per kapita tinggi akan memiliki komposisi sampah yang berbeda dengan negara dengan tingkat pendapatan per kapita lebih rendah, dimana persentase komponen sampah anorganiknya cenderung lebih tinggi, sehingga dianggap lebih sesuai dengan pilihan teknologi insinerasi. Dari aspek konsumsi energi, sistem ini dapat menghasilkan sejumlah energi, sehingga dapat menghemat penggunaan sumberdaya alam. Melalui pendekatan model matematis, maka dapat diperkirakan jumlah netto energi dari sistem tersebut. Demikian pula hal yang sama juga dapat dilakukan untuk model perhitungan aspek lingkungan lainnya, seperti potensi pemanasan global dan potensi toksik.

Dilihat dari komposisi sampah diketahui bahwa perbandingan komposisi antara sampah organik dan sampah anorganik di wilayah Jakarta Barat adalah 65,42 persen dan 34,58 persen. Dengan persentase sampah organik yang cukup tinggi, maka penerapan teknologi pengomposan dapat dipandang sebagai pilihan teknologi yang sesuai untuk wilayah tersebut. Selain dapat mengurangi beban TPA dengan berkurangnya volume sampah, juga diperoleh manfaat dari dihasilkannya produk berguna (kompos).

Adanya alternatif pilihan teknologi yang dapat diterapkan dalam penanganan sampah kota sebagai upaya untuk mengurangi volume sampah dan mendapatkan manfaat dari

sampah menunjukkan bahwa penyelesaian masalah sampah di perkotaan tetap mengandung dimensi ilmu pengetahuan dan teknologi. Namun disadari pula, bahwa penanganan masalah sampah tidak dapat diselesaikan hanya dengan pendekatan teknologi saja, sebab pengelolaan sampah pada hakekatnya adalah aktivitas dari suatu sistem dan bukan aktivitas individual. Teknologi merupakan pendukung salah satu sub sistem di dalam sistem pengelolaan sampah kota, yaitu subsistem teknis operasional. Kesuksesan dalam pengelolaan sampah kota secara keseluruhan tentunya akan sangat bergantung pada subsistem-subsistem lainnya, seperti hukum, kelembagaan, pembiayaan dan aspek peran serta masyarakat.

Dalam kaitannya dengan sistem pengolahan sampah yang berkelanjutan tentunya selain layak secara teknis dan ekonomi, efektif secara lingkungan, namun juga harus dapat diterima secara sosial. Oleh karena itu, agar suatu sistem pengolahan sampah dapat berjalan secara efektif, maka partisipasi masyarakat sangat diperlukan. Untuk itu masyarakat perlu mengetahui perannya di dalam suatu sistem tersebut dan mampu bekerjasama dengan pemerintah lokal agar sistem pengolahan sampah dapat berjalan dengan baik.

Strategi dan cara yang baru dalam pemecahan masalah pada seluruh area masyarakat tidak hanya berpengaruh terhadap ekologi dan ekonomi, tetapi juga terhadap lingkungan sosial. Apabila konsekuensi sosial dalam strategi dan solusi diabaikan, maka implementasi dari suatu sistem pengolahan yang baru akan berisiko tidak diterima publik atau masyarakat.

Masyarakat Jakarta Barat merupakan masyarakat yang memiliki karakteristik seperti umumnya masyarakat ibukota dengan tingkat heterogenitas yang tinggi. Beragam suku, agama, kebiasaan, tradisi, adat dan sebagainya berusaha untuk tinggal di Jakarta dengan alasan yang beragam. Berbaurnya kaum pendatang di wilayah tersebut melahirkan suatu budaya tersendiri dan tentunya akan berpengaruh pada perilaku dalam penanganan sampah. Terkait dengan keberadaan fasilitas pengolahan

sampah kota terpadu, sumber masalah dari sikap penolakan masyarakat terhadap sarana pengolahan sampah umumnya karena masyarakat tidak ingin terganggu oleh keberadaan sampah, karena di tempat-tempat tersebut biasanya menimbulkan bau, mengundang lalat, kecoa dan tikus, terlihat kotor dan dapat menimbulkan penyakit.

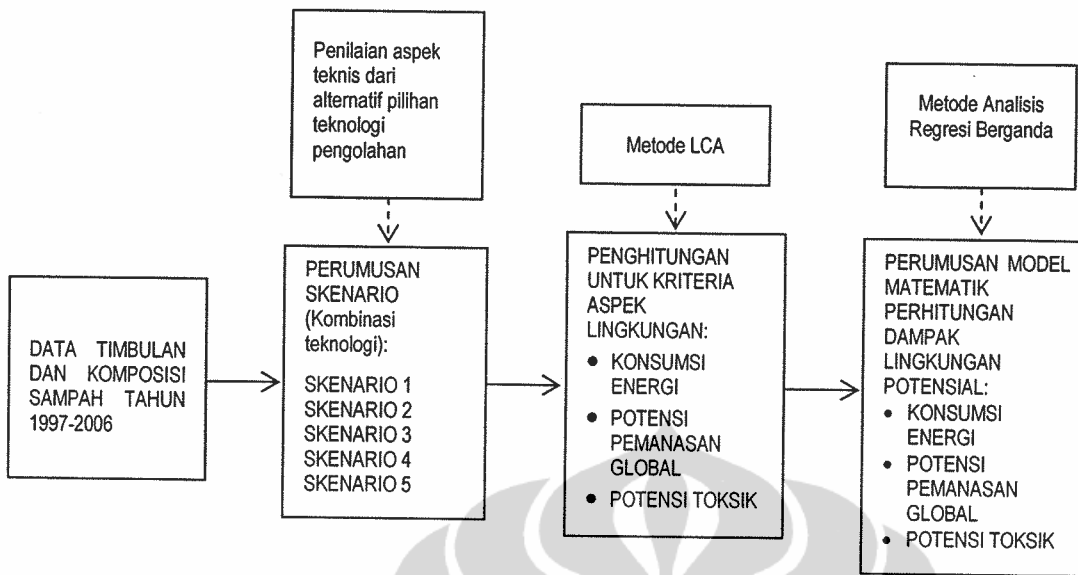
Dalam strategi optimasi sistem pengolahan sampah kota yang berkelanjutan, aspek sosial dalam hal penerimaan masyarakat, diasumsikan bahwa masyarakat di wilayah studi akan menerima sistem pengolahan sampah terpilih, karena dalam proses pengambilan keputusan, aspek tersebut telah dipertimbangkan yaitu dengan melihat dampak terhadap kesehatan masyarakat.

4.5. Hasil Pengembangan Model

Model optimasi sistem pengolahan sampah kota yang telah dikembangkan berdasarkan pertimbangan aspek keberlanjutan diharapkan dapat digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam menentukan sistem pengolahan sampah kota terpadu di wilayah perkotaan. Pengembangan model optimasi sistem pengolahan sampah kota dalam penelitian ini diawali dengan penyusunan alternatif kombinasi teknologi pengolahan yang diwujudkan dalam beberapa skenario sistem pengolahan sampah. Secara umum, strategi optimasi dilakukan melalui dua tahapan, yaitu perumusan model matematis perhitungan dampak lingkungan potensial dan implementasi model matematis tersebut, yang berimplikasi pada timbulnya beban biaya lingkungan. Dengan demikian, dapat dirumuskan nilai rasio manfaat-biaya dari setiap skenario sistem pengolahan sampah kota, sehingga dapat ditentukan skenario optimal.

1. Perumusan model perhitungan dampak potensial sistem pengolahan sampah kota

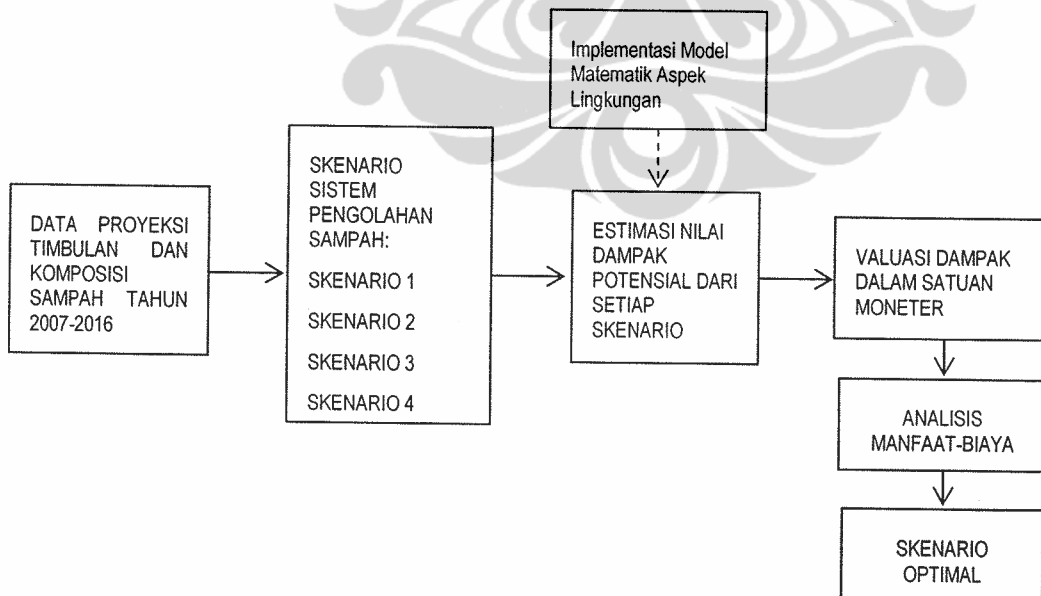
Tahapan untuk perumusan model perhitungan dampak potensial dari suatu skenario sistem pengolahan sampah kota dapat dilihat pada Gambar 4.35.



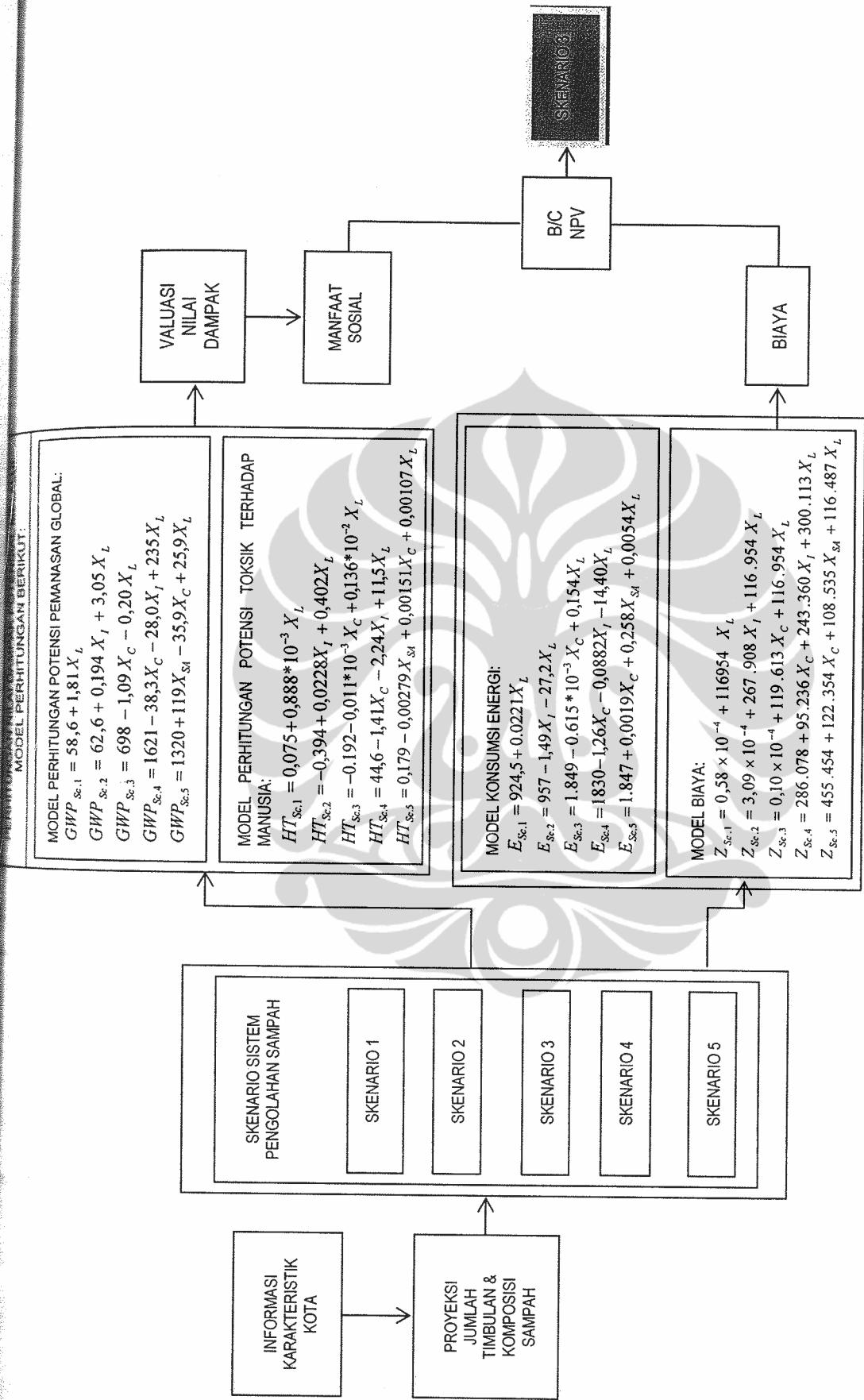
Gambar 4.35. Tahapan Perumusan Model Perhitungan Dampak Potensial

2. Implementasi model perhitungan dampak potensial

Implementasi model matematis perhitungan dampak potensial mencakup model perhitungan untuk menentukan besarnya total konsumsi energi, potensi pemanasan global, serta potensi toksik terhadap manusia dari suatu sistem pengolahan sampah kota. Tahapan implementasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.36.



Gambar 4.36. Tahapan Implementasi Model Perhitungan Dampak Potensial



Gambar 4.37. Model Optimasi Sistem Pengolahan Sampah Kota Terpadu

Secara keseluruhan, pengembangan model optimasi sistem pengolahan sampah kota dalam penelitian ini digambarkan secara diagram seperti pada Gambar 4.37.

Dari hasil pengembangan model ini dapat dilihat bahwa aspek teknis telah dipertimbangkan di dalam pengembangan model, khususnya pada saat penyusunan alternatif pilihan kombinasi teknologi pengolahan yang terintegrasi dalam suatu sistem pengolahan sampah. Demikian pula halnya dengan pertimbangan aspek ekologis, dimana nilai dampak lingkungan potensial dari suatu sistem pengolahan sampah kota dinilai melalui implementasi model matematis untuk perhitungan konsumsi energi, potensi pemanasan global dan potensi toksik. Sedangkan aspek sosial-ekonomi diperhitungkan dalam analisis manfaat-biaya, dimana adanya pengurangan kebutuhan lahan untuk TPA dan komponen beban biaya lingkungan dari risiko menurunnya kualitas lingkungan dimasukkan ke dalam perhitungan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan serta menjawab tujuan penelitian, maka dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan:

1. Model optimasi sistem pengolahan sampah kota merupakan model yang:
 - a. Memberikan alternatif pilihan kombinasi teknologi pengolahan sampah (skenario)
 - b. Mempertimbangkan dampak lingkungan potensial dari setiap skenario sistem pengolahan sampah, khususnya untuk konsumsi energi, potensi pemanasan global, dan potensi toksik.
 - c. Mempertimbangkan biaya dari setiap skenario sistem pengolahan sampah.
 - d. Mempertimbangkan manfaat sosial dari berkurangnya dampak lingkungan potensial dan berkurangnya kebutuhan lahan untuk TPA.
 - e. Dapat memberikan suatu keputusan mengenai sistem pengolahan sampah yang optimal untuk kota melalui analisis manfaat-biaya.
2. Implementasi pada wilayah studi Jakarta Barat menghasilkan suatu keputusan bahwa sistem pengolahan sampah yang merupakan kombinasi teknologi pengomposan dan teknologi *reusable landfill* (Skenario 3) merupakan sistem pengolahan sampah yang optimal untuk wilayah studi, dengan nilai rasio manfaat-biaya sebesar 1,714 dan nilai NPV sebesar Rp. 346.440.904.343,-.
3. Untuk mendukung pengambilan keputusan dalam menentukan sistem pengolahan sampah kota telah ditemukan aspek penting terkait dengan persoalan konsumsi energi, potensi pemanasan global, potensi toksik dari sampah serta biaya pengolahan sampah. Model perhitungan dampak lingkungan potensial dan model perhitungan biaya pengolahan sampah, masing-masing ditetapkan berdasarkan pilihan teknologi yang memungkinkan untuk diterapkan pada suatu kota dengan teknologi *reusable landfill*, pengomposan, insinerasi dan pemrosesan awal untuk daur ulang sampah serta kombinasinya. Fungsi-fungsi dalam model perhitungan dampak lingkungan potensial dan model perhitungan biaya yang digunakan sebagai pendekatan

untuk estimasi dampak lingkungan potensial dan biaya pengolahan dari suatu sistem pengolahan sampah diekspresikan dalam persamaan matematis.

4. Dimensi konsep dari sistem pengolahan sampah kota yang berkelanjutan mencakup dimensi tekno-ekologis dan dimensi sosio-ekonomi. Dimensi tekno-ekologis mengarah pada:
 - a. adanya jaminan dalam menggunakan sumberdaya alam terkait dengan konsumsi energi, yaitu kelajuannya tidak melampaui kemampuan dari sumberdaya tersebut untuk memperbaharui diri.
 - b. pengendalian pencemaran terkait dengan potensi pemanasan global dan potensi toksik, yaitu kualitas dan kuantitas limbah tidak melampaui kapasitas asimilasi ekosistem.

Sedangkan dimensi sosio-ekonomis mengarah pada adanya manfaat sosial dari pengurangan kebutuhan lahan untuk *landfill* serta biaya sosial yang dapat dihindarkan akibat dari pengurangan dampak lingkungan potensial, yang dimasukkan ke dalam perhitungan untuk menetapkan skenario sistem pengolahan sampah yang optimal.

5.2. Saran

1. Dalam kaitannya dengan dampak lingkungan potensial dalam menentukan sistem pengolahan sampah kota yang optimal, maka model perlu dikembangkan lebih lanjut, baik untuk kriteria dampak lingkungan lainnya yang belum terduga dalam penelitian ini, seperti polutan gas-gas asam, polutan penyebab kabut asap, maupun untuk aspek keberlanjutan lainnya, seperti aspek sosial masyarakat.
2. Untuk mendapatkan model optimasi sistem pengolahan sampah kota yang lebih sempurna, maka diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menguji model yang dihasilkan dari penelitian ini pada berbagai wilayah kota lainnya.
3. Dalam implementasinya, pengambilan keputusan untuk menentukan sistem pengolahan sampah kota yang optimal dengan menggunakan pendekatan model yang dikembangkan ini diperlukan data mengenai timbulan dan komposisi sampah, yang merupakan fungsi dari komponen karakteristik kota.

DAFTAR REFERENSI

- Amurwaraharja, I.P. 2003. Analisis Teknologi Pengolahan Sampah dengan Proses Hirarki Analitik dan Metoda Valuasi Kontingensi (Studi Kasus di Jakarta Timur), Tesis, Bogor.
- Anomayo, E.D. 2004. *Integration of Municipal Solid Waste Management in Accra (Ghana): Bioreactor Treatment Technology as an Integral Part of The Management Process*. LUMES, Lund University, Sweden.
- Anonim. 2005. *Outline Plan Pengelolaan Persampahan di DKI Jakarta. Solid Waste Management for DKI Jakarta, Master Plan Review and Program Development, WJEMP*. Joint Venture PT. Unisystem Utama dan IRMASia, Pty. Ltd.
- Anonim. 2009. Urban Ecosystem. Sustainability Concept. The Global Development Research Center. <http://www.gdrc.org/sustdev/>
- Anggadiredja, J. T. 2006. "Sistem Pengelolaan Terpadu Untuk Atasi Permasalahan Sampah Kota". *Makalah disajikan pada Lokakarya Sehari Pemecahan Masalah Sampah Kota Berbasis Teknologi Lingkungan*. BPPT, Jakarta.
- Azwar, A. 1996. *Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan*. Yayasan Mutiara, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Propinsi DKI Jakarta, 2007. *Jakarta Dalam Angka - Jakarta in Figure 2007*. Jakarta: Author.
- Balai Lingkungan Permukiman. 2001. *Pengelolaan Persampahan*. Pusat Litbang Permukiman, Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.
- Barata, E.J.G. 2002. "Solid Waste Generation and Management in Portugal: an Environmental Input-Output Modeling Approach". *Paper presented at 7th Biennial Conference of International Society for Ecological Economics*, Sousse, Tunisia.
- Barlaz, M.A., R. Ranjithan and Weitz, K.A., S.R. Nishtala. 1995. *Life-Cycle Study of Municipal Solid Waste Management. System Description*. North Carolina State University, Raleigh and Research Triangle Institute, Research Triangle Park, NC.
- BSD Cosultants Pty Ltd. 2001. *Modeling of Secondary Waste Treatment Scenarios City of Swan*. BSD Centre, 2 Bagot Road, PO Box 155 Subiaco, WA 6904.
- Budirahardjo, E. 2002. *Hal Ikhwal Cara-Cara Pengolahan Sampah Perkotaan. DKI Jakarta Sebagai Studi Kasus*. Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Dalam Negeri, Jakarta.

- Chambal, S., M. Shoviak., dan E. T. Alfred. 2003. "Decision Analysis Methodology to Evaluate Integrated Solid Waste Management Alternatives". *Journal Environmental Modeling and Assessment*, Volume 8; Number 1, pages 25-34, Kluwer Academic Publisher, USA.
- Chang, Y.H., and N. Chang. 1998. "Optimization Analysis for The Development of Short Term Solid Waste Management Strategies, Using Presorting Process Prior to Incinerators". *Resources, Conservation and Recycling*.
- Chaya, W., S.H. Gheewala. 2006. "Life Cycle Assessment of MSW-to-Energy Schemes in Thailand". *Elsevier Ltd.* <http://www.aseanenvironment.info/>
- Craighill, A.L. and J.C. Powell. 1997. *Lifecycle Assessment and Economic Evaluation of Recycling: A Case Study*. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment. University of East Anglia and University College London. UK.
- Crowe, M., K. Nolan, C. Collins, G. Carty, B. Donlon, M. Kristoffersen. 2002. *Biodegradable Municipal Waste Management in Europe, Part 1: Strategies and Instrument*. <http://www.eea.eu.nt>
- Benson, D. 1997. "Simulation Modeling and Optimization Using Promodel". *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, USA.
- Berger, C., F. Channy, A. Langevin, R. Loulou, C. Riopel, G. Savard and J.P. Waaub. 1998. "EUGENE: An Optimization-Based Decision Support System for Long Term Integrated Regional Solid Waste Management Planning". *Paper presented at Systems Engineering Models for Waste Management International Workshop*, Göteborg, Sweden. <http://www.entek.chalmers.se/>
- Boer, J. den, E. den Boer and J. Jager. 2007. "LCA-IWM: A Decision Support Tool for Sustainability Assessment of Waste Management System". *Waste Management*, Volume 27, Issue 8, pages 1032-1045.
- Dahlbo, H., M. Melanen., T. Jouttijärvi., S. Koskela., T. Myllymaa., and M. Ollikainen. 2002. "Life Cycle Approach to Sustainability of Waste Management – A Case Study on Newspaper, LCA-WASTE Project, 2001-2004". *Paper presented at 10th LCA Case Studies Symposium Recycling, Close-Loop Economy, Secondary Resources*. Joint SETAC Europe and ISIE meeting 2-4 December, Barcelona, Spain.
- Damanhuri, E., T. Padmi. 2004. *Pengelolaan Sampah*. Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Daskalopoulos, E., O. Badr, S. D. Probert. 1998. "An Integrated Approach to Municipal Solid Waste Management". *Resources, Conservation and Recycling*.

Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Spesifikasi Timbunan Sampah Untuk Kota Kecil dan Kota Sedang di Indonesia*. SK. SNI.S-04-1991-03. Yayasan LPMB, Bandung.

_____. 1996. *Materi Tingkat Lanjutan Persampahan: Kebijakan dan Strategi Pembangunan Bidang Persampahan*. Balai Latihan Air Bersih dan PLP, Bekasi.

_____. 2002. *Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan*. SNI 19-2454-2002. Badan Standarisasi Nasional.

_____. 2006. *Pekerjaan Penyusunan Perhitungan Biaya Spesifik Investasi Bidang Persampahan*. Ditjen Cipta Karya, Satuan Kerja Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman, Jakarta.

Dinas Kebersihan DKI Jakarta. 2005. *Paparan Tentang Rencana Strategis Pengelolaan Sampah DKI Jakarta Tahun 2005-2015*. Jakarta.

_____. 2008. "Pengelolaan Sampah DKI Jakarta". Makalah yang disajikan pada seminar Teknologi dan Manajemen Pengolahan Limbah Padat Indonesia-Jerman. Universitas Indonesia, Depok.

Djuwendah, E. 2005. "Sosial Ekonomi Usaha Daur Ulang dan Pengomposan Sampah di Kotamadya Bandung". *Sosiohumaniora*, Volume 7, No.3, November 2005: 248-263.

EC, Environment DG. 2003. *Preparing a Waste Management Plan*. *European Topic Centre on Waste and Material Flows*. <http://europa.eu.int/comm/environment/waste/plans>

EPIC and CSR. 2000. *Integrated Solid Waste Management Tools: Measuring The Environmental Performance of Waste Management System*. Environment and Plastics Industry Council, Corporations Supporting Recycling, Canada.

Eriksson, O. 2003. *Environmental and Economic Assessment of Swedish Municipal Solid Waste Management in a System Perspective*. Royal Institute of Technology, Department of Chemical Engineering and Technology, Industrial Ecology, Stockholm.

Erkut, E., A. Karagiannidisb, G. Perkoulidisb, S. A. Tjandraa. "A Multi Criteria Facility Location Model for Municipal Solid Waste Management in North Greece". *European Journal of Operational Research*. <http://www.sciencedirect.com.science/article>

Febijanto, I. 2001. "Sampah Kota Sebagai Energi Alternatif". Penerapan Teknologi RDF. *Dimensi* Vol.4 No.1.

Franke, M., A. Garmendia. 2000. "The Application of Experience in European Integrated Waste Management to Latin American Conditions". *Paper*

presented at Seminario Internacional Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos, Siglo XXI.

- Fiorucci, P., R. Minciardi, M. Robba, R. Sacile. 2003. "Solid Waste Management in Urban Areas. Development and Application of Decision Support System". *Resources, Conservation and Recycling*. Volume 37, Issue 4.
- Finnveden, G., J. Johansson., P. Lind., and A. Moberg. 2000. *Life Cycle Assessment of Energy From Solid Waste*. University of Stockholm. The Environmental Strategies Research Group. Stockholm.
- Flintoff, F. 2002. *Management of Solid Waste in Developing Countries*. World Health Organization, New Delhi, India.
- Friðriksson, G.B., T. Johnsen., H.J. Bjarnadóttir., H. Sletnes. 2002. *Guidelines for The Use of LCA in Waste Management Sector*. Nordtest Project nr. 1537-01. Linuhönnun Consulting, Det Norske Veritas (DNV), The Environmental Strategies Research Group (ESRG) at Stockholms University, The Department of Manufacturing Engineering and Management (IPL) at The Technical University of Denmark.
- Gloria, T. P., B. C. Lippiat, J. Cooper. 2007. *Life Cycle Impact Assessment Weights to Support Environmentally Preferable Purchasing in United State*. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland.
- Grand Kartech Indonesia, PT. <http://www.e-steamboilers.com/en/incinerator.asp>
- Heimlich, J.E., K.L. Hughes, and A.D. Christy. *Integrated Solid Waste Management*. Ohio State University Fact Sheet. Community Development. <http://www.ohioline.ag.ohio-state.edu/>
- Herminindian, Nurina Aini. 2007. *Pemilihan dan Strategi Penerapan Teknologi Pengolahan Sampah Terpadu (Studi Kasus di Provinsi DKI Jakarta)*. Tesis, Jakarta.
- Hernowo, B. 2007. "Pengelolaan Sampah Regional Terpadu". *Makalah disajikan pada Lokakarya Integrasi Sistem Infrastruktur DKI Jakarta dan Botabek*. Engineering Center, Universitas Indonesia.
- Holland, M., S. Faberi and G. Leone, P. Preiss and A. Gressman, J. Cadman. 2002. *The Application of The External Cost Concept on Innovative Industrial Technologies*. UK
- Hoorweg, D., L. Thomas, K. Varma. 1999. *What a Waste: Solid Waste Management in Asia*. Urban Development Sector Unit, East Asia and Pacific Region.

- Huang, G.H., N. Sae-Lim, Z. Chen and L. Liu. 2001. *Long-term Planning of Waste Management System in the City of Regina – An Integrated Inexact Optimization Approach*. Environmental System Engineering Program, Faculty of Engineering, University of Regina, Canada.
- Huei Huang, K. 1995. "Environmental Analysis and Solid Waste Management in Taiwan-ROC". pp.139-144 in *Traditional Technology for Environmental Conservation and Sustainable Development in Asia-Pacific Region. Proceedings of the UNESCO-University of Tsukuba International Seminar on Traditional*, Japan. <http://www.eubios.info>. 3/16/2008 12:31 pm.
- Isroi. 2008. *Pengomposan Limbah Padat Organik*. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Bogor.
- Jolly, A.M. 2005. *Multi Criteria Decision Making for Product Design in The Frame of Sustainable Development*. GEMTEX-ENSAIT, Cedex, France.
- Kaplan, P.O., M.A. Barlaz, and S. Ranjithan. 2004. "Life-cycle-based Solid Waste Management Under Uncertainty". *Journal of Industrial Ecology*, 8(4), pp.155-172.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2004. *Laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia*. Kantor Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kirkeby, J.T. 2005. *Modeling of Life Cycle Assessment of Solid Waste Management Systems and Technologies*. Environment & Resources DTU. Technical University of Denmark. Kgs. Lyngby.
- Kumar, S. 2000. "Technology Options for Municipal Solid Waste-to-Energy Project". *TERI Information Monitor on Environmental Science*, Volume 5, Number 1(June 2000)
- Liamsanguan, C., S.H. Gheewala. 2004. "Environmental Evaluation of Municipal Solid Waste Management in Phuket: A Life Cycle Perspective". *Paper presented at The Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE)*, Hua Hin, Thailand.
- Louis, G.E., T. Ahmad. 2005. *Technology Assessment for Sustainable Sanitation Services in Low-Income Communities*. Department of System and Information Engineering, Charlottesville, VA.
- MacKinnon, L. 2007. *The Eco-municipality Model for Sustainable Community Change a Systems Approach to Creating Sustainable Community*. <http://www.naturalstep.org/com/>
- Lund, H.F. 2001. *Recycling Handbook*. The Mc. Graw-Hill, Inc.

- Mahini, A.S., and M. Gholamalifard. 2006. "Siting MSW Landfill With a Weighted Linear Combination Methodology in GIS Environment". *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 3 (4): 435-445.
- Manetsch, T. J., G. L. Park. 1997. *System Analysis and Simulation with Application to Economic and Social System*. Part 1. Third edition. Department of Electrical Engineering and System Science, Michigan State University, East Lansing, Michigan.
- Mavropoulos, A. and A. Karkazi. 1999. *Assessing The Feasibility of a Solid Waste Treatment-disposal Scenario in The Developing Countries*. <http://www.epem.gr/>
- Mc Dougall, F.R. 2005. *The Use of Life Cycle Assessment Tools to Develop Sustainable Municipal Solid Waste Management System*. Corporate Sustainable Development, Procter and Gamble. <http://www.bvsde.paho.org/>
- METAP Regional Solid Waste Management Project. 2000. "Solid Waste Management Financing and Cost Recovery". *Issue paper 2*.
- Muhammadi, E. Aminullah, dan B. Soesilo. 2001. *Analisis Sistem Dinamis Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, Manajemen*. UMJ Press. Jakarta.
- Nie. Yongfeng and Li. Tianwei., Yan.Gang and Wang. Yeyao., Ma. Xiaofan. 2004. "An Optimal Model and its Application for The Management of Municipal Solid Waste From Regional Small City in China". *Journal of the Air and Waste Management Association*; Feb 2004; 54, 2; Pro Quest Science Journals.
- Ogawa, H. 1996. "Sustainable Solid Waste Management in Developing Countries". *Paper presented at The 7th ISWA International Perspective*.
- Olson, R. L., R. A. Sequeira. 1995. "An Emergent Computational Approach to The Study of Ecosystem Dynamics". *Ecological Modeling*, Volume 79, Issue 1-3. <http://www.sciencedirect.com/>
- Pickett, S. T. A, J.M. Grove. 2009. "Urban Ecosystem: What would Tansley do?". *Springer Science and Business Media, LLC*.
- Pintér, J.D. 2006. *Nonlinear System Modeling and Optimization: Software Implementations and Application*. PCS Inc., Halifax, NS, Canada. <http://www.modelingandsimulation.org/>
- Piracha, A.L. and P.J Marcotullio. 2003. *Urban Ecosystem Analysis. Identifying Tools and Methods*. United Nation University Institute of Advanced Studies (UNU/IAS), Shibuyaku, Tokyo, Japan.
- Procter & Gamble. 2005. <http://www.scienceinthebox.com>

- Polpraset, C. 2007. *Organic Waste Recycling. Technology and Management*. IWA Publishing. London, UK.
- Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan (P3TL). 2004. *Materi Pelatihan Teknologi Pengolahan Sampah*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta.
- Putra, S.E. "Pemanfaatan Metode Pendekatan Co-management Dalam Melakukan Analisis Permasalahan Pengelolaan Sampah di Indonesia: (Suatu pemikiran)". *Jurnal Ekonomi Lingkungan Edisi 20*.
- Rabl, A., J.V. Spadaro and A. Zoughaib. 2008. "Environmental Impacts and Costs of Solid Waste: A Comparison of Landfill and Incineration". *Waste Management and Research*, Vol.26, 147-162.
- Robba, M., R. Minciardi, M. Paolucci and R. Sacile. 2001. *A Multi Objective Approach for Solid Waste Management*. Department of Communication, Computer and System Sciences, University of Genova, Genova, Italy and Center for Environmental Monitoring Research, Savona, Italy.
- Roland, L., B. Peter. 2005. *Analyzing the Waste Generation in The City of Belgrade*. Institute of Waste Management, Department of Water-Atmosphere-Environment, BOKU-University of Natural Resources and Applied Life Sciences.
- Rosa, P.P.H. 2008. Modul 2 SPPK: *Pengambilan Keputusan dan Pemodelannya*. FMIPA USD. <http://www.ikom.usd.ac.id:4/15/2008>.
- Sadiq, R., B. Veitch, C. Williams, V. Pennel, H. Niu, B. Worakanok, K. Hawboldt, T. Husain, N. Bose, Mukhtasor, and C. Coles. 2002. "An Integrated Approach to Environmental Decision-making for Offshore Oil and Gas Operations". *Paper presented at Canada-Brazil Oil and Gas HSE Seminar and Workshop*. <http://www.cormix.info/pdf/veitch.pdf>
- Sato, A., J. Okamoto. 2005. "Model Development of People's Participatory Solid Waste Management in Dhaka City-through The Experience of Pilot Project for Solid Waste Management at Ward Level". *Kokuasai Kenkyu Vol.21-(2)*, Japan.
- Sergio, R.B. 1997. *Sustainability Indicators for a Waste Management Approach*. Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, Rio de Janeiro, Brasil. www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/mexico
- Seyhan, E. 1999. *Multi Criteria Decision Making*. Methodology, Modeling Approach, Solution Procedures.
- Shmelev, S. E and J. R. Powell. 2006. "Ecological-Economic Modeling for Strategic Regional Waste Management Systems". The Open University, UK and University of Gloucestershire, UK. *Journal Ecological Economics*. Volume 59, Issue 1, August 2006, pages: 115-130.

- Sidik, M. A., D. Herumartono, dan H. Sutanto. 1995. *Teknologi Pemusnahan Sampah Dengan Insinerator dan Landfill*. Direktorat Riset Operasi dan Manajemen, Deputi Bidang Analisa Sistem, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Sidik, M.A., R. Taufiq, S. Pratiwi, L.W. Satwiko, D.H. Martono, dan Priyambodo. 2006. *Kebijakan Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat (Studi Kasus DKI Jakarta)*. Pusat Pengkajian Kebijakan Inovasi teknologi, Deputi Bidang Pengkajian Kebijakan Teknologi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Sivapalan, K., M.Y. Muhd. Noor, S. Abd Halim, S. Kamaruzzaman, and A.R. Rakmi. 2002. "Comprehensive Characteristic of Municipal Solid Waste Generated in Kuala Lumpur". *Proceeding of the Regional Symposium on Environment and Natural Resources*, Vol 1:359-368. Malaysia.
- Sitinjak, T.JR. 2006. *Riset Operasi Untuk Pengambilan Keputusan Manajerial dengan Aplikasi Excel*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Soeharto, I. 1995. *Manajemen Proyek. Dari Konseptual Sampai Operasional*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Solano, E., R.D. Dumas, K.W. Harrison, S. Ranjithan, M.A. Barlaz, and E.D. Brill. 2002. "Life Cycle Based Solid Waste Management-2. Illustrative Application". *ASCE Journal of Environmental Engineering*. Vol 128 (10), pp.981-992.
- South Dade Soil and Water Conservation Distric, Florida City. <http://www.southdadeswcd.org>
- Stypka, T. 2005. *Integrated Solid Waste Management Model as a Tool of Sustainable Development*. Department of Environmental Engineering, Cracow University of Technology, Krakow, Poland.
- Sudradjat, H. R. 2006. *Mengelola Sampah Kota*. Penebar Swadaya, Cimanggis, Depok.
- Suparmoko, M., 2006. *Panduan & Analisis Valuasi Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. BPFE, Yogyakarta.
- _____ dan M.R. Suparmoko. 2007. *Ekonomika Lingkungan*. BPFE Yogyakarta.
- Syafrizal, M. 2005. Model Teknologi Pengolahan Sampah di Wilayah Perkotaan (Studi Kasus Kota Bandar Lampung). Tesis, Bogor.
- Taha, H.A. 2007. *Operations Research. An Introduction*. Pearson Education, Inc. New Jersey.

- Tani, K. 2005. "Proyek Sampah Kota Osaka. Mekanisme Sistem UU Untuk Pembentukan Masyarakat Daur Ulang". *Makalah disajikan pada Seminar Indonesia, Dinas Lingkungan Kota Osaka, Japan.*
- Tchobanoglous, G., H. Theisen and S. A. Vigil. 1993. *Integrated Solid Waste Management : Engineering Principles and Management Issues.* McGraw-Hill, Book Co, Singapore.
- _____ and F. Kreith. 2002. *Handbook of Solid Waste Management.* The McGraw-Hill Companies, Inc. United States of America.
- Teixeira, A.A., D.P. Chynoweth, J.M. Owens, E. Rich, A.L. Dedrick, and P.J. Haley. 2004. *Prototype Space Mission SEBAC Biological Solid Waste Management System.* SAE International.
- The Green Lane. 2003. Environment Canada's World Wide Web Site : <http://www.ec.gc.ca/ecocycle/issue6/en/p3.cfm>
- The Ohio State University. Bulletin 604-06. www.ohioline.osu.edu
- The World Bank. *Urban Solid Waste Management Analysis of Technology Choices.* <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS:1/29/2008>.
- Thorneloe, S. A. 1992. "Landfill Gas Recovery/Utilization Option and Economics". *Proceeding The 16th Annual Conference on Energy From Biomass and Waste.* Institute of Gas Technology, Orlando, Florida.
- Thorneloe, S.A., K.A. Weitz, and S.R. Nishtala. 2001. "U.S Case Studies Using Municipal Solid Waste Decision Support Tool". Air Pollution Prevention and Control Division, Office of Research and Development, U.S Environmental Protection Agency, North Carolina and Center for Environmental Analysis, Research Triangle Institute, North Carolina. *Proceedings for Sardinia 2001-Eighth International Waste Management and Landfill Symposium, Cagliari.*
- Tsakarestos, I., M. Kornaros, G. Lyberatos. 2004. *Development of a Computer Model for Integrated Municipal Solid Waste Management System-MSWM.* Department of Chemical Engineering, University of Patras, Patras, Greece.
- Tsilemou, K., and D. Panagiotakopoulos. 2005. *The Use of Life Cycle Assessment Tool for The Development of Integrated Waste Management Strategies for Cities and Region with Rapid Growing Economies.* Democritus University of Thrace (DUTH) Laboratory of Project Management. Xanthi, Greece.
- United Nation Environment Programme. 1995. *Integrated Waste Management Scoreboard.* A Tool to Measure Performance in Municipal Solid Waste Management.
- _____. 1995. *Environmental Impacts of Composting.* Division of Technology, Industry, and Economics, UNEP. www.unep.or.jp/letc/ESTdir/Pub/MSW:6/27/2008.

- United States Environmental Protection Agency. 1997. *Full Cost Accounting for Municipal Solid Waste: A Handbook*. <http://www.epa.gov/>
- Upadhyay, V.P., M.Rajeswar, A. Srivastav and K. Singh. 2005. *Eco Tools for Urban Waste Management in India*. Ministry of Environment and Forests, North Eastern Regional Office, Meghalaya, India and Ministry of Environment and Forests, Eastern Regional Office, Orissa, India.
- Urban Development Sector Unit, East Asia and Pacific Region. 1999. *What a Waste: Solid Waste Management in Asia*. The International Bank of Reconstruction and Development. The World Bank, Washington D.C, USA.
- URS Corporation. 2005. *Summary Report: Evaluation of Alternative Solid Waste Processing Technologies*. Bureau of Sanitation, Department of Public Works, City of Los Angeles, Los Angeles, CA.
- Utama, Paramita. 2007. *Evaluasi Pemilihan Teknik Pengolahan Sampah Padat di Kota Surabaya Dengan Menggunakan Metode Electre III*. Tesis, Surabaya.
- van Beukering, P., M. van Drunen, K. Dorland, H. Jansen. 1998. *External Economic Benefits and Costs in Water and Solid Waste Investments*. Institute for Environmental Studies. Amsterdam.
- Verhoef, E.V., J. A. van Houwelingen, G.P.J. Dijkema, M.A. Reuter. 2006. "Industrial Ecology and Waste Infrastructure Development: A Roadmap for The Dutch Waste Management System". *Technological Forecasting and Social Change* 73 (2006) 302-315. Elsevier Inc. <http://www.sciencedirect.com>
- Viniegra, M.E.I, I.I. Cortes, E.M. Cuevas. 2001. *Economic Valuation of Environmental Impact of Solid Waste Management: A Case Study*. Department of Economics, Universidad de las Américas-Puebla.
- Voronov, A. 2007. *The Life Cycle Thinking Model for Approximating Neighborhood Environmental Practice Relating to Solid Municipal Waste Management*. St. Petersburg, ENGECON.
- Wäger, P. A., and L.M. Hilty. *A Simulation System for Waste Management from System Dynamics Modeling to Decision Support*. Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research (EMPA), Lerchenfeldstrasse, St. Gallen.
- Wang, F. S., A. J. Richardson, F. A. Roddick. 1996. "SWIM – A Computer Model for Solid Waste Integrated Management". *Computer, Environmental and Urban System*.
- Wardhani, C. 2004. *Partisipasi Masyarakat Pada Kegiatan Pemilahan Sampah (Studi Kasus di Kampung Banjarsari, Kecamatan Cilandak Barat, Jakarta Selatan)*. Tesis, Jakarta.

- Žičkienė, S., V. Tričys, A. Kovierienė. 2005. "Municipal Solid Waste Management: Data Analysis and Management Options". *Environmental research, engineering and management*. No.3 (33), p. 47-54.
- Zhou, P., B.W. Ang, K.L. Poh. 2004. *Decision Analysis in Energy and Environmental Modeling: An Up Date*. Department of Industrial and System Engineering, National University of Singapore, Singapore.





Lampiran 1 Jumlah dan Kepadatan Penduduk Jakarta Utara Menurut Kelurahan

No.	Kelurahan	Luas wilayah (Ha)	Jumlah penduduk (jiwa)	Kepadatan (jiwa/ha)	Tingkat Keadaan Penduduk	Perumahan				Sementara		Jumlah rumah	Perumahan	Sementara	Jml rtm per Ha	Jml rtm per Ha	Jumlah bangunan bukan tmp tinggal	Toko	Gudang	Lainnya	Jml bangunan bukan tmp tinggal	Jml bangunan bukan tmp tinggal	Jml bangunan per Ha	
						3 Unit	Perentase	1 Unit	Perentase	I Unit	Perentase													
1	Congkang Timur	511,00	44.111	86	RENDAH	4.995	58,38%	2.600	30,38%	982	11,24%	8.558	10	5	2	17	2	440	-	30	472	0,92	9,030	18
2	Congkang Barat	545,00	46.567	85	RENDAH	3.759	37,69%	5.090	50,93%	1.135	11,24%	9.974	7	9	2	18	2	197	9	23	231	0,42	10,205	19
3	Duri Kosambi	703,00	40.296	80	RENDAH	3.347	21,06%	6.431	40,68%	6.116	38,48%	15.894	7	13	12	32	1	96	-	8	103	0,30	15,972	32
4	Kapak	523,00	53.641	74	RENDAH	5.526	52,89%	2.445	23,08%	2.477	23,71%	10.448	8	3	3	14	1	198	45	118	362	0,50	10,810	15
5	Kedondong Kalengke	261,00	18.558	71	RENDAH	3.995	56,28%	2.332	32,94%	774	10,90%	7.101	15	9	3	27	1	198	15	26	96	0,37	7,197	28
6	Rawa Buaya	467,00	26.470	57	RENDAH	7.336	73,86%	1.981	19,95%	615	6,19%	9.932	16	4	1	21	1	114	2	26	143	0,31	10,075	22
7	Kecamatan Congkang	3.010,00	229.601	76	RENDAH	28.959	46,78%	20.869	33,14%	17.079	19,51%	61.907	10	7	4	21	1	1.655	12	128	1.603	0,56	65,314	72
1	Jelambar	144,47	41.406	287	SEDANG	4.817	73,09%	632	9,59%	1.142	17,33%	6.591	33	4	8	46	3	106	-	7	172	1,19	6,763	47
2	Jelambar Baru	143,85	36.995	257	SEDANG	1.505	19,41%	2.005	25,98%	4.245	54,74%	7.755	10	14	3	54	9	212	-	13	234	1,63	7,989	56
3	Grogol	122,48	27.643	226	SEDANG	3.022	35,23%	3.505	41,13%	2.015	23,64%	8.522	25	29	16	70	13	77	-	4	94	0,77	8,616	70
4	Tanjung Duren Utara	137,50	27.504	206	SEDANG	4.717	94,53%	273	5,47%	-	-	5.000	35	2	-	37	38	136	-	11	185	1,39	5,125	39
5	Tomang	187,65	36.184	193	SEDANG	3.165	51,91%	2.066	33,77%	867	14,22%	6.099	17	11	5	33	13	76	-	3	92	0,49	6,191	38
6	Tanjung Duren Selatan	136,63	22.524	165	SEDANG	3.169	75,96%	977	23,42%	26	0,62%	4.172	23	7	0	31	48	135	-	4	187	1,37	4,959	32
7	Wilaya Kusuma	261,06	25.948	99	RENDAH	2.875	21,68%	8.841	66,66%	1.546	11,66%	13.962	11	84	6	51	42	71	-	6	133	0,47	13,962	51
8	Kecamatan Grogol Petamburan	1.129,64	218.204	198	SEDANG	22.251	45,24%	18.299	38,61%	3.641	19,15%	51.991	21	16	9	45	17	863	-	4	1.087	0,96	55,718	46
1	Sukabumi Utara	180,00	27.580	172	SEDANG	1.774	34,06%	3.237	62,15%	197	3,78%	5.208	11	20	1	33	10	103	-	-	113	0,71	5,321	33
2	Kelapa Dua	145,00	18.266	126	SEDANG	1.395	35,93%	2.435	67,11%	53	1,36%	3.883	10	17	0	27	3	72	-	-	75	0,52	3,958	27
3	Kebon Jeruk	316,00	39.266	125	SEDANG	2.604	41,52%	3.570	56,93%	97	1,55%	6.271	8	11	0	20	15	175	-	-	191	0,61	6,462	21
4	Duri Kepa	386,00	47.415	123	SEDANG	6.764	44,21%	2.588	16,78%	5.969	39,01%	15.301	16	7	15	40	22	213	-	-	237	0,61	15,538	40
5	Sukabumi Selatan	157,00	19.000	121	SEDANG	2.733	64,03%	1.416	33,17%	120	2,81%	4.269	17	9	1	27	4	81	-	-	86	0,55	4,355	28
6	Kedoya Utara	324,00	29.880	92	RENDAH	5.397	69,20%	712	9,13%	1.690	21,67%	7.799	17	2	5	24	45	307	-	-	354	1,09	8,153	25
7	Kedoya Selatan	306,00	18.909	62	RENDAH	2.957	69,13%	1.641	35,06%	85	1,82%	4.681	10	5	0	15	19	92	-	-	111	0,36	4,792	16
8	Kecamatan Kebon Jeruk	1.792,00	200.266	112	SEDANG	28.922	49,82%	15.579	25,28%	2.211	3,73%	47.412	13	9	5	26	18	104	-	-	1.671	0,93	68,579	27
1	Krukut	55,00	24.157	439	TINGGI	2.195	69,57%	960	30,43%	-	0,00%	3.155	40	17	-	-	-	-	-	-	-	-	3.155	57
2	Maphar	59,00	23.329	395	TINGGI	2.442	56,07%	1.913	43,93%	-	0,00%	4.355	41	32	-	-	-	-	-	-	-	-	4.355	74
3	Taman Sari	68,00	22.477	331	TINGGI	2.284	68,97%	1.090	31,08%	-	0,00%	3.374	34	15	-	-	-	-	-	-	-	-	3.374	49
4	Tanagi	34,00	20.234	595	TINGGI	2.235	87,99%	305	12,01%	-	0,00%	2.540	66	9	-	-	-	-	-	-	-	-	2.540	75
5	Mangga Besar	51,00	11.121	218	SEDANG	1.729	80,99%	406	19,02%	-	0,00%	2.135	34	8	-	-	-	-	-	-	-	-	2.135	42
6	Keagungan	32,00	25.558	798	TINGGI	2.522	76,81%	877	23,09%	-	0,00%	3.399	91	27	-	-	-	-	-	-	-	-	3.399	119
7	Glodok	98,00	11.066	291	SEDANG	2.030	100,00%	-	0,00%	-	0,00%	2.030	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.030	53
8	Pinangsis	96,00	16.571	173	SEDANG	2.454	75,58%	793	24,42%	-	0,00%	3.247	26	8	-	-	-	-	-	-	-	-	3.247	34
9	Kecamatan Taman Sari	433,00	154.491	357	TINGGI	18.291	74,93%	6.364	25,57%	-	0,00%	24.655	42	35	-	-	-	-	-	-	-	-	24.655	57
1	Kallayar	31,80	27.926	878	TINGGI	1.865	37,93%	2.960	56,73%	296	5,87%	5.041	59	9	159	2	3	-	-	-	5	0,16	5,046	159
2	Krendang	31,37	23.745	749	TINGGI	1.958	39,59%	2.126	42,96%	865	17,46%	4.949	61	66	27	155	8	2	-	-	10	0,31	4,959	155
3	Duri Utara	40,50	26.424	652	TINGGI	1.392	45,67%	1.446	46,30%	510	16,73%	3.048	34	28	13	75	2	80	1	5	88	2,17	3,156	77
4	Tanah Serai	61,57	37.030	601	TINGGI	4.146	70,26%	1.480	25,09%	275	4,66%	5.901	67	24	4	96	7	62	-	2	71	1,15	5,972	97
5	Duri Selatan	34,30	17.442	509	TINGGI	1.260	40,28%	896	26,64%	972	31,07%	3.128	37	26	28	28	9	14	20	1	38	1,11	3,166	92
6	Jembatan Besi	53,31	27.009	488	TINGGI	1.966	49,57%	1.022	47,71%	108	2,72%	3.966	36	34	2	72	8	138	-	6	152	2,75	4,118	74
7	Pekojan	77,80	37.460	479	TINGGI	2.562	47,50%	2.375	38,09%	899	14,72%	6.236	38	31	12	80	1	362	10	4	377	4,85	6,613	85
8	Tambora	28,33	12.716	449	TINGGI	884	42,32%	915	43,80%	290	13,88%	2.089	31	32	10	74	7	275	10	-	292	10,31	2.381	84
9	Angke	79,77	33.313	418	TINGGI	1.844	42,16%	1.983	42,14%	687	15,71%	4.374	23	23	9	55	18	2	9	8	37	0,46	4,411	55
10	Jembatan Lima	46,31	18.804	406	TINGGI	2.384	69,90%	736	21,40%	320	9,30%	3.440	51	16	7	74	3	178	6	-	187	4,04	3,627	78
11	Roa Malaka	53,01	4.364	82	RENDAH	258	71,78%	266	75,19%	32	8,03%	1.056	14	5	1	20	42	315	10	4	371	7,00	1,427	27
12	Kecamatan Tambora	540,67	266.033	492	TINGGI	21.439	48,62%	16.335	36,23%	5.294	12,15%	43.228	40	31	10	80	101	1.431	66	30	1.638	3,01	44,556	83
1	Kamal	276,27	34.818	126	SEDANG	3.132	33,33%	5.422	57,71%	842	8,96%	9.396	11	20	3	34	2	71	4	15	92	0,33	9,488	34
2	Kalideres	32,055	492,60	65	RENDAH	2.306	24,12%	2.861	30,97%	4.293	44,91%	9.560	5	6	9	19	14	266	12	58	350	0,71	9,910	20
3	Semanan	598,00	31.483	52	RENDAH	1.867	26,54%	2.261	32,23%	2.892	41,23%	7.015	3	4	5	12	2	58	2	24	86	0,14	7,101	12
4	Pagadangan	594,80	31.135	52	RENDAH	5.669	52,01%	2.410	22,11%	2.821	25,88%	10.900	10	4	5	18	18	367	7	52	444	0,75	11,444	19
5	Tegal alur	777,69	36.918	47	RENDAH	3.363	36,05%	4.234	45,38%	1.751	18,56%	9.328	10	4	2	12	9	105	15	112	241	0,31	9,569	12
6	Kecamatan Kalideres	2.739,36	166.409	61	RENDAH	16.332	35,35%	17.288	37,47%	12.579	27,24%	46.199	6	6	5	17	45	187	40	26	1.213	0,44	47,412	47
1	Kota Bambu Sei	57,90	27.677	392	TINGGI	588	20,65%	1.299	45,61%	991	33,74%	2.848	10	22	17	49	2	14	30	5	4	53	0,92	

Lampiran 3. Sumber dan Timbulan Sampah Jakarta Barat menurut Kecamatan

Lampiran 2. Peruntukan Lahan Kodra Jakarta Barat menurut Kelurahan Tahun 2006

No.	Kelurahan	Luas Wilayah		Perumahan		Industri		Pertanian/Sadaya		Taman		Pertamanan		Parkiran		Lainnya		Luas Non Perumahan		Total
		(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	
Cengkareng																				
1	Jelambar	144,87	70,81	102,30	70,81	1,39	2,00	15,29	22,09	4,82	24,63	0,82	4,19	1,13	5,77	23,51	120,14	511,00		
2	Jelambar Baru	142,85	75,69	108,69	75,69	1,99	2,82	19,44	27,96	3,48	3,48	1,63	1,89	1,89	17,40	32,55	177,40	545,00		
3	Grogol	122,48	98,11	120,17	98,11	0,28	0,32	9,01	12,09	0,92	1,09	2,13	2,13	1,64	2,19	6,80	26,58	503,00		
4	Tanjung Duren Utara	133,50	88,53	118,19	88,53	-	-	30,85	57,89	-	-	-	-	4,00	4,00	1,54	4,02	29,45	723,00	
5	Tonang	187,65	67,02	125,76	67,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,38	1,77	9,55	261,00	
6	Kedondong Kelangka	261,00	57,30	267,59	57,30	-	-	27,14	126,74	0,48	2,24	0,66%	1,77	0,35	42,70	139,41	139,41	467,00		
7	Rawa Buaya	3.010,00	64,37%	1.936,01	64,37%	-	-	149,73	450,46	1,44%	43,30	-	-	-	-	19,20	6,48%	194,30	3.010,00	
Grogol Petamburan																				
1	Sulabhumi Utara	160,00	71,44	113,30	71,44	0,06	0,10	5,20	8,32	6,37	10,19	9,29	14,86	7,64	12,22	28,56	45,70	160,00		
2	Kelapa Dua	145,00	78,32	113,56	78,32	0,15	0,22	3,10	4,50	2,67	3,87	1,25	1,81	1,45	21,04	21,55	67,67	145,00		
3	Kebon Jeruk	314,00	78,45	246,33	78,45	0,33	0,44	7,25	22,77	4,57	13,41	0,15	0,47	9,55	29,99	21,68	31,44	314,00		
4	Duri Kupa	386,00	80,33	310,07	80,33	0,60	0,82	2,32	2,84	4,55	17,56	-	-	-	-	7,10	27,41	19,67	386,00	
5	Sulabhumi Selatan	157,00	82,60	129,68	82,60	0,28	0,44	1,40	2,20	1,10	1,72	1,42	2,20	1,42	2,20	1,72	2,20	157,00		
6	Kedondong Utara	324,00	82,60	267,62	82,60	0,87	2,82	1,25	4,05	0,30	1,62	-	-	-	-	14,78	47,89	324,00		
7	Kedoya Selatan	306,00	81,72	250,06	81,72	0,46	1,41	11,05	38,81	0,78	2,39	-	-	-	-	5,99	18,33	306,00		
8	Pinangsisia	96,00	52,00	96,00	52,00	-	-	36,00	34,56	0,25	0,24	0,96%	17,15	10,03%	19,83	18,28	55,94	96,00		
9	Krukut	59,00	68,80	37,40	68,80	-	-	14,00	7,70	-	-	-	-	-	-	18,43%	79,82	59,00		
10	Maplar	59,00	65,00	38,35	65,00	-	-	10,00	5,90	-	-	-	-	-	-	2,35	0,75	5,60	59,00	
11	Taman Sari	68,00	75,00	51,00	75,00	-	-	5,50	3,24	0,32	0,32	-	-	-	-	1,25	0,40	6,01	68,00	
12	Tangkai	34,00	62,50	21,25	62,50	0,60	0,20	10,50	3,57	1,00	0,32	-	-	-	-	4,60	1,86	17,60	34,00	
13	Mangga Besar	51,00	60,00	30,60	60,00	-	-	25,00	12,75	1,00	0,62	-	-	-	-	20,00	7,65	23,00	51,00	
14	Kesunggrang	32,00	77,00	24,64	77,00	-	-	3,00	0,96	-	-	-	-	-	-	1,01	0,35	31,74	32,00	
15	Gidok	38,00	79,00	30,02	79,00	-	-	1,00	0,38	0,25	0,24	-	-	-	-	11,75	11,28	48,00	38,00	
16	Pinangsisia	96,00	52,00	96,00	52,00	-	-	36,00	34,56	0,25	0,24	-	-	-	-	18,43%	79,82	96,00		
17	Kallayar	433,00	65,40%	283,18	65,40%	0,05%	0,20	16,05%	69,56	0,06%	0,24	-	-	-	-	2,35	0,75	5,60	433,00	
18	Kendang	31,87	93,99	30,05	93,99	3,20	1,02	0,58	0,18	1,00	0,32	-	-	-	-	1,25	0,40	6,01	31,87	
19	Duri Utara	40,50	82,40	33,37	82,40	8,00	3,24	5,00	2,03	1,00	0,62	-	-	-	-	4,60	1,86	17,60	40,50	
20	Tanah Sereal	61,57	76,25	46,95	76,25	2,41	1,48	15,35	9,45	1,00	0,62	-	-	-	-	4,99	3,07	23,75	61,57	
21	Duri Selatan	34,30	68,26	23,41	68,26	5,83	2,00	24,90	8,54	1,00	0,62	-	-	-	-	1,01	0,35	31,74	34,30	
22	Jembatan Besi	55,31	87,85	48,59	87,85	1,43	0,79	3,00	1,66	1,00	0,55	-	-	-	-	13,00	10,11	27,50	55,31	
23	Pekojan	77,80	72,50	56,41	72,50	7,78	2,75	4,50	3,50	0,44	0,44	-	-	-	-	1,10	0,31	12,34	77,80	
24	Tambora	78,33	87,66	24,83	87,66	9,69	2,75	1,55	0,44	-	-	-	-	-	-	8,33	6,26	7,85	78,33	
25	Kangke	79,77	92,15	73,51	92,15	4,73	3,77	2,00	1,60	-	-	-	-	-	-	1,12	0,99	7,85	79,77	
26	Jembatan Lima	46,31	78,26	36,24	78,26	10,46	4,84	10,43	4,83	-	-	-	-	-	-	0,85	0,39	21,74	46,31	
27	Roa Malika	53,01	35,00	18,55	35,00	4,50	2,39	59,50	31,54	-	-	-	-	-	-	1,00	0,53	65,00	53,01	
28	Kamal	540,67	78,04%	421,93	78,04%	117,56	5,71%	30,86	11,84%	0,28%	1,49	-	-	-	-	4,14%	22,99	21,96	540,67	
29	Kalideres	276,27	42,66	112,62	42,66	10,02	27,66	9,02	24,92	1,00	2,76	-	-	-	-	37,30	103,05	57,34	276,27	
30	Semenan	493,60	56,68	279,21	56,68	2,89	14,24	1,52	7,83	3,90	19,21	-	-	-	-	34,94	172,11	43,32	493,60	
31	Pegadungan	598,00	63,89	376,08	63,89	17,11	102,32	0,70	4,19	0,37	2,21	-	-	-	-	18,95	113,20	27,97	598,00	
32	Tegal Alur	777,69	68,70	534,27	68,70	8,02	47,70	2,02	12,01	1,28	7,61	-	-	-	-	16,65	99,09	166,37	777,69	
33	Kota Bambu Sel	2.739,36	63,37%	1.735,55	63,37%	111,01	85,62	7,04	54,75	0,09	0,70	-	-	-	-	13,16	102,34	31,30	2.739,36	
34	Kota Bambu Utara	57,90	48,10	27,85	48,10	4,50	2,61	10,00	5,79	-	-	-	-	-	-	21,55%	589,74	36,63	57,90	
35	Jati Pulo	87,06	65,44	56,97	65,44	-	-	11,30	9,84	-	-	-	-	-	-	37,40	21,65	30,05	87,06	
36	Kota Bambu Selatan	67,82	78,18	53,02	78,18	-	-	19,44	13,18	0,75	0,51	-	-	-	-	23,26	20,25	34,56	67,82	
37	Palmerah	211,25	92,00	194,35	92,00	4,00	8,45	6,21	9,23	0,50	1,06	-	-	-	-	1,63	1,11	21,82	211,25	
38	Kemanggisan	233,15	75,92	177,01	75,92	-	-	6,21	14,08	1,00	2,33	-	-	-	-	4,70	4,58	17,72	233,15	
39	Mauyu Selatan	754,60	88,06	666,01	88,06	0,35	1,423	5,702	0,55%	1,50	4,27	-	-	-	-	16,87	39,33	24,90	754,60	
40	Kembangan Utara	348,35	75,22	262,03	75,22	0,46	1,80	2,63	7,49	1,03	3,59	-	-	-	-	5,67	19,75	24,78	348,35	
41	Stregeng	491,60	68,00	334,29	68,00	-	-	3,00	14,75	2,00	9,93	-	-	-	-	14,40	70,79	32,00	491,60	
42	Mauyu Utara	475,63	70,01	332,99	70,01	0,35	1,66	18,12	86,18	5,26	9,72	-	-	-	-	2,24	10,65	143,50	475,63	
43	Kembangan Selatan	327,53	56,82	188,94	56,82	1,02	3,39	9,72	9,72	2,00	9,72	-	-	-	-	12,00	58,31	30,00	327,53	
44	JAKKARTIA BARAT	2.418,91	68,07%	1.646,64	68,07%	0,39%	9,37	11,46%	106,71	1,03	3,43	-	-	-	-	7,48%	27,77	2,29	2.418,91	
45	JAKKARTIA BARAT	12.818,18	69,86%	8.932,00	69,86%	5,56%	713,21	10,00%	1.882,46	1,72%	220,33	-	-	-	-	1,76%	228,88	10,50%	1.397,64	12.818,18

No.	Kelurahan	Luas wilayah		Perumahan		Industri		Perkantoran/Gedung		Taman		Perdagangan		Pertanian		Lainnya		Total
		(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	(Ha)	(%)	
1	Gendingan Timur	511,00	76,49	390,86	10,79	55,14	5,55	30,40	4,82	24,63	0,82	4,19	1,13	3,77	23,51	120,14	511,00	
2	Gendingan Barat	545,00	67,45	367,60	10,79	12,21	10,74	58,53	1,00	5,45	0,82	4,19	1,13	3,77	23,51	120,14	545,00	
3	Duri Kosambi	503,00	47,40	238,42	20,16	11,31	11,31	58,53	1,00	5,45	0,82	4,19	1,13	3,77	23,51	120,14	503,00	

Lampiran 3. Sumber dan Timbulan Sampah Jakarta Barat menurut Kecamatan

URAIAN	SATUAN	JAKBAR	%	CENKAKARENG	%	GROPET	%	KALIDEBES	%	KB. JERUK	%	KEMBANGAN	%	PALMERAH	%	TM SARI	%	TAMBORA	%
A. INFORMASI DEMOGRAFI																			
Jumlah penduduk	jiwa	1.565.947		229.601		218.204		166.409		200.236		141.095		190.060		154.491		265.851	
Kepadatan penduduk	jiwa/Ha	125		89		204		58		115		57		258		345		494	
Jumlah Rumah Tangga	unit	446.484		97.164		48.175		66.739		56.295		38.429		48.065		38.057		53.560	
B. INFORMASI GEOGRAFI																			
Penentuan lahan:																			
Perumahan	Ha	6.362,25	50,93%	1.388,50	53,74%	574,68	53,69%	1.186,01	41,05%	1.121,54	64,59%	1.158,21	64,59%	457,89	62,24%	189,11	42,27%	286,31	53,23%
Fasum/Fasos	Ha	387,55	3,10%	84,85	3,28%	64,66	6,04%	55,98	1,94%	56,24	3,24%	40,74	1,64%	53,31	7,25%	19,38	4,33%	12,39	2,30%
Perkantoran pemerintah	Ha	81,40	0,65%	27,39	1,06%	10,44	0,98%	4,16	0,14%	8,96	0,52%	15,03	0,60%	9,27	1,26%	4,95	1,11%	1,20	0,22%
Perkantoran, perdagangan & jasa	Ha	519,53	4,16%	41,70	1,61%	93,35	8,72%	12,21	0,42%	98,99	5,70%	46,13	1,85%	40,77	5,54%	91,03	20,35%	95,35	17,73%
Industri & pergudangan	Ha	708,03	5,67%	326,00	12,62%	41,80	3,91%	354,46	12,27%	11,17	0,64%	2,44	0,10%	37,46	5,09%	47,71	10,66%	10,56	1,96%
Ruko/Rukan	Ha	458,55	3,67%	100,58	3,89%	41,80	3,91%	51,62	1,79%	75,18	4,39%	78,10	3,13%	37,46	5,09%	47,71	10,66%	26,10	4,85%
Lahan kosong	Ha	2.375,26	19,01%	322,34	12,48%	75,08	7,01%	982,48	34,00%	107,74	6,20%	846,36	34,05%	22,18	3,01%	5,33	1,19%	11,75	2,18%
RTH	Ha	312,71	2,50%	62,89	2,43%	20,07	1,87%	100,57	3,48%	29,44	1,70%	68,32	2,74%	15,60	2,12%	6,59	1,47%	9,23	1,72%
Saluran/Waduk/Situ	Ha	189,12	1,51%	49,46	1,91%	34,68	3,24%	11,20	0,39%	12,97	0,75%	47,75	1,92%	14,64	1,99%	5,33	1,19%	13,09	2,43%
Jalan	Ha	1.097,67	8,79%	179,96	6,97%	155,65	14,54%	130,63	4,52%	214,22	12,34%	186,18	7,47%	84,57	11,50%	74,54	16,66%	71,92	13,37%
Luas area (Dinas Tata Kota)	Ha	12.492,07	100,00%	2.583,67	100,00%	1.070,41	100,00%	2.889,32	100,00%	1.735,45	100,00%	2.491,26	100,00%	735,69	100,00%	447,37	100,00%	537,90	100,00%
Luas area (BPS)	Ha	12.819,00																	
C. JUMLAH TIMBULAN SAMPAH																			
Sumber:																			
Rumah tangga	m ³ /hr	3.708	67,42%	192	43,64%	604	67,71%	229	59,48%	443	67,33%	255	67,11%	436	68,89%	511	62,47%	1.038	80,22%
Pertokoan	m ³ /hr	221	4,02%	12	2,73%	37	4,15%	16	4,16%	28	4,26%	24	6,32%	21	3,32%	53	6,48%	30	2,32%
Perkantoran	m ³ /hr	322	5,85%	15	3,41%	69	7,74%	19	4,94%	25	3,80%	34	8,95%	55	8,63%	80	9,78%	25	1,93%
Taman	m ³ /hr	93	1,69%	5	1,14%	17	1,91%	10	2,60%	15	2,28%	14	3,68%	7	1,11%	15	1,83%	10	0,77%
Rumah sakit	m ³ /hr	60	1,09%	5	1,14%	21	2,35%		0,00%	12	1,82%		0,00%	9	1,42%	7	0,86%	6	0,46%
Industri	m ³ /hr	534	9,71%	159	36,14%	75	8,41%	42	10,91%	60	9,12%		0,00%	54	8,53%	45	5,50%	99	7,65%
PKL	m ³ /hr	179	3,25%	15	3,41%	10	1,12%	26	6,75%	34	5,17%	17	4,47%	12	1,90%	27	3,30%	38	2,94%
Lain-lain	m ³ /hr	383	6,96%	37	8,41%	59	6,61%	43	11,17%	41	6,23%	36	9,47%	39	6,16%	80	9,78%	48	3,71%
TOTAL	m ³ /hr	5.500	100,00%	440	100,00%	892	100,00%	385	100,00%	658	100,00%	380	100,00%	633	100,00%	818	100,00%	1.294	100,00%
D. KOMPOSISI SAMPAH																			
Bahan organik																			
Kertas	m ³ /hr	3.598	65,42%																
Plastik	m ³ /hr	456	8,29%																
Kaca/gelas	m ³ /hr	571	10,38%																
Logam	m ³ /hr	95	1,73%																
Karet/kulit	m ³ /hr	114	2,07%																
Kain/tekstil	m ³ /hr	126	2,29%																
Lainnya	m ³ /hr	228	4,15%																
TOTAL	m ³ /hr	312	5,67%																
TOTAL	m ³ /hr	5.500	100,00%																

Lampiran 4. Jumlah Timbunan Sampah dan Komponen Karakteristik Kota Jakarta Barat (1997-2007)

KODE	FUNGSI / PROGRAM / INDIKATOR / KEGIATAN / RINCIAN KEGIATAN KELOMPOK / JENIS BELANJA	KELUARAN	JADWAL	JUMLAH ANGGARAN
	BELANJA LANGSUNG			6.940.360.955
7.03	KEBERSIHAN			
7.03.01	PENINGKATAN SARANA DAN PRASARANA KEBERSIHAN <i>Meningkatnya pelayanan kebersihan</i>			4.359.000.000
7.03.01.001	Peningkatan pengelolaan air kotor dan limbah B3 domestik			465.000.000
	001 Pengadaan Toilet berjalan <i>Hasil : Meningkatkan pelayanan penanggulangan air kotor</i>	0 -	Jan - Des 07	150.000.000
	002 Pembangunan M K <i>Hasil : Terciptanya Kotamadya Jakarta Barat yang bersih, indah dan sehat</i>	0 -	Apr - Okt 07	35.000.000
	003 Pengolahan Limbah B 3 <i>Hasil : Meningkatkan Kualitas lingkungan</i>	0 -	Jan - Des 07	160.000.000
	004 Pembangunan Bak Leachate Kecamatan Grogol Petamburan <i>Hasil : -</i>	0 -	Jan - Des 07	30.000.000
	005 Pembangunan Bak Leachate Kecamatan Cengkareng <i>Hasil : -</i>	0 -	Jan - Des 07	30.000.000
	006 Pembangunan Bak Leachate Kelurahan Tanah Sereal <i>Hasil : -</i>	0 -	Jan - Des 07	30.000.000
	007 Pembangunan Bak Leachate Kelurahan Jembatan Lima <i>Hasil : -</i>	0 -	Jan - Des 07	30.000.000
7.03.01.002	Pembangunan dan peningkatan ketersediaan Sarana dan prasarana Kebersihan			1.817.000.000
	001 Pembangunan Dipo sampah di Kelurahan Pegadungan <i>Hasil : Tersedianya sarana Angkutan Sampah</i>	1 Tahun	Jan - Des 07	200.000.000
	002 Pembangunan Dipo sampah di Kelurahan Cengkareng Timur <i>Hasil : Tersedianya sarana Angkutan Sampah</i>	0 -	Jan - Des 07	375.000.000
	003 Peningkatan Dipo sampah. <i>Hasil : Tersedianya sarana Angkutan Sampah</i>	0 -	Jan - Des 07	50.000.000
	004 Pengadaan Bak Kontainer 6 M3 <i>Hasil : Tersedianya sarana Angkutan Sampah</i>	1 Thun	Jan - Des 07	152.000.000
	005 Pengadaan Bak Kontainer 10 M3 <i>Hasil : Tersedianya sarana Angkutan Sampah</i>	1 Thun	Jan - Des 07	230.000.000
	006 Pembebasan lahan untuk dipo sampah di Rawa Kompeni <i>Hasil : Tersedianya lahan enampungan sampah</i>	0 -	Jan - Des 07	250.000.000
	007 Pembangunan Dipo Sampah di Rawa Kompeni <i>Hasil : Tersedianya penampungan sampah</i>	0 -	Jan - Des 07	300.000.000
	008 Peningkatan Dipo Sampah Kel. Tanjung Duren Selatan <i>Hasil : Tersedianya sarana angkutan sampah</i>	0 -	Apr - Nov 07	110.000.000

004.46.9.9.004	Des - uer	- 0					
ANGGARAN HAJI	JAWAB	NAWAJALAK					
				FUNGSI / PROGRAM / INDIKATOR / RINCIAN KEGIATAN			
				KELOMPOK / JENIS BELANJA			
				KELUARAN			
				JADWAL			
				JUMLAH ANGGARAN			

Penangan Sampah dengan Sitem Incinerator Kelurahan Cengkareng Barat

200

KODE

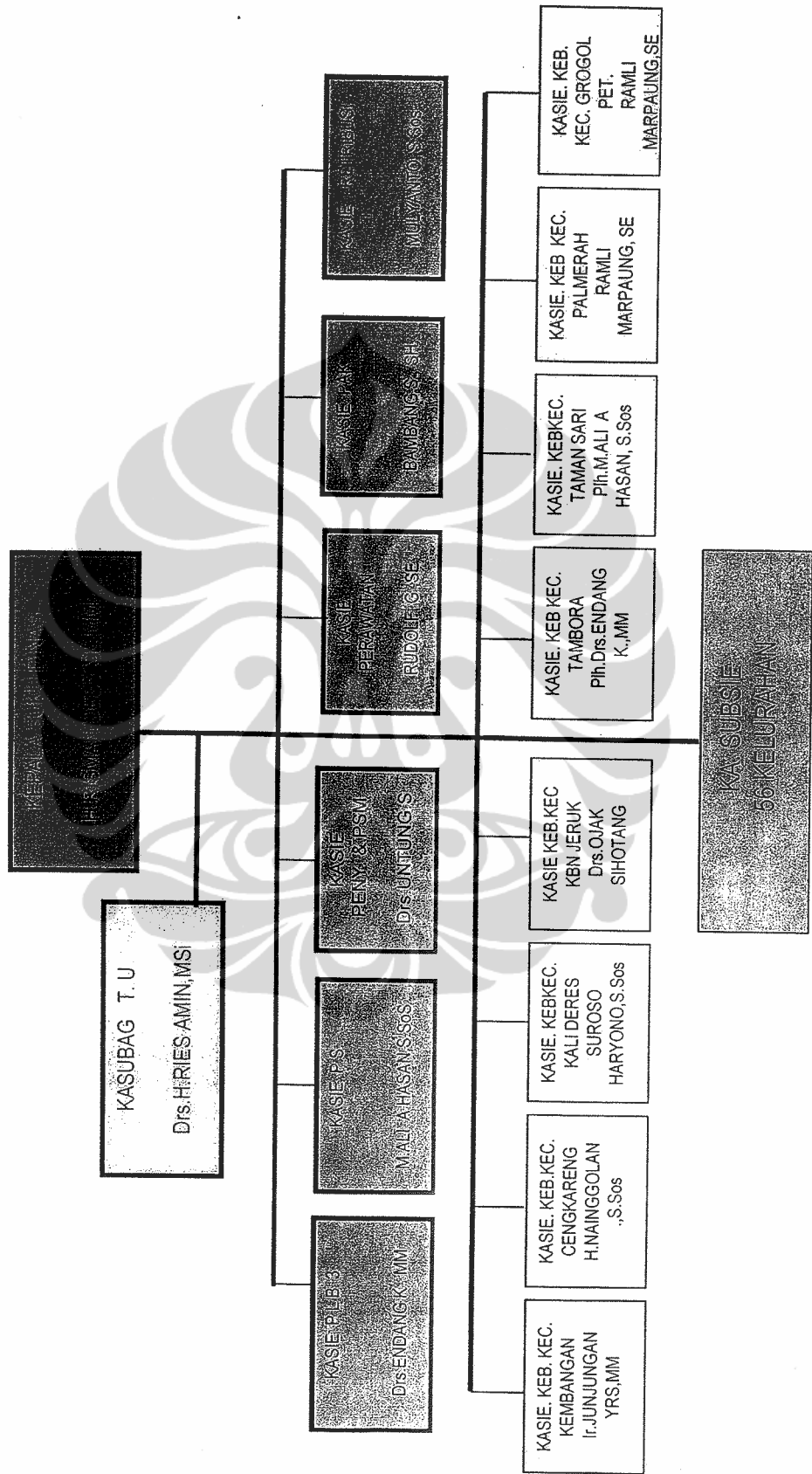
KODE	FUNGSI / PROGRAM / INDIKATOR / RINCIAN KEGIATAN	KELUARAN	JADWAL	JUMLAH ANGGARAN
7.03.01.003	009 Peningkatan Transito Sampah Kel. Tanjung Duren Hasil : Tersedianya sarana angkutan sampah	0 -	Apr - Nov 07	35.000.000
	010 Peningkatan Dipo Sampah Hanura Hasil : Tersedianya sarana angkutan sampah	0 -	Apr - Nov 07	115.000.000
	<i>Meningkatnya ketersediaan sarana dan prasarana kebersihan</i>			
	Peningkatan sarana Pasarana Kebersihan			
	001 Peningkatan Kendaraan Operasional Spesifikasi Khusus Hasil : Tersedianya peningkatan sistem pengawasan terpadu dalam pengelolaan / operasional Kebersihan 30 % meningkatnya sarana dan prasarana Kebersihan sebesar 10 %	1 Tahun	Jan - Des 07	2.077.000.000
	002 Pengadaan Tong Sampah Pliah Hasil : Tersedianya Sarana Angkutan	0 -	Jan - Des 07	250.000.000
003 Pengadaan tong sampah beroda Hasil : Tersedianya Sarana Angkutan Sampah	0 -	Jan - Des 07	50.000.000	
004 Pengadaan Gerobak Sampah Hasil : Tersedianya sarana angkutan sampah	0 -	Jan - Des 07	50.000.000	
005 Pengadaan Tong sampah Fiber Glas Hasil : Tersedianya sarana penampungan sampah	0 -	Jan - Des 07	50.000.000	
7.03.02	PENINGKATAN PELAYANAN KEBERSIHAN			
	<i>Meningkatnya kesadaran dan partisipasi masyarakat terhadap kebersihan kota</i>			
7.03.02.001	Peningkatan Partisipasi Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah			
	001 Penyuluhan kebersihan, PSM dan Retribusi Kebersihan Hasil : Meningkatkan kesadaran peran serta masyarakat terhadap kebersihan lingkungannya maupun Kebersihan Kota	1 Tahun	Jan - Des 07	2.316.780.955
	002 Koordinasi dan evaluasi Ritribusi Kebersihan Hasil : Meningkatkan Ritribusi Sampah dan Kerangka penerapan prinsip sehingga tercapai peningkatan kesadaran masyarakat untuk ikut serta dalam pengelolaan Kebersihan	1 Tahun	Jan - Des 07	76.000.000
	003 Peningkatan pelayanan lintas penanggulangan kebersihan Hasil : Tercapainya peningkatan pelayanan operasional kebersihan sebesar 10 % dan meningkatnya Kebersihan Kota sebesar 80 % dari 90 %	1 Tahun	Jan - Des 07	30.000.000
	004 Penyelesaian Pengelolaan sampah dengan sistem zero waste Hasil : Meningkatkan kesadaran peran serta masyarakat disekitar lingkungannya maupun Kebersihan Kota sebesar 80 % dari 70 %, menurunnya jumlah sampah individu 10 % sampah rumah tangga 10 %	1 Tahun	Jan - Des 07	298.445.555
	005 Pilkab Wilayah Jakarta Barat Hasil : Meningkatkan kesadaran peran serta masyarakat terhadap kebersihan lingkungannya maupun kebersihan kota sebesar 80 % dari 70 % menurunnya jumlah sampah individu 20 % sampah rumah tangga 10 %	0 -	Apr - Nov 07	1.500.000.000
006 Pengadaan Sound System Hasil : Terselenggaranya penunjang kegiatan	0 -	Apr - Nov 07	80.412.200	

000 000 53	Apr - Nov 07	- 0	KELUARAN	009	Peringkatkan Transito Sampah Kel. Tanjung Duren Hasil
FUNGSI / PROGRAM / INDIKATOR / KELOMPOK / JENIS BELANJA				KODE	
NANTIA /					

KODE	FUNGSI / PROGRAM / INDIKATOR / KELOMPOK / JENIS BELANJA	KELUARAN	JADWAL	JUMLAH ANGGARAN
007	Penanganan Sampah dengan Sstlm Incinerator Kelurahan Cengkareng Barat Hasil	0 -	Jan - Des 07	76.974.400
008	Penanganan Sampah dengan Sstlm Incinerator Kelurahan Tegat Alur Hasil	0 -	Jan - Des 07	76.974.400
009	Penanganan Sampah dengan Sstlm Incinerator Kelurahan Pegadungan Hasil	0 -	Jan - Des 07	76.974.400
7.03.02.002	Pengelolaan Administrasi dan penatausahaan	1 Tahun	Jan - Des 07	265.180.000
001	Senam Kesegaran Jasmani (SKJ) Hasil : Tercapainya kinerja Pegawai yang optimal	1 tahun	Jan - Des 07	39.600.000
002	Penyusunan program 2008 Hasil : Tercapainya peningkatan kinerja	1 Tahun	Jan - Des 07	120.000.000
003	Rapat Koordinasi (RAKOR) Hasil : Tercapainya Kinerja Pegawai yang optimal	1 Tahun	Jan - Des 07	30.580.000
004	Pengamanan Kantor Sudin Kebersihan Hasil : Kenyamanan pekerja	0 -	Jan - Des 07	75.000.000
BELANJA TIDAK LANGSUNG				
2.1	BELANJA ADMINISTRASI UMUM	1 Tahun		27.056.988.245
2.1.01	BELANJA PEGAWAI			40.000.000
2.1.01.09.001	Biaya Ceramah Agama			40.000.000
2.1.02	BELANJA BARANG DAN JASA			16.728.758.245
2.1.02.01.001	Biaya Alat Tulis Kantor	1 Tahun		90.000.000
2.1.02.01.004	Biaya Alat Kebersihan	9 Kegiatan		820.000.000
2.1.02.01.008	Biaya Alat Rumah Tangga Kantor	1 Kegiatan		14.364.000
2.1.02.02.001	Biaya Listrik Gedung kantor	1 Tahun		75.000.000
2.1.02.02.004	Biaya Telepon Gedung kantor	1 Tahun		36.600.000
2.1.02.02.007	Biaya Pemakaian Air Gedung kantor	1 Tahun		84.000.000
2.1.02.02.010	Biaya Koran/ Majalah/Media Cetak	1 Tahun		7.800.000
2.1.02.02.011	Biaya Jasa Kebersihan (Cleaning Service)	1 Tahun		75.000.000
2.1.02.02.014	Biaya Jasa Perbankan	1 Tahun		7.500.000
2.1.02.02.018	Biaya Uji Kendaraan Bermotor	1 Tahun		28.320.000
2.1.02.02.019	Biaya STNK	1 Tahun		21.529.000
2.1.02.03.001	Biaya Kop Surat Dinas	1 Tahun		75.000.000
2.1.02.03.002	Biaya Amplop Dinas	1 Tahun		2.820.000
2.1.02.03.003	Biaya Map Dinas	1 Tahun		5.000.000
2.1.02.03.004	Biaya Lembar Disposisi	1 Tahun		1.800.000

KODE	FUNGSI / PROGRAM / INDIKATOR / KEGIATAN / RINCIAN KEGIATAN KELOMPOK / JENIS BELANJA	KELUARAN	JADWAL	JUMLAH ANGGARAN
2.1.02.03.005	Biaya Lembar Pengantar	1 Tahun		1.800.000
2.1.02.03.006	Biaya Penggandaan	1 Tahun		32.000.000
2.1.02.07.001	Biaya pakaiian kerja dan Perlengkapannya	1 Tahun		200.000.000
2.1.02.09.016	Biaya BBM Kendaraan Dinas Operasional Khusus	1 Tahun		15.100.225.245
2.1.02.14.001	Biaya Penunjang Operasional / Kegiatan	1 Tahun		50.000.000
2.1.04	BELANJA PEMELIHARAAN			10.288.230.000
2.1.04.06.001.02	Belanja Pemeliharaan Gedung badan/dinas/kantor	1 paket		147.180.000
2.1.04.09.001.02	Belanja Pemeliharaan Kendaraan Dinas Operasional Khusus	1 Tahun		10.080.000.000
2.1.04.12.001.01	Belanja Pemeliharaan Mesin tik	1 Tahun		5.500.000
2.1.04.12.001.06	Belanja Pemeliharaan Mesin Faxmife	1 Tahun		550.000
2.1.04.12.002.04	Belanja Pemeliharaan Alat pendingin	1 Tahun		30.000.000
2.1.04.12.003.01	Belanja Pemeliharaan Komputer / Laptop	1 Tahun		4.000.000
2.1.04.12.003.03	Belanja Pemeliharaan Komputer/Mainframe	1 Tahun		16.000.000
2.1.04.12.003.06	Belanja Pemeliharaan Peripherals/Alat Pendukung Komputer	1 Tahun		5.000.000
TOTAL JUMLAH ANGGARAN				33.997.949.200

Lampiran 6. Struktur Organisasi Sudin Kebersihan Kotamadya Jakarta Barat



KODE	FUNGSI / PROGRAM / INDIKATOR / KEGIATAN / RINCIAN KEGIATAN	KELUARAN	JADWAL	JUMLAH ANGGARAN
2.1.02.03.005	Biaya Lembar Pengantar	1 Tahun		1.800.000
2.1.02.03.006	Biaya Pengandaan	1 Tahun		

Lampiran 7. Hasil Analisis Regresi Timbulan Sampah dengan Jumlah Penduduk Jakarta Barat

Results for: Worksheet 2

Regression Analysis: Timbulan (m3/hari) versus Jumlah penduduk (jiwa)

The regression equation is

$$\text{Timbulan (m3/hari)} = - 203.4 + 0.002998 \text{ Jumlah penduduk (jiwa)}$$

$$S = 204.915 \quad R\text{-Sq} = 62.8\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 56.6\%$$

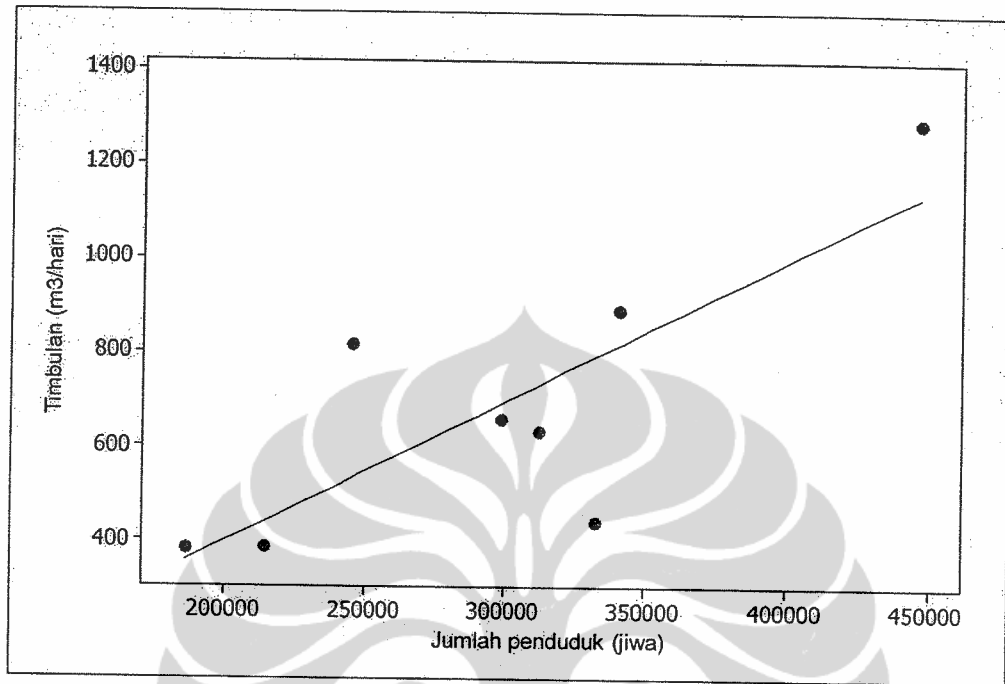
Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	425912	425912	10.14	0.019
Error	6	251940	41990		
Total	7	677852			

Fitted Line: Timbulan (m3/hari) versus Jumlah penduduk (jiwa)



Lampiran 8. Grafik Hubungan Jumlah Penduduk Jakarta Barat dengan Timbulan Sampah



Lampiran 9. Hasil Analisis Regresi Timbulan Sampah dengan Kepadatan Penduduk Jakarta Barat

Regression Analysis: Timbulan (m³/hari) versus Kepadatan penduduk (jiwa/Ha)

The regression equation is

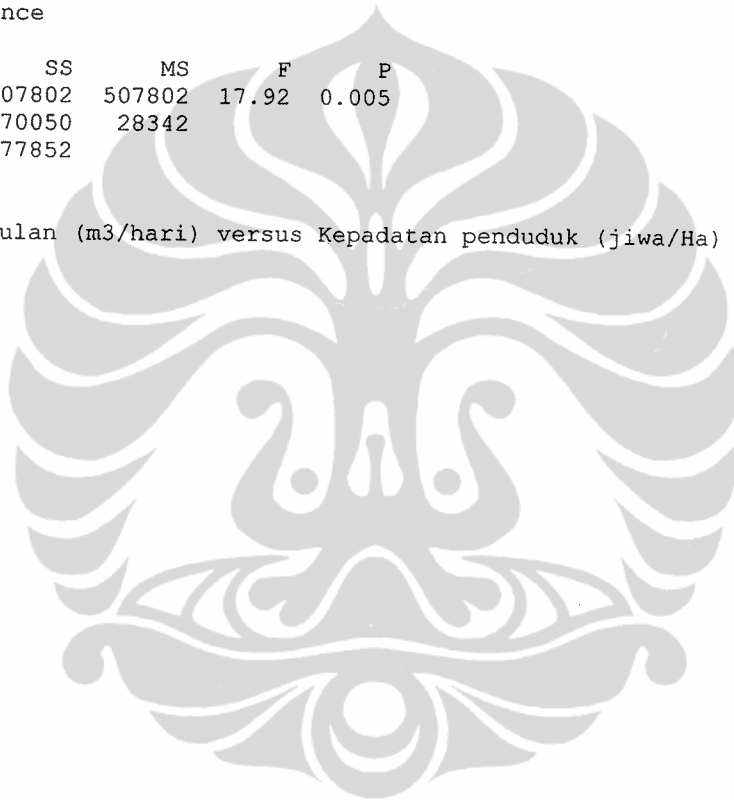
$$\text{Timbulan (m}^3\text{/hari)} = 404.5 + 0.9437 \text{ Kepadatan penduduk (jiwa/Ha)}$$

$$S = 168.350 \quad R\text{-Sq} = 74.9\% \quad R\text{-Sq(adj)} = 70.7\%$$

Analysis of Variance

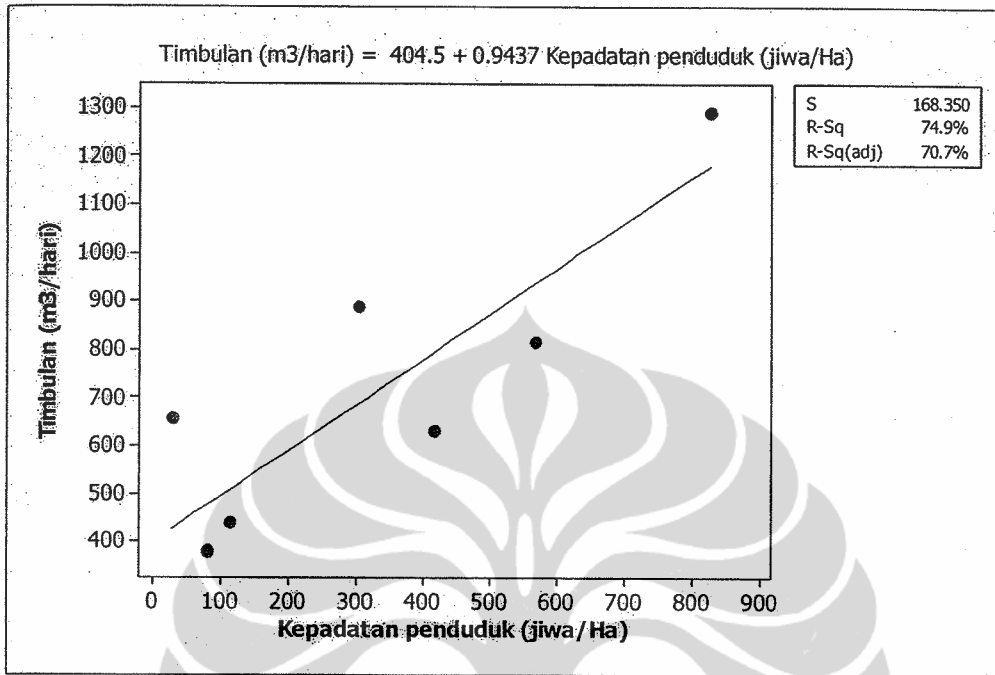
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	507802	507802	17.92	0.005
Error	6	170050	28342		
Total	7	677852			

Fitted Line: Timbulan (m³/hari) versus Kepadatan penduduk (jiwa/Ha)



Barat

Lampiran 10. Grafik Hubungan Timbulan Sampah dengan Kepadatan Penduduk Jakarta Barat



Lampiran 11. Data Timbulan Sampah menurut Tipologi Kota

Tipologi	Kota	Jml penduduk (jiwa)	PDRB (harga berlaku) (Miliar Rp)	PDRB/kap (harga berlaku) (Juta Rp)	Timbulan sampah (m ³ /hr)
Metropolitan (> 1 juta jiwa)	Jakarta Barat	1,565,947	85,198	54.41	5,500.00
	Jakarta Timur	2,413,875	99,901	41.39	6,592.70
	Jakarta Utara	1,257,952	108,143	85.97	5,161.00
	Jakarta Selatan	1,738,248	128,741	74.06	5,663.00
	Surabaya	2,809,679	128,198	45.63	9,560.00
	Bandung	2,520,812	50,552	20.05	7,500.00
	Bekasi	2,066,913	25,419	12.30	2,790.00
	Tangerang	1,537,558	39,355	25.60	3,367.00
	Semarang	1,445,334	30,516	21.11	4,500.00
	Depok	1,420,480	10,599	7.46	3,764.00
	Medan	2,067,288	55,456	26.83	4,985.00
	Palembang	1,369,239	34,411	25.13	5,100.00
	Makassar	1,223,540	20,844	17.04	3,661.61
	Kota Besar (500rb-1 juta jiwa)	Jakarta Pusat	888,419	145,813	164.13
Bogor		879,138	8,558	9.73	2,210.00
Malang		820,373	20,632	25.15	700.00
Surakarta		560,000	6,909	12.34	1,180.00
Padang		832,208	17,369	20.87	1,600.00
Bandar Lampung		844,606	10,526	12.46	867.00
Pekanbaru		741,700	20,119	27.13	1,800.00
Batam		729,029	33,023	45.30	463.03
Banjarmasin		602,725	6,704	11.12	1,200.00
Samarinda		593,853	15,917	26.80	1,553.22
Denpasar		608,595	7,943	13.05	2,400.00
Yogyakarta		526,470	8,599	16.33	1,132.00
Balikpapan		577,675	28,081	48.61	2,168.00
Kota Sedang (100rb-500rb jiwa)	Cirebon	271,795	9,149	33.66	563.90
	Mojokerto	113,275	1,905	16.82	355.00
	Pontianak	439,889	8,323	18.92	1,411.90
	Sukabumi	263,486	3,173	12.04	329.75
	Madiun	198,745	1,908	9.60	480.00
	Sabang	300,000	381	1.27	151.00
	Pematang Siantar	247,837	3,095	12.49	410.72
	Pasuruan	170,707	1,826	10.70	384.00
	Tegal	246,393	1,870	7.59	700.00
	Batu	168,544	2,008	11.91	360.00
	Banjar	160,810	1,290	8.02	425.96
	Bau-bau	122,339	1,254	10.25	306.00

Lampiran 12. Hasil Analisis Regresi dan Korelasi Timbulan Sampah dengan PDRB/kapita

Regression Analysis: Timbulan versus PDRB/kap

The regression equation is
 Timbulan = 1447 + 39.85 PDRB/kap

s = 2127.12 R-Sq = 23.7% R-Sq(adj) = 21.6%

Analysis of Variance

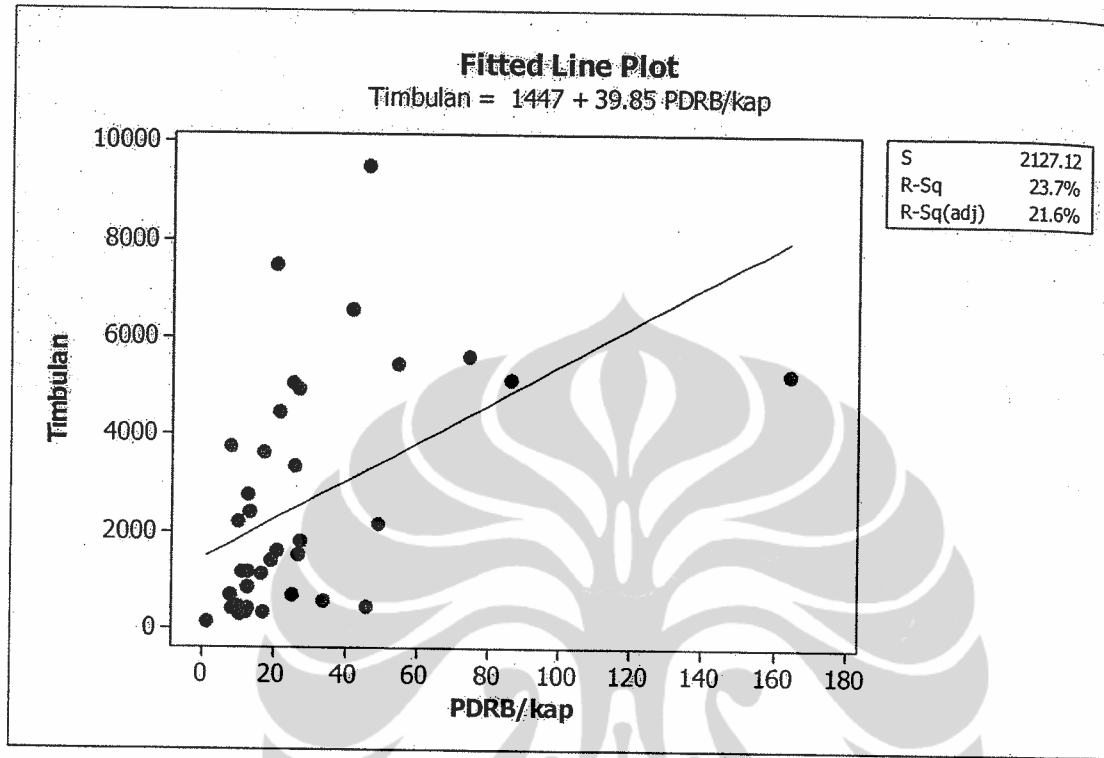
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	50553478	50553478	11.17	0.002
Error	36	162886913	4524636		
Total	37	213440391			

Fitted Line: Timbulan versus PDRB/kap

Correlations: PDRB/kap, Timbulan

Pearson correlation of PDRB/kap and Timbulan = 0.487
 P-Value = 0.002

Lampiran 13. Grafik Hubungan Timbulan Sampah dengan PDRB/kapita



2127.12
23.7%
21.6%

Lampiran 14. Jenis Data dan Asumsi untuk Analisis Aspek Lingkungan dan Biaya Sistem Pengolahan Sampah

JENIS DATA	NILAI	KETERANGAN	SUMBER
Jumlah penduduk Indonesia	224,904,000 jiwa		Statistika Indonesia, 2007
Jumlah penduduk Jakarta Barat	1,565,947 jiwa		BPS DKI Jakarta, 2007
Jumlah KK Jakbar	446,484 KK		BPS DKI Jakarta, 2007
Tingkat suku bunga	7.00 %		
UMR/hari	Rp38,000		
UMR/bulan	Rp950,000		
Rata2 pendapatan/th	Rp9,054,516		
Rata2 retribusi kebersihan/th	Rp12,000		
GDP Jakbar	Rp46,798,828,000,000		
GDP/kapita Jakbar	Rp21,494,447		
Luas wilayah	128 km ²		
Rata2 curah hujan	814 mm		
Rata2 suhu	30 °C		
Kelompok umur 15 - 59 th	64.30 %		
Rata2 anggota keluarga	4 jiwa		
Angka kematian bayi DKI Jakarta	18 per 1000 kelahiran		
Angka kematian bayi Indonesia	34 per 1000 kelahiran		
Angka harapan hidup DKI Jakarta	71.10 tahun		
Penduduk lulus <= SMP	5.52 %		
Penduduk lulus > SMP	87.80 %		
Rata2 pengeluaran untuk makanan	Rp257,891 per kap/bulan		
Rata2 pengeluaran untuk non makanan	Rp379,225 per kap/bulan		

JENIS DATA	NILAI	KETERANGAN	SUMBER
Jumlah timbulan sampah	5,500 m ³ /hari		
	1,375 ton/hari	Densitas: 250 kg/m ³	
	501,875 ton/tahun		
Jumlah sampah terangkut	5,413 m ³ /hari		
	1,353 ton/hari		
	493,936 ton/tahun		
Komposisi sampah:			
Organik	65.42%	328,327 ton/tahun	
Sampah dapur	62.97%	316,031 ton/tahun	
Sampah halaman	2.45%	12,296 ton/tahun	
Kertas/karton	8.30%	41,656 ton/tahun	
Plastik	10.39%	52,145 ton/tahun	
Logam	2.07%	10,389 ton/tahun	
Kaca/gelas	1.73%	8,682 ton/tahun	
Lain-lain	12.09%	60,677 ton/tahun	
Komposisi sampah terangkut:			
Organik	65.42%	323,133 ton/tahun	
Sampah dapur	62.97%	311,032 ton/tahun	
Sampah halaman	2.45%	12,101 ton/tahun	
Kertas/karton	8.30%	40,997 ton/tahun	
Plastik	10.39%	51,320 ton/tahun	
Logam	2.07%	10,224 ton/tahun	
Kaca/gelas	1.73%	8,545 ton/tahun	
Lain-lain	12.09%	59,717 ton/tahun	

JENIS DATA	NILAI	KETERANGAN	SUMBER
Harga truk sampah jenis bak terbuka (kap. 6 m ³)	Rp185,000,000 per unit	Umur pakai 10 th	Din. Kebersihan, 2008
	Da220 205 0000 per unit	Umur pakai 10 th	Din. Kebersihan 2008

JENIS DATA	NILAI	KETERANGAN	SUMBER
Harga truk sampah jenis bak terbuka (kap. 6 m ³)	Rp185,000,000 per unit	Umur pakai 10 th	Din. Kebersihan, 2008
Harga truk sampah jenis tipper truck (kap. 20 m ³)	Rp339,825,000 per unit	Umur pakai 10 th	Din. Kebersihan, 2008
Harga truk sampah jenis compactor (kap. 20 m ³)	- per unit		
Harga truk arm roll (pengangkut kontainer)	- per unit		
Rata2 jarak dari sumber sampah ke Fasilitas Pengolahan	7 km	Duri Kosambi	
Rata2 jarak dari sumber sampah ke Landfill	50 km	Bt. Gebang, Bekasi	
Jarak dari fasilitas pengolahan ke landfill	45 km	Bt. Gebang, Bekasi	
Rata2 jarak dari sumber sampah ke Landfill	40 km	Ciagir, Kab. Tangerang	
Jarak dari fasilitas pengol ke landfill	35 km	Ciagir, Kab. Tangerang	
Rata2 jarak tempuh truk pengangkut	76,650 km/tahun		
Biaya total pengangkutan sampah: Ke Fasilitas Pengolahan Sampah	Rp20,933 per ton/th	Tipper truck, kap. 20m ³	Hasil perhitungan
Ke Fasilitas Perimbunan Akhir (Landfill)	Rp41,865 per ton/th	Tipper truck, kap. 20m ³	Hasil perhitungan
Efisiensi penggunaan bahan bakar (diesel)	7 km/liter		
Harga bahan bakar solar	Rp4,500 per liter		

JENIS DATA	NILAI	KETERANGAN	SUMBER
Pembuangan akhir:			
Biaya alat berat (kap. 500 m ³ /hari)			
Investasi	Rp3,266,332 per m ³		Dep. PU, 2006
O & P	Rp634 per m ³		Dep. PU, 2006
Biaya total pembangunan TPA Sanitary landfill			
Clay liner	Rp11,897,519,301 per Ha		Dep. PU, 2006
Geomembrane	Rp13,470,616,382 per Ha		Dep. PU, 2006
Pengomposan:			
Kompos jadi	33.90% dari sampah yang masuk		
Kontaminan	5.00% dari sampah yang masuk		
Penggunaan bio filter	Tidak		
Pemulihan energi	Tidak		
Kebutuhan listrik	43.50 kWh/ton sampah		
Kebutuhan air	163 liter/ton sampah		
Harga kompos jadi	Rp300 per kg		
Insinerasi:			
Sisa/kerak	18.20% dari sampah yang masuk		
Abu penyaringan	1.16% dari sampah yang masuk		
Residu padat	1.78% dari sampah yang masuk		
Perolehan panas	2,698 MJ/ton sampah		
Kandungan panas solar	38.60 MJ/liter		
Landfill:			
Gas terkumpul	80 m ³ /ton sampah yg masuk		
Gas tersebar	76 m ³ /ton sampah yg masuk		
Leachate terkumpul	497 liter/ton sampah		
Leachate tersebar	52 liter/ton sampah		
Kebutuhan listrik	14 kWh/ton sampah		
Kebutuhan panas	1.6 MJ/ton sampah		
Kebutuhan diesel	1 liter/ton sampah		

JENIS DATA	NILAI	KETERANGAN	SUMBER
Lokasi fasilitas pengol terpadu (Kel. Duri Kosambi)			

JENIS DATA	NILAI	KETERANGAN	SUMBER
Lokasi fasilitas pengol terpadu (Kel. Duri Kosambi)			
Kondisi fisik lingkungan:			
Permukaan lahan	datar		
Lalu lintas	sedang		
Luas wilayah	5,03 km ²		
Jumlah penduduk	40,296 jiwa		
Peruntukan lahan	perumahan		
Jarak ke permukiman terdekat	> 1 km		
Lokasi landfill (Bantar Gebang, Bekasi)			
Kondisi fisik lingkungan:			
Permukaan lahan	datar		
Lalu lintas	sedang		
Luas wilayah			
Jumlah penduduk			
Peruntukan lahan			
Jarak ke permukiman terdekat	0-1 km		
Lokasi landfill (Ciangir, Kab. Tangerang)			
Kondisi fisik lingkungan:			
Permukaan lahan	datar		
Lalu lintas	sedang		
Luas wilayah			
Jumlah penduduk			
Peruntukan lahan			
Jarak ke permukiman terdekat	> 1 km		

Lampiran 15. Summary Output Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 1

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 1_1997

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
<i>Tonnes Managed</i>	0	0	0	517,560	517,560			
<i>Energy Consumed (GJ)</i>	0	0	0	12,361	12,361	0	0	12,361
<i>Greenhouse Gases</i>								
- CO2 (tonnes)	0	0	0	110,018	110,018	0	0	110,018
- CH4 (tonnes)	0.0	0.00	0.0	39,387	39,387	0.0	0.0	39,387
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	0	937,150	937,150	0	0	937,150
<i>Acid Gases</i>								
- SOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	15.43	15.43	0	0.0	15.4
- HCl (tonnes)	0.000	0.000	0.00	7.132	7.13	0.0	0.00	7.1
<i>Smog Precursors</i>								
- NOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	7.34	7.3	0.0	0.0	7.3
- PM (tonnes)	0.00	0.0	0.00	141.4	141.4	0.0	0.0	141.4
- VOCs (tonnes)	0.00	0.00	0.00	245.8	245.8	0.0	0.0	245.8
<i>Heavy Metals & Organics</i>								
- Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.0	1.43	1.4	0.00	0.00	1.4
Hg (kg)	0.000	0.000	0.00	0.010	0.01	0.00	0.00	0.01
Cd (kg)	0.000	0.000	0.00	0.708	0.71	0.00	0.00	0.71
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.000	0.037	0.037	n/a	0.0000	0.037
- Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.000	45.66	45.66	0.0	0.0	45.66
Hg (kg)	0.0000	0.00000	0.000	0.819	0.819	0.00	0.00	0.819
Cd (kg)	0.000	0.000	0.000	65.37	65.37	0.0	0.00	65.374
BOD (kg)	0.00	0.000	0.000	726,727	726,727	0	0	726,727
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00727	0.0073	n/a	n/a	0.00727
<i>Residual Waste (tonnes)</i>	0	0	0	517,555	517,555	0	0	517,555

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 1_1999

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Tonnes Managed	0	0	0	458,170	458,170			
Energy Consumed (GJ)	0	0	0	11,048	11,048	0	0	11,048
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	0	0	97,402	97,402	0	0	97,402
- CH4 (tonnes)	0.0	0.00	0.0	34,868	34,868	0.0	0.0	34,868
- CO2 Equivalent (tonnes)	0	0	0	829,625	829,625	0	0	829,625
Acid Gases								
- SOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	13.68	13.68	0	0.0	13.7
- HCl (tonnes)	0.000	0.000	0.00	6.314	6.31	0.0	0.00	6.3
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	6.56	6.6	0.0	0.0	6.6
- PM (tonnes)	0.00	0.0	0.00	125.2	125.2	0.0	0.0	125.2
- VOCs (tonnes)	0.00	0.00	0.00	217.6	217.6	0.0	0.0	217.6
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.0	1.26	1.3	0.00	0.00	1.3
Hg (kg)	0.000	0.000	0.00	0.009	0.01	0.00	0.00	0.01
Cd (kg)	0.000	0.000	0.00	0.627	0.63	0.00	0.00	0.63
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.000	0.033	0.033	n/a	0.0000	0.033
- Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.000	40.42	40.42	0.0	0.0	40.42
Hg (kg)	0.0000	0.00000	0.000	0.725	0.725	0.00	0.00	0.725
Cd (kg)	0.000	0.000	0.000	57.87	57.87	0.0	0.00	57.873
BOD (kg)	0.00	0.000	0.000	643,338	643,338	0	0	643,338
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00643	0.0064	n/a	n/a	0.00643
Residual Waste (tonnes)	0	0	0	458,168	458,168	0	0	458,168

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 1_2000

Processing Recycled Materials	Net Inventory		Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
		Waste Managed	0	0	0	567,520	567,520			
0	11,265	Energy Consumed (GJ)	0	0	0	13,465	13,465	0	0	13,465
		House Gases								
0	97,4	CO2 (tonnes)	0	0	0	120,633	120,633	0	0	120,633
0.0	34,6	CH4 (tonnes)	0.0	0.00	0.0	43,189	43,189	0.0	0.0	43,189
0	829,2	CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	0	1,027,612	1,027,612	0	0	1,027,612
		Acid Gases								
0.0	13,7	SOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	16,91	16,91	0	0.0	16,9
1.00	6,3	HCl (tonnes)	0.000	0.000	0.00	7,821	7,82	0.0	0.00	7,8
		Organic Precursors								
1.0	8,5	NOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	7,99	8,0	0.0	0.0	8,0
1.0	125,2	PM (tonnes)	0.00	0,0	0.00	155,1	155,1	0.0	0.0	155,1
1.0	217,7	VOCs (tonnes)	0.00	0,00	0.00	269,5	269,5	0.0	0.0	269,5
		Heavy Metals & Organics								
		Air								
30	1,3	Pb (kg)	0.000	0.000	0,0	1,56	1,6	0.00	0.00	1,6
30	0,01	Hg (kg)	0.000	0.000	0.00	0,011	0,01	0.00	0.00	0,01
30	0,63	Cd (kg)	0.000	0.000	0.00	0,776	0,78	0.00	0.00	0,78
100	0,033	Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.000	0,041	0,041	n/a	0.0000	0,041
		Water								
3	40,42	Pb (kg)	0.000	0.000	0.000	50,07	50,07	0.0	0.0	50,07
0	0,725	Hg (kg)	0.0000	0.00000	0.000	0,898	0,898	0.00	0.00	0,898
0	57,873	Cd (kg)	0.000	0.000	0.000	71,68	71,68	0.0	0.00	71,685
	643,238	BOD (kg)	0.00	0.000	0.000	796,882	796,882	0	0	796,882
	0,0064	Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0,00797	0,0080	n/a	n/a	0,00797
	458,366	Residual Waste (tonnes)	0	0	0	567,518	567,518	0	0	567,518

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 1_2001

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
<i>Tonnes Managed</i>	0	0	0	567,520	567,520			
<i>Energy Consumed (GJ)</i>	0	0	0	13,465	13,465	0	0	13,465
<i>Greenhouse Gases</i>								
- CO2 (tonnes)	0	0	0	120,633	120,633	0	0	120,633
- CH4 (tonnes)	0.0	0.00	0.0	43,189	43,189	0.0	0.0	43,189
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	0	1,027,612	1,027,612	0	0	1,027,612
<i>Acid Gases</i>								
- SOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	16.91	16.91	0	0.0	16.9
- HCl (tonnes)	0.000	0.000	0.00	7.821	7.82	0.0	0.00	7.8
<i>Smog Precursors</i>								
- NOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	7.99	8.0	0.0	0.0	8.0
- PM (tonnes)	0.00	0.0	0.00	155.1	155.1	0.0	0.0	155.1
- VOCs (tonnes)	0.00	0.00	0.00	269.5	269.5	0.0	0.0	269.5
<i>Heavy Metals & Organics</i>								
- Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.0	1.56	1.6	0.00	0.00	1.6
Hg (kg)	0.000	0.000	0.00	0.011	0.01	0.00	0.00	0.01
Cd (kg)	0.000	0.000	0.00	0.776	0.78	0.00	0.00	0.78
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.000	0.041	0.041	n/a	0.0000	0.041
- Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.000	50.07	50.07	0.0	0.0	50.07
Hg (kg)	0.0000	0.00000	0.000	0.898	0.898	0.00	0.00	0.898
Cd (kg)	0.000	0.000	0.000	71.68	71.68	0.0	0.00	71.685
BOD (kg)	0.00	0.000	0.000	796,882	796,882	0	0	796,882
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00797	0.0080	n/a	n/a	0.00797
<i>Residual Waste (tonnes)</i>	0	0	0	567,518	567,518	0	0	567,518

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 1_2002

Emission Category	Net Life Cycle Inventory	Management System				Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
		Recycling	Composting	EFW	Landfill				
Waste Managed		0	0	0	567,520	567,520			
Energy Consumed (GJ)	13,465	0	0	0	13,465	13,465	0	0	13,465
Greenhouse Gases									
CO2 (tonnes)	120,633	0	0	0	120,633	120,633	0	0	120,633
CH4 (tonnes)	43,189	0.0	0.00	0.0	43,189	43,189	0.0	0.0	43,189
CO2 Equivalents (tonnes)	1,027,612	0	0	0	1,027,612	1,027,612	0	0	1,027,612
Acid Gases									
SOx (tonnes)	16.9	0.00	0.000	0.0	16.91	16.91	0	0.0	16.9
HCl (tonnes)	7.8	0.000	0.000	0.00	7.821	7.821	0.0	0.00	7.8
Organic Precursors									
NOx (tonnes)	8.0	0.00	0.000	0.0	7.99	7.99	0.0	0.0	7.99
PM (tonnes)	155.1	0.00	0.0	0.00	155.1	155.1	0.0	0.0	155.1
VOCs (tonnes)	269.5	0.00	0.00	0.00	269.5	269.5	0.0	0.0	269.5
Heavy Metals & Organics									
Air									
Pb (kg)	1.6	0.000	0.000	0.0	1.56	1.56	0.00	0.00	1.56
Hg (kg)	0.01	0.000	0.000	0.00	0.011	0.011	0.00	0.00	0.011
Cd (kg)	0.78	0.000	0.000	0.00	0.776	0.776	0.00	0.00	0.776
Dioxins (g)	0.041	0.0000	0.00000	0.000	0.041	0.041	n/a	0.0000	0.041
Water									
Pb (kg)	50.07	0.000	0.000	0.000	50.07	50.07	0.0	0.0	50.07
Hg (kg)	0.898	0.0000	0.00000	0.000	0.898	0.898	0.00	0.00	0.898
Cd (kg)	71.685	0.000	0.000	0.000	71.68	71.68	0.0	0.00	71.685
BOD (kg)	796,882	0.00	0.000	0.000	796,882	796,882	0	0	796,882
Dioxins (TEQ) (g)	0.00797	n/a	n/a	n/a	0.00797	0.0080	n/a	n/a	0.00797
Residual Waste (tonnes)	567,518	0	0	0	567,518	567,518	0	0	567,518

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 1_2003

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Emission
Tonnes Managed	0	0	0	503,310	503,310			
Energy Consumed (GJ)	0	0	0	12,046	12,046	0	0	
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	0	0	106,991	106,991	0	0	
- CH4 (tonnes)	0.0	0.00	0.0	38,303	38,303	0.0	0.0	
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	0	911,350	911,350	0	0	
Acid Gases								
- SOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	15.01	15.01	0	0.0	
- HCl (tonnes)	0.000	0.000	0.00	6.936	6.936	0.0	0.00	
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	7.15	7.15	0.0	0.0	
- PM (tonnes)	0.00	0.0	0.00	137.6	137.6	0.0	0.0	
- VOCs (tonnes)	0.00	0.00	0.00	239.0	239.0	0.0	0.0	
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.0	1.39	1.39	0.00	0.00	
Hg (kg)	0.000	0.000	0.00	0.010	0.010	0.00	0.00	
Cd (kg)	0.000	0.000	0.00	0.688	0.688	0.00	0.00	
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.000	0.036	0.036	n/a	0.0000	
- Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.000	44.40	44.40	0.0	0.0	
Hg (kg)	0.0000	0.00000	0.000	0.796	0.796	0.00	0.00	
Cd (kg)	0.000	0.000	0.000	63.57	63.57	0.0	0.00	
BOD (kg)	0.00	0.000	0.000	706,718	706,718	0	0	
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00707	0.00707	n/a	n/a	
Residual Waste (tonnes)	0	0	0	503,305	503,305	0	0	

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
 Skenario 1_2004

Waste Category	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	0	0	0	549,030	549,030			
Energy Consumed (GJ)	0	0	0	13,056	13,056	0	0	13,056
Greenhouse Gases								
CO2 (tonnes)	0	0	0	116,706	116,706	0	0	116,706
CH4 (tonnes)	0.0	0.00	0.0	41,783	41,783	0.0	0.0	41,783
CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	0	994,144	994,144	0	0	994,144
Acid Gases								
SOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	16.36	16.36	0	0.0	16.4
NOx (tonnes)	0.000	0.000	0.00	7.566	7.57	0.0	0.00	7.6
Organic Precursors								
NOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	7.75	7.75	0.0	0.0	7.7
PM (tonnes)	0.00	0.0	0.00	150.0	150.0	0.0	0.0	150.0
VOCs (tonnes)	0.00	0.00	0.00	260.7	260.7	0.0	0.0	260.7
Heavy Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.0	1.51	1.5	0.00	0.00	1.5
Hg (kg)	0.000	0.000	0.00	0.011	0.01	0.00	0.00	0.01
Cd (kg)	0.000	0.000	0.00	0.751	0.75	0.00	0.00	0.75
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.000	0.039	0.039	n/a	0.0000	0.039
Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.000	48.44	48.44	0.0	0.0	48.44
Hg (kg)	0.0000	0.00000	0.000	0.869	0.869	0.00	0.00	0.869
Cd (kg)	0.000	0.000	0.000	69.35	69.35	0.0	0.00	69.35
BOD (kg)	0.00	0.000	0.000	770,926	770,926	0	0	770,926
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00771	0.0077	n/a	n/a	0.00771
Total Waste (tonnes)	0	0	0	549,033	549,033	0	0	549,033

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 1_2005

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Environmental Inventory
Tonnes Managed	0	0	0	503,310	503,310			
Energy Consumed (GJ)	0	0	0	12,046	12,046	0	0	12,046
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	0	0	106,991	106,991	0	0	106,991
- CH4 (tonnes)	0.0	0.00	0.0	38,303	38,303	0.0	0.0	38,303
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	0	911,350	911,350	0	0	911,350
Acid Gases								
- SOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	15.01	15.01	0	0.0	15.01
- HCl (tonnes)	0.000	0.000	0.00	6.936	6.936	0.0	0.00	6.936
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	7.15	7.15	0.0	0.0	7.15
- PM (tonnes)	0.00	0.0	0.00	137.6	137.6	0.0	0.0	137.6
- VOCs (tonnes)	0.00	0.00	0.00	239.0	239.0	0.0	0.0	239.0
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.0	1.39	1.39	0.00	0.00	1.39
Hg (kg)	0.000	0.000	0.00	0.010	0.010	0.00	0.00	0.010
Cd (kg)	0.000	0.000	0.00	0.688	0.688	0.00	0.00	0.688
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.000	0.036	0.036	n/a	0.0000	0.036
- Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.000	44.40	44.40	0.0	0.0	44.40
Hg (kg)	0.0000	0.00000	0.000	0.796	0.796	0.00	0.00	0.796
Cd (kg)	0.000	0.000	0.000	63.57	63.57	0.0	0.00	63.574
BOD (kg)	0.00	0.000	0.000	706,718	706,718	0	0	706,718
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00707	0.00707	n/a	n/a	0.00707
Residual Waste (tonnes)	0	0	0	503,305	503,305	0	0	503,305

Tonnes Managed
 Energy Consumed
 Greenhouse Gase
 - CO2 (tonnes)
 - CH4 (tonnes)
 - CO2 Equival
 Acid Gases
 - SOx (tonnes)
 - HCl (tonnes)
 Smog Precursors
 - NOx (tonnes)
 - PM (tonnes)
 - VOCs (tonnes)
 Heavy Metals & C
 - Air
 Pb (kg)
 Hg (kg)
 Cd (kg)
 Dioxins
 - Water
 Pb (kg)
 Hg (kg)
 Cd (kg)
 BOD (kg)
 Dioxins
 Residual Waste (t

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 1_2006

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	0	0	0	503,310	503,310			
Energy Consumed (GJ)	0	0	0	12,046	12,046	0	0	12,046
Greenhouse Gases								
-CO2 (tonnes)	0	0	0	106,991	106,991	0	0	106,991
-CH4 (tonnes)	0.0	0.00	0.0	38,303	38,303	0.0	0.0	38,303
-CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	0	911,350	911,350	0	0	911,350
Acid Gases								
-SOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	15.01	15.01	0	0.0	15.0
-HCl (tonnes)	0.000	0.000	0.00	6.936	6.94	0.0	0.00	6.9
Acid Precursors								
-NOx (tonnes)	0.00	0.000	0.0	7.15	7.2	0.0	0.0	7.2
-PM (tonnes)	0.00	0.0	0.00	137.6	137.6	0.0	0.0	137.6
-VOCs (tonnes)	0.00	0.00	0.00	239.0	239.0	0.0	0.0	239.0
Heavy Metals & Organics								
-Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.0	1.39	1.4	0.00	0.00	1.4
Hg (kg)	0.000	0.000	0.00	0.010	0.01	0.00	0.00	0.01
Cd (kg)	0.000	0.000	0.00	0.688	0.69	0.00	0.00	0.69
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.000	0.036	0.036	n/a	0.0000	0.036
-Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	0.000	44.40	44.40	0.0	0.0	44.40
Hg (kg)	0.0000	0.00000	0.000	0.796	0.796	0.00	0.00	0.796
Cd (kg)	0.000	0.000	0.000	63.57	63.57	0.0	0.00	63.574
BOD (kg)	0.00	0.000	0.000	706,718	706,718	0	0	706,718
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00707	0.0071	n/a	n/a	0.00707
Residual Waste (tonnes)	0	0	0	503,305	503,305	0	0	503,305

Summary output

Lampiran 16. Summary Output Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 2

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 2_1997

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Tonnes Managed	0	0	517,560	0	517,560			
Energy Consumed (GJ)	0	0	-2,645,903	1,522	-2,644,381	0	0	-2,644,381
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	0	313,764	242	314,006	0	0	314,006
- CH4 (tonnes)	0.0	0.00	-159.8	0	-160	0.0	0.0	-160
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	310,407	249	310,656	0	0	310,656
Acid Gases								
- SOx (tonnes)	0.00	0.000	423.5	2.03	425.58	0	0.0	425.6
- HCl (tonnes)	0.000	0.000	71.34	0.003	71.35	0.0	0.00	71.3
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	0.000	455.4	0.90	456.3	0.0	0.0	456.3
- PM (tonnes)	0.00	0.0	13.09	18.8	31.9	0.0	0.0	31.9
- VOCs (tonnes)	0.00	0.00	98.24	0.6	98.9	0.0	0.0	98.9
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	389.9	0.12	390.0	0.00	0.00	390.0
Hg (kg)	0.000	0.000	141.25	0.001	141.26	0.00	0.00	141.26
Cd (kg)	0.000	0.000	38.79	0.013	38.80	0.00	0.00	38.80
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.369	0.000	0.369	n/a	0.0000	0.369
- Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	-13.786	8.55	-5.24	0.0	0.0	-5.24
Hg (kg)	0.0000	0.00000	-0.306	0.132	-0.174	0.00	0.00	-0.174
Cd (kg)	0.000	0.000	0.314	12.26	12.57	0.0	0.00	12.573
BOD (kg)	0.00	0.000	10.844	0	11	0	0	11
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00153	0.0015	n/a	n/a	0.00153
Residual Waste (tonnes)	0	0	68,884	0	68,884	0	0	68,884

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 2_1998

Category	Net Life Cycle Inventory	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed		0	0	633,040	0	633,040			
Energy Consumed (GJ)	-2,644,351	0	0	-3,236,482	1,862	3,234,620	0	0	3,234,620
Greenhouse Gases									
CO2 (tonnes)	314,006	0	0	383,759	296	384,055	0	0	384,055
CH4 (tonnes)	-160	0.0	0.00	-195.5	0	195.5	0.0	0.0	195.5
CO2 Equivalents (tonnes)	310,656	0	0	379,653	304	379,957	0	0	379,957
Acid Gases									
SOx (tonnes)	425.6	0.00	0.000	518.0	2.49	520.50	0	0.0	520.50
HCl (tonnes)	71.3	0.000	0.000	87.26	0.003	87.26	0.0	0.00	87.26
Other Precursors									
NOx (tonnes)	456.3	0.00	0.000	556.9	1.10	558.0	0.0	0.0	558.0
PM (tonnes)	31.9	0.00	0.0	15.99	23.0	39.0	0.0	0.0	39.0
VOcs (tonnes)	98.9	0.00	0.00	120.10	0.8	120.9	0.0	0.0	120.9
Heavy Metals & Organics									
Air									
Pb (kg)	390.0	0.000	0.000	476.9	0.14	477.1	0.00	0.00	477.1
Hg (kg)	141.26	0.000	0.000	172.77	0.001	172.77	0.00	0.00	172.77
Cd (kg)	38.80	0.000	0.000	47.44	0.015	47.46	0.00	0.00	47.46
Dioxins (g)	0.369	0.0000	0.00000	0.451	0.000	0.451	n/a	0.0000	0.451
Water									
Pb (kg)	-5.24	0.000	0.000	-16.864	10.45	16.41	0.0	0.0	16.41
Hg (kg)	-0.174	0.0000	0.00000	-0.375	0.162	0.213	0.00	0.00	0.213
Cd (kg)	12.573	0.000	0.000	0.384	14.99	15.38	0.0	0.00	15.378
BOD (kg)	11	0.00	0.000	13.244	0	13	0	0	13
Dioxins (TEQ) (g)	0.00153	n/a	n/a	n/a	0.00188	0.0019	n/a	n/a	0.00188
Residual Waste (tonnes)	68,884	0	0	84,254	0	84,254	0	0	84,254

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 2_1999

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Waste Management
Tonnes Managed	0	0	458,170	0	458,170			
Energy Consumed (GJ)	0	0	-2,342,193	1,348	-2,340,845	0	0	-2,340,845
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	0	277,769	214	277,983	0	0	277,983
- CH4 (tonnes)	0.0	0.00	-141.5	0	-141.5	0.0	0.0	-141.5
- CO2 Equivalent (tonnes)	0	0	274,797	220	275,017	0	0	275,017
Acid Gases								
- SOx (tonnes)	0.00	0.000	375.0	1.80	376.80	0	0.0	376.80
- HCl (tonnes)	0.000	0.000	63.16	0.002	63.16	0.0	0.00	63.16
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	0.000	403.2	0.80	404.00	0.0	0.0	404.00
- PM (tonnes)	0.00	0.0	11.60	16.7	28.30	0.0	0.0	28.30
- VOCs (tonnes)	0.00	0.00	86.99	0.6	87.59	0.0	0.0	87.59
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	345.2	0.10	345.30	0.00	0.00	345.30
Hg (kg)	0.000	0.000	125.05	0.001	125.05	0.00	0.00	125.05
Cd (kg)	0.000	0.000	34.34	0.011	34.35	0.00	0.00	34.35
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.326	0.000	0.326	n/a	0.0000	0.326
- Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	-12.203	7.57	-4.633	0.0	0.0	-4.633
Hg (kg)	0.0000	0.00000	-0.271	0.117	-0.154	0.00	0.00	-0.154
Cd (kg)	0.000	0.000	0.278	10.85	11.128	0.0	0.00	11.130
BOD (kg)	0.00	0.000	9.610	0	9.610	0	0	9.610
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00136	0.00136	n/a	n/a	0.00136
Residual Waste (tonnes)	0	0	60,980	0	60,980	0	0	60,980

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 2_2000

Category	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	0	0	567,520	0	567,520			
Energy Consumed (GJ)	0	0	-2,901,416	1,669	-2,899,747	0	0	-2,899,747
House Gases								
CO2 (tonnes)	0	0	344,047	266	344,313	0	0	344,313
CH4 (tonnes)	0.0	0.00	-175.3	0	-175	0.0	0.0	-175
CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	340,367	273	340,639	0	0	340,639
Other Gases								
SOx (tonnes)	0.00	0.000	464.4	2.23	466.63	0	0.0	466.6
HCl (tonnes)	0.000	0.000	78.23	0.003	78.23	0.0	0.00	78.2
Other Precursors								
NOx (tonnes)	0.00	0.000	499.3	0.99	500.3	0.0	0.0	500.3
PM (tonnes)	0.00	0.0	14.34	20.6	35.0	0.0	0.0	35.0
VOCs (tonnes)	0.00	0.00	107.70	0.7	108.4	0.0	0.0	108.4
Heavy Metals & Organics								
Soil								
Pb (kg)	0.000	0.000	427.6	0.13	427.7	0.00	0.00	427.7
Hg (kg)	0.000	0.000	154.89	0.001	154.89	0.00	0.00	154.89
Cd (kg)	0.000	0.000	42.53	0.014	42.55	0.00	0.00	42.55
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.404	0.000	0.404	n/a	0.0000	0.404
Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	-15.118	9.37	-5.75	0.0	0.0	-5.75
Hg (kg)	0.0000	0.00000	-0.336	0.145	-0.191	0.00	0.00	-0.191
Cd (kg)	0.000	0.000	0.344	13.44	13.79	0.0	0.00	13.786
BOD (kg)	0.00	0.000	11.883	0	12	0	0	12
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00168	0.0017	n/a	n/a	0.00168
Residual Waste (tonnes)	0	0	75,534	0	75,534	0	0	75,534

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 2_2001

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Inventory
Tonnes Managed	0	0	567,520	0	567,520			
Energy Consumed (GJ)	0	0	-2,901,416	1,669	2,899,747	0	0	2,899,747
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	0	344,047	266	344,313	0	0	344,313
- CH4 (tonnes)	0.0	0.00	-175.3	0	-175.3	0.0	0.0	-175.3
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	340,367	273	340,640	0	0	340,640
Acid Gases								
- SOx (tonnes)	0.00	0.000	464.4	2.23	466.63	0	0.0	466.63
- HCl (tonnes)	0.000	0.000	78.23	0.003	78.233	0.0	0.00	78.233
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	0.000	499.3	0.99	500.29	0.0	0.0	500.29
- PM (tonnes)	0.00	0.0	14.34	20.6	35.0	0.0	0.0	35.0
- VOCs (tonnes)	0.00	0.00	107.70	0.7	108.4	0.0	0.0	108.4
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	427.6	0.13	427.73	0.00	0.00	427.73
Hg (kg)	0.000	0.000	154.89	0.001	154.891	0.00	0.00	154.891
Cd (kg)	0.000	0.000	42.53	0.014	42.55	0.00	0.00	42.55
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.404	0.000	0.404	n/a	0.0000	0.404
- Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	-15.118	9.37	-5.75	0.0	0.0	-5.75
Hg (kg)	0.0000	0.00000	-0.336	0.145	-0.191	0.00	0.00	-0.191
Cd (kg)	0.000	0.000	0.344	13.44	13.786	0.0	0.00	13.786
BOD (kg)	0.00	0.000	11.883	0	12	0	0	12
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00168	0.0017	n/a	n/a	0.00168
Residual Waste (tonnes)	0	0	75,534	0	75,534	0	0	75,534

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 2_2002

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	0	0	567,520	0	567,520			
Energy Consumed (GJ)	0	0	-2,901,416	1,669	-2,899,747	0	0	-2,899,747
Greenhouse Gases								
-CO2 (tonnes)	0	0	344,047	266	344,313	0	0	344,313
-CH4 (tonnes)	0.0	0.00	-175.3	0	-175.3	0.0	0.0	-75
-CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	340,367	273	340,639	0	0	340,639
Acid Gases								
-SOx (tonnes)	0.00	0.000	464.4	2.23	466.63	0	0.0	466.6
-HCl (tonnes)	0.000	0.000	78.23	0.003	78.23	0.0	0.00	78.2
Acid Precursors								
-NOx (tonnes)	0.00	0.000	499.3	0.99	500.3	0.0	0.0	500.3
-PM (tonnes)	0.00	0.0	14.34	20.6	35.0	0.0	0.0	35.0
-VOCs (tonnes)	0.00	0.00	107.70	0.7	108.4	0.0	0.0	108.4
Heavy Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	427.6	0.13	427.7	0.00	0.00	427.7
Hg (kg)	0.000	0.000	154.89	0.001	154.89	0.00	0.00	154.89
Cd (kg)	0.000	0.000	42.53	0.014	42.55	0.00	0.00	42.55
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.404	0.000	0.404	n/a	0.0000	0.404
Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	-15.118	9.37	-5.75	0.0	0.0	-5.75
Hg (kg)	0.0000	0.00000	-0.336	0.145	-0.191	0.00	0.00	-0.191
Cd (kg)	0.000	0.000	0.344	13.44	13.79	0.0	0.00	13.786
BOD (kg)	0.00	0.000	11.883	0	12	0	0	12
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00168	0.0017	n/a	n/a	0.00168
Actual Waste (tonnes)	0	0	75,534	0	75,534	0	0	75,534

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 2_2003

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Tonnes Managed	0	0	503,310	0	503,310			
Energy Consumed (GJ)	0	0	-2,573,028	1,480	-2,571,548	0	0	-2,571,548
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	0	305,127	236	305,363	0	0	305,363
- CH4 (tonnes)	0.0	0.00	-155.4	0	-155.4	0.0	0.0	-155.4
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	301,863	242	302,105	0	0	302,105
Acid Gases								
- SOx (tonnes)	0.00	0.000	411.9	1.98	413.88	0	0.0	413.88
- HCl (tonnes)	0.000	0.000	69.38	0.003	69.383	0.0	0.00	69.383
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	0.000	442.9	0.88	443.78	0.0	0.0	443.78
- PM (tonnes)	0.00	0.0	12.73	18.3	31.03	0.0	0.0	31.03
- VOCs (tonnes)	0.00	0.00	95.54	0.6	96.14	0.0	0.0	96.14
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	379.2	0.11	379.31	0.00	0.00	379.31
Hg (kg)	0.000	0.000	137.37	0.001	137.371	0.00	0.00	137.371
Cd (kg)	0.000	0.000	37.72	0.012	37.732	0.00	0.00	37.732
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.359	0.000	0.359	n/a	0.0000	0.359
- Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	-13.406	8.31	-5.096	0.0	0.0	-5.096
Hg (kg)	0.0000	0.00000	-0.298	0.129	-0.169	0.00	0.00	-0.169
Cd (kg)	0.000	0.000	0.305	11.92	12.225	0.0	0.00	12.225
BOD (kg)	0.00	0.000	10.548	0	10.548	0	0	10.548
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00149	0.00149	n/a	n/a	0.00149
Residual Waste (tonnes)	0	0	66,988	0	66,988	0	0	66,988

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Scenario 2_2004

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	0	0	549,030	0	549,030			
Energy Consumed (GJ)	0	0	-2,806,884	1,615	-2,805,270	0	0	-2,805,270
Greenhouse Gases								
CO2 (tonnes)	0	0	332,844	257	333,101	0	0	333,101
CH4 (tonnes)	0.0	0.00	-169.6	0	-169	0.0	0.0	-169
CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	329,283	264	329,546	0	0	329,546
Acid Gases								
SOx (tonnes)	0.00	0.000	449.3	2.16	451.45	0	0.0	451.5
HCl (tonnes)	0.000	0.000	75.68	0.003	75.69	0.0	0.00	75.7
Acid Precursors								
NOx (tonnes)	0.00	0.000	483.1	0.96	484.0	0.0	0.0	484.0
PM (tonnes)	0.00	0.0	13.88	20.0	33.8	0.0	0.0	33.8
VOCs (tonnes)	0.00	0.00	104.20	0.7	104.9	0.0	0.0	104.9
Heavy Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	413.7	0.12	413.8	0.00	0.00	413.8
Hg (kg)	0.000	0.000	149.85	0.001	149.85	0.00	0.00	149.85
Cd (kg)	0.000	0.000	41.15	0.013	41.16	0.00	0.00	41.16
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.391	0.000	0.391	n/a	0.0000	0.391
Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	-14.625	9.07	-5.56	0.0	0.0	-5.56
Hg (kg)	0.0000	0.00000	-0.325	0.140	-0.185	0.00	0.00	-0.185
Cd (kg)	0.000	0.000	0.333	13.00	13.34	0.0	0.00	13.34
BOD (kg)	0.00	0.000	11.498	0	11.498	0	0	11.498
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00163	0.00163	n/a	n/a	0.00163
Residual Waste (tonnes)	0	0	73,074	0	73,074	0	0	73,074

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 2_2005

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Emissions
Tonnes Managed	0	0	503,310	0	503,310			
Energy Consumed (GJ)	0	0	-2,573,028	1,480	-2,571,548	0	0	-2,571,548
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	0	305,127	236	305,363	0	0	305,363
- CH4 (tonnes)	0.0	0.00	-155.4	0	-155.4	0.0	0.0	-155.4
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	301,863	242	302,105	0	0	302,105
Acid Gases								
- SOx (tonnes)	0.00	0.000	411.9	1.98	413.88	0	0.0	413.88
- HCl (tonnes)	0.000	0.000	69.38	0.003	69.383	0.0	0.00	69.383
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	0.000	442.9	0.88	443.78	0.0	0.0	443.78
- PM (tonnes)	0.00	0.0	12.73	18.3	31.03	0.0	0.0	31.03
- VOCs (tonnes)	0.00	0.00	95.54	0.6	96.14	0.0	0.0	96.14
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	379.2	0.11	379.31	0.00	0.00	379.31
Hg (kg)	0.000	0.000	137.37	0.001	137.371	0.00	0.00	137.371
Cd (kg)	0.000	0.000	37.72	0.012	37.732	0.00	0.00	37.732
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.359	0.000	0.359	n/a	0.0000	0.359
- Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	-13.406	8.31	-5.096	0.0	0.0	-5.096
Hg (kg)	0.0000	0.00000	-0.298	0.129	-0.169	0.00	0.00	-0.169
Cd (kg)	0.000	0.000	0.305	11.92	12.225	0.0	0.00	12.225
BOD (kg)	0.00	0.000	10.548	0	10.548	0	0	10.548
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00149	0.00149	n/a	n/a	0.00149
Residual Waste (tonnes)	0	0	66,988	0	66,988	0	0	66,988

Wastes Managed
Energy Consumed
Greenhouse Gases
- CO2 (tonnes)
- CH4 (tonnes)
- CO2 Equivalents
Acid Gases
- SOx (tonnes)
- HCl (tonnes)
Smog Precursors
- NOx (tonnes)
- PM (tonnes)
- VOCs (tonnes)
Heavy Metals & Organics
- Air
Pb (kg)
Hg (kg)
Cd (kg)
Dioxins (g)
- Water
Pb (kg)
Hg (kg)
Cd (kg)
BOD (kg)
Dioxins (g)
Residual Waste (tonnes)

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 2_2006

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	0	0	503,310	0	503,310			
Energy Consumed (GJ)	0	0	-2,573,028	1,480	-2,571,548	0	0	-2,571,548
Greenhouse Gases								
-CO2 (tonnes)	0	0	305,127	236	305,363	0	0	305,363
-CH4 (tonnes)	0.0	0.00	-155.4	0	-155	0.0	0.0	-155
-CO2 Equivalents (tonnes)	0	0	301,863	242	302,105	0	0	302,105
Acid Gases								
-SOx (tonnes)	0.00	0.000	411.9	1.98	413.86	0	0.0	413.9
-HCl (tonnes)	0.000	0.000	69.38	0.003	69.38	0.0	0.00	69.4
Air Precursors								
-NOx (tonnes)	0.00	0.000	442.9	0.88	443.8	0.0	0.0	443.8
-PM (tonnes)	0.00	0.0	12.73	18.3	31.0	0.0	0.0	31.0
-VOCs (tonnes)	0.00	0.00	95.54	0.6	96.2	0.0	0.0	96.2
Heavy Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.000	0.000	379.2	0.11	379.3	0.00	0.00	379.3
Hg (kg)	0.000	0.000	137.37	0.001	137.37	0.00	0.00	137.37
Cd (kg)	0.000	0.000	37.72	0.012	37.73	0.00	0.00	37.73
Dioxins (g)	0.0000	0.00000	0.359	0.000	0.359	n/a	0.0000	0.359
Water								
Pb (kg)	0.000	0.000	-13.406	8.31	-5.10	0.0	0.0	-5.10
Hg (kg)	0.0000	0.00000	-0.298	0.129	-0.169	0.00	0.00	-0.169
Cd (kg)	0.000	0.000	0.305	11.92	12.23	0.0	0.00	12.226
BOD (kg)	0.00	0.000	10.548	0	11	0	0	11
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00149	0.0015	n/a	n/a	0.00149
Residual Waste (tonnes)	0	0	66,988	0	66,988	0	0	66,988

Summary output

Lampiran 17. Summary Output Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 3

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 3_1997

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
<i>Tonnes Managed</i>	0	337,640	0	179,920	517,560			
<i>Energy Consumed (GJ)</i>	0	26,640	0	5,273	31,913	0	0	31,913
<i>Greenhouse Gases</i>								
- CO2 (tonnes)	0	98,659	0	27,128	125,788	0	0	125,788
- CH4 (tonnes)	0.0	8.08	0.0	9,606	9,614	0.0	0.0	9,614
- CO2 Equivalent (tonnes)	0	98,829	0	228,856	327,684	0	0	327,684
<i>Acid Gases</i>								
- SOx (tonnes)	0.00	65.135	0.0	5.96	71.09	0	0.0	71.1
- HCl (tonnes)	0.000	0.086	0.00	1.743	1.83	0.0	0.00	1.8
<i>Smog Precursors</i>								
- NOx (tonnes)	0.00	14.637	0.0	3.14	17.8	0.0	0.0	17.8
- PM (tonnes)	0.00	59.8	0.00	53.8	113.6	0.0	0.0	113.6
- VOCs (tonnes)	0.00	23.60	0.00	60.8	84.4	0.0	0.0	84.4
<i>Heavy Metals & Organics</i>								
- Air								
Pb (kg)	0.000	3.832	0.0	0.47	4.3	0.00	0.00	4.3
Hg (kg)	0.000	0.022	0.00	0.003	0.03	0.00	0.00	0.03
Cd (kg)	0.000	0.409	0.00	0.186	0.60	0.00	0.00	0.60
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.009	0.009	n/a	0.0000	0.009
- Water								
Pb (kg)	0.000	1.059	0.000	17.37	18.43	0.0	0.0	18.43
Hg (kg)	0.0000	0.00126	0.000	0.311	0.313	0.00	0.00	0.313
Cd (kg)	0.000	0.111	0.000	24.86	24.97	0.0	0.00	24.97
BOD (kg)	0.00	4.447	0.000	276,335	276,339	0	0	276,339
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00276	0.0028	n/a	n/a	0.00276
<i>Residual Waste (tonnes)</i>	0	16,882	0	179,916	196,798	0	0	196,798

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 3_1998

sing ed s	Net Life Cycle Inventory					Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
		Recycling	Composting	EFW	Landfill				
		0	412,980	0	220,060	633,040			
31,913	Energy Consumed (GJ)	0	32,378	0	6,243	38,621	0	0	38,621
	Greenhouse Gases								
125,768	CO2 (tonnes)	0	120,617	0	33,167	153,784	0	0	153,784
9,614	CH4 (tonnes)	0.0	9.88	0.0	11,749	11,739	0.0	0.0	11,739
327,684	CO2 Equivalents (tonnes)	0	120,824	0	279,905	400,730	0	0	400,730
	Acid Gases								
71.1	SOx (tonnes)	0.00	79.636	0.0	7.25	86.89	0	0.0	86.89
1.8	HCl (tonnes)	0.000	0.106	0.00	2.131	2.237	0.0	0.00	2.2
	Heavy Precursors								
17.8	NOx (tonnes)	0.00	17.777	0.0	3.72	21.5	0.0	0.0	21.5
113.6	PM (tonnes)	0.00	73.1	0.00	65.8	139.0	0.0	0.0	139.0
84.4	POCs (tonnes)	0.00	28.81	0.00	74.3	103.1	0.0	0.0	103.1
	Heavy Metals & Organics								
	Air								
4.3	Pb (kg)	0.000	4.687	0.0	0.57	5.3	0.00	0.00	5.3
0.03	Hg (kg)	0.000	0.027	0.00	0.004	0.03	0.00	0.00	0.03
0.60	Cd (kg)	0.000	0.500	0.00	0.227	0.73	0.00	0.00	0.73
0.009	Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.011	0.011	n/a	0.0000	0.011
	Water								
18.43	Pb (kg)	0.000	1.293	0.000	21.24	22.54	0.0	0.0	22.54
0.313	Hg (kg)	0.0000	0.00154	0.000	0.381	0.382	0.00	0.00	0.382
24.970	Cd (kg)	0.000	0.136	0.000	30.41	30.54	0.0	0.00	30.54
276,339	BOD (kg)	0.00	5.419	0.000	337,993	337,998	0	0	337,998
0.00276	Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00338	0.0034	n/a	n/a	0.00338
196,798	Total Waste (tonnes)	0	20,649	0	220,061	240,709	0	0	240,709

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 3_1999

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Environmental Inventory
Tonnes Managed	0	298,900	0	159,270	458,170			
Energy Consumed (GJ)	0	23,689	0	4,774	28,463	0	0	28,463
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	87,551	0	24,023	111,573	0	0	111,573
- CH4 (tonnes)	0.0	7.15	0.0	8,504	8,511	0.0	0.0	8,511
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	87,701	0	202,602	290,303	0	0	290,303
Acid Gases								
- SOx (tonnes)	0.00	57.677	0.0	5.29	62.97	0	0.0	63.0
- HCl (tonnes)	0.000	0.077	0.00	1.543	1.62	0.0	0.00	1.6
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	13.023	0.0	2.85	15.9	0.0	0.0	15.9
- PM (tonnes)	0.00	53.0	0.00	47.7	100.6	0.0	0.0	100.6
- VOCs (tonnes)	0.00	20.92	0.00	53.8	74.8	0.0	0.0	74.8
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	3.393	0.0	0.41	3.8	0.00	0.00	3.8
Hg (kg)	0.000	0.020	0.00	0.003	0.02	0.00	0.00	0.02
Cd (kg)	0.000	0.362	0.00	0.165	0.53	0.00	0.00	0.53
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.008	0.008	n/a	0.0000	0.008
- Water								
Pb (kg)	0.000	0.939	0.000	15.38	16.32	0.0	0.0	16.32
Hg (kg)	0.0000	0.00112	0.000	0.276	0.277	0.00	0.00	0.277
Cd (kg)	0.000	0.099	0.000	22.01	22.11	0.0	0.00	22.105
BOD (kg)	0.00	3.947	0.000	244,626	244,630	0	0	244,630
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00245	0.0024	n/a	n/a	0.00245
Residual Waste (tonnes)	0	14,945	0	159,271	174,216	0	0	174,216

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 3_2000

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	0	370,230	0	197,280	567,510			
Energy Consumed (GJ)	0	29,123	0	5,692	34,815	0	0	34,815
Greenhouse Gases								
CO2 (tonnes)	0	108,361	0	29,741	138,102	0	0	138,102
CH4 (tonnes)	0.0	8.86	0.0	10,533	10,542	0.0	0.0	10,542
CO2 Equivalents (tonnes)	0	108,547	0	250,942	359,490	0	0	359,490
Acid Gases								
SOx (tonnes)	0.00	71.409	0.0	6.52	77.93	0	0.0	77.9
HCl (tonnes)	0.000	0.095	0.00	1.911	2.01	0.0	0.00	2.0
Other Precursors								
NOx (tonnes)	0.00	15.996	0.0	3.39	19.4	0.0	0.0	19.4
PM (tonnes)	0.00	65.6	0.00	59.0	124.6	0.0	0.0	124.6
VOCs (tonnes)	0.00	25.85	0.00	66.6	92.5	0.0	0.0	92.5
Heavy Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.000	4.202	0.0	0.51	4.7	0.00	0.00	4.7
Hg (kg)	0.000	0.024	0.00	0.004	0.03	0.00	0.00	0.03
Cd (kg)	0.000	0.449	0.00	0.204	0.65	0.00	0.00	0.65
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.010	0.010	n/a	0.0000	0.010
Water								
Pb (kg)	0.000	1.160	0.000	19.04	20.21	0.0	0.0	20.21
Hg (kg)	0.0000	0.00138	0.000	0.341	0.343	0.00	0.00	0.343
Cd (kg)	0.000	0.122	0.000	27.26	27.38	0.0	0.00	27.380
BOD (kg)	0.00	4.867	0.000	303,011	303,016	0	0	303,016
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00303	0.0030	n/a	n/a	0.00303
Residual Waste (tonnes)	0	18,512	0	197,285	215,796	0	0	215,796

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 3_2001

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Waste Inventory
Tonnes Managed	0	370,230	0	197,280	567,510			567,510
Energy Consumed (GJ)	0	29,123	0	5,692	34,815	0	0	34,815
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	108,361	0	29,741	138,102	0	0	138,102
- CH4 (tonnes)	0.0	8.86	0.0	10,533	10,533	0.0	0.0	10,533
- CO2 Equivalent (tonnes)	0	108,547	0	250,942	359,490	0	0	359,490
Acid Gases								
- SOx (tonnes)	0.00	71.409	0.0	6.52	77.93	0	0.0	77.9
- HCl (tonnes)	0.000	0.095	0.00	1.911	2.01	0.0	0.00	2.0
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	15.996	0.0	3.39	19.4	0.0	0.0	19.4
- PM (tonnes)	0.00	65.6	0.00	59.0	124.6	0.0	0.0	124.6
- VOCs (tonnes)	0.00	25.85	0.00	66.6	92.5	0.0	0.0	92.5
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	4.202	0.0	0.51	4.7	0.00	0.00	4.7
Hg (kg)	0.000	0.024	0.00	0.004	0.03	0.00	0.00	0.03
Cd (kg)	0.000	0.449	0.00	0.204	0.65	0.00	0.00	0.65
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.010	0.010	n/a	0.0000	0.010
- Water								
Pb (kg)	0.000	1.160	0.000	19.04	20.21	0.0	0.0	20.21
Hg (kg)	0.0000	0.00138	0.000	0.341	0.343	0.00	0.00	0.343
Cd (kg)	0.000	0.122	0.000	27.26	27.38	0.0	0.00	27.380
BOD (kg)	0.00	4.867	0.000	303,011	303,016	0	0	303,016
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00303	0.0030	n/a	n/a	0.00303
Residual Waste (tonnes)	0	18,512	0	197,285	215,796	0	0	215,796

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 3_2002

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	0	370,230	0	197,280	567,510			
Energy Consumed (GJ)	0	29,123	0	5,692	34,815	0	0	34,815
Greenhouse Gases								
CO2 (tonnes)	0	108,361	0	29,741	138,102	0	0	138,102
CH4 (tonnes)	0.0	8.86	0.0	10,533	10,542	0.0	0.0	10,542
CO2 Equivalents (tonnes)	0	108,547	0	250,942	359,490	0	0	359,490
Acid Gases								
SOx (tonnes)	0.00	71.409	0.0	6.52	77.93	0	0.0	77.9
HCl (tonnes)	0.000	0.095	0.00	1.911	2.01	0.0	0.00	2.0
Organic Precursors								
NOx (tonnes)	0.00	15.996	0.0	3.39	19.4	0.0	0.0	19.4
PM (tonnes)	0.00	65.6	0.00	59.0	124.6	0.0	0.0	124.6
VOCs (tonnes)	0.00	25.85	0.00	66.6	92.5	0.0	0.0	92.5
Heavy Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.000	4.202	0.0	0.51	4.7	0.00	0.00	4.7
Hg (kg)	0.000	0.024	0.00	0.004	0.03	0.00	0.00	0.03
Cd (kg)	0.000	0.449	0.00	0.204	0.65	0.00	0.00	0.65
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.010	0.010	n/a	0.0000	0.010
Water								
Pb (kg)	0.000	1.160	0.000	19.04	20.21	0.0	0.0	20.21
Hg (kg)	0.0000	0.00138	0.000	0.341	0.343	0.00	0.00	0.343
Cd (kg)	0.000	0.122	0.000	27.26	27.38	0.0	0.00	27.380
BOD (kg)	0.00	4.867	0.000	303,011	303,016	0	0	303,016
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00303	0.0030	n/a	n/a	0.00303
Total Waste (tonnes)	0	18,512	0	197,285	215,796	0	0	215,796

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 3_2003

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Change in Inventory
<i>Tonnes Managed</i>	0	328,340	0	174,960	503,300			
<i>Energy Consumed (GJ)</i>	0	25,932	0	5,153	31,085	0	0	31,085
<i>Greenhouse Gases</i>								
- CO2 (tonnes)	0	95,994	0	26,383	122,377	0	0	122,377
- CH4 (tonnes)	0.0	7.86	0.0	9,342	9,349	0.0	0.0	9,349
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	96,159	0	222,556	318,715	0	0	318,715
<i>Acid Gases</i>								
- SOx (tonnes)	0.00	63.345	0.0	5.80	69.149	0	0.0	69.149
- HCl (tonnes)	0.000	0.084	0.00	1.695	1.778	0.0	0.00	1.778
<i>Smog Precursors</i>								
- NOx (tonnes)	0.00	14.250	0.0	3.07	17.32	0.0	0.0	17.32
- PM (tonnes)	0.00	58.2	0.00	52.4	110.5	0.0	0.0	110.5
- VOCs (tonnes)	0.00	22.96	0.00	59.1	82.1	0.0	0.0	82.1
<i>Heavy Metals & Organics</i>								
- Air								
Pb (kg)	0.000	3.727	0.0	0.46	4.2	0.00	0.00	4.2
Hg (kg)	0.000	0.021	0.00	0.003	0.02	0.00	0.00	0.02
Cd (kg)	0.000	0.398	0.00	0.181	0.58	0.00	0.00	0.58
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.009	0.009	n/a	0.0000	0.009
- Water								
Pb (kg)	0.000	1.030	0.000	16.89	17.92	0.0	0.0	17.92
Hg (kg)	0.0000	0.00123	0.000	0.303	0.304	0.00	0.00	0.304
Cd (kg)	0.000	0.108	0.000	24.17	24.28	0.0	0.00	24.283
BOD (kg)	0.00	4.327	0.000	268,726	268,730	0	0	268,730
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00269	0.0027	n/a	n/a	0.00269
<i>Residual Waste (tonnes)</i>	0	16,417	0	174,962	191,379	0	0	191,379

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 3_2004

Category	Sub-category	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste	Waste Managed	0	358,180	0	190,860	549,040			
	Energy Consumed (GJ)	0	28,204	0	5,537	33,741	0	0	33,741
Greenhouse Gases	CO2 (tonnes)	0	104,904	0	28,774	133,678	0	0	133,678
	CH4 (tonnes)	0.0	8.57	0.0	10,190	10,199	0.0	0.0	10,199
	CO2 Equivalents (tonnes)	0	105,084	0	242,769	347,853	0	0	347,853
Acid Gases	SOx (tonnes)	0.00	69.088	0.0	6.31	75.40	0	0.0	75.4
	HCl (tonnes)	0.000	0.092	0.00	1,849	1,894	0.0	0.00	1,894
Acid Precipitants	NOx (tonnes)	0.00	15.493	0.0	3.30	18.8	0.0	0.0	18.8
	PM (tonnes)	0.00	63.4	0.00	57.1	120.5	0.0	0.0	120.5
	VOCs (tonnes)	0.00	25.02	0.00	64.5	89.5	0.0	0.0	89.5
Heavy Metals & Organics	Pb (kg)	0.000	4.065	0.0	0.50	4.6	0.00	0.00	4.6
	Hg (kg)	0.000	0.023	0.00	0.004	0.03	0.00	0.00	0.03
	Cd (kg)	0.000	0.434	0.00	0.197	0.63	0.00	0.00	0.63
	Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.010	0.010	n/a	0.0000	0.010
	Pb (kg)	0.000	1.123	0.000	18.42	19.55	0.0	0.0	19.55
	Hg (kg)	0.0000	0.00134	0.000	0.330	0.332	0.00	0.00	0.332
	Cd (kg)	0.000	0.118	0.000	26.37	26.49	0.0	0.00	26.488
BOD (kg)	0.00	4.712	0.000	293,140	293,145	0	0	293,145	
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00293	0.00293	n/a	n/a	0.00293	
Residual Waste	Residual Waste (tonnes)	0	17,909	0	190,858	208,767	0	0	208,767

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 3_2005

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Material Inventory
Tonnes Managed	0	328,340	0	174,960	503,300			
Energy Consumed (GJ)	0	25,932	0	5,153	31,085	0	0	31,085
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	95,994	0	26,383	122,377	0	0	122,377
- CH4 (tonnes)	0.0	7.86	0.0	9,342	9,349	0.0	0.0	9,349
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	96,159	0	222,556	318,715	0	0	318,715
Acid Gases								
- SOx (tonnes)	0.00	63.345	0.0	5.80	69.14	0	0.0	69.14
- HCl (tonnes)	0.000	0.084	0.00	1.695	1.778	0.0	0.00	1.778
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	14.250	0.0	3.07	17.3	0.0	0.0	17.3
- PM (tonnes)	0.00	58.2	0.00	52.4	110.5	0.0	0.0	110.5
- VOCs (tonnes)	0.00	22.96	0.00	59.1	82.1	0.0	0.0	82.1
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	3.727	0.0	0.46	4.2	0.00	0.00	4.2
Hg (kg)	0.000	0.021	0.00	0.003	0.02	0.00	0.00	0.02
Cd (kg)	0.000	0.398	0.00	0.181	0.58	0.00	0.00	0.58
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.009	0.009	n/a	0.0000	0.009
- Water								
Pb (kg)	0.000	1.030	0.000	16.89	17.92	0.0	0.0	17.92
Hg (kg)	0.0000	0.00123	0.000	0.303	0.304	0.00	0.00	0.304
Cd (kg)	0.000	0.108	0.000	24.17	24.28	0.0	0.00	24.283
BOD (kg)	0.00	4.327	0.000	268,726	268,730	0	0	268,730
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00269	0.0027	n/a	n/a	0.00269
Residual Waste (tonnes)	0	16,417	0	174,962	191,379	0	0	191,379

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 3_2006

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	0	328,340	0	174,960	503,300			
Energy Consumed (GJ)	0	25,932	0	5,153	31,085	0	0	31,085
Greenhouse Gases								
-CO2 (tonnes)	0	95,994	0	26,383	122,377	0	0	122,377
-CH4 (tonnes)	0.0	7.86	0.0	9,342	9,349	0.0	0.0	9,349
-CO2 Equivalents (tonnes)	0	96,159	0	222,556	318,715	0	0	318,715
Acid Gases								
-SOx (tonnes)	0.00	63.345	0.0	5.80	69.14	0	0.0	69.1
-HCl (tonnes)	0.000	0.084	0.00	1.695	1.78	0.0	0.00	1.8
Acid Precursors								
-NOx (tonnes)	0.00	14.250	0.0	3.07	17.3	0.0	0.0	17.3
-PM (tonnes)	0.00	58.2	0.00	52.4	110.5	0.0	0.0	110.5
-VOCs (tonnes)	0.00	22.96	0.00	59.1	82.1	0.0	0.0	82.1
Heavy Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.000	3.727	0.0	0.46	4.2	0.00	0.00	4.2
Hg (kg)	0.000	0.021	0.00	0.003	0.02	0.00	0.00	0.02
Cd (kg)	0.000	0.398	0.00	0.181	0.58	0.00	0.00	0.58
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.009	0.009	n/a	0.0000	0.009
Water								
Pb (kg)	0.000	1.030	0.000	16.89	17.92	0.0	0.0	17.92
Hg (kg)	0.0000	0.00123	0.000	0.303	0.304	0.00	0.00	0.304
Cd (kg)	0.000	0.108	0.000	24.17	24.28	0.0	0.00	24.283
BOD (kg)	0.00	4.327	0.000	268,726	268,730	0	0	268,730
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00269	0.0027	n/a	n/a	0.00269
Residual Waste (tonnes)	0	16,417	0	174,962	191,379	0	0	191,379

Summary output

Lampiran 18. Summary Output Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 4

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 4_1997

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Tonnes Managed	0	337,640	179,920	0	517,560			
Energy Consumed (GJ)	0	26,640	-1,725,992	1,710	-1,697,642	0	0	-1,697,642
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	98,659	133,575	1,941	234,175	0	0	234,175
- CH4 (tonnes)	0.0	8.08	-114.0	608	502	0.0	0.0	502
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	98,829	131,181	14,711	244,720	0	0	244,720
Acid Gases								
- NOx (tonnes)	0.00	14.637	111.8	1.01	127.47	0.0	0.0	127.5
- SOx (tonnes)	0.00	65.135	131.1	2.29	198.50	0	0.0	198.5
- HCl (tonnes)	0.000	0.086	24.74	0.113	24.94	0.0	0.00	24.9
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	14.637	111.8	1.01	127.5	0.0	0.0	127.5
- PM (tonnes)	0.00	59.8	-11.05	21.1	69.9	0.0	0.0	69.9
- VOCs (tonnes)	0.00	23.60	25.13	4.4	53.2	0.0	0.0	53.2
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	3.832	134.5	0.14	138.5	0.00	0.00	138.5
Hg (kg)	0.000	0.022	48.79	0.001	48.81	0.00	0.00	48.81
Cd (kg)	0.000	0.409	13.43	0.024	13.87	0.00	0.00	13.87
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.128	0.001	0.129	n/a	0.0000	0.129
- Water								
Pb (kg)	0.000	1.059	-10.346	6.83	-2.46	0.0	0.0	-2.46
Hg (kg)	0.0000	0.00126	-0.197	0.122	-0.074	0.00	0.00	-0.074
Cd (kg)	0.000	0.111	0.038	9.78	9.92	0.0	0.00	9.924
BOD (kg)	0.00	4.447	0.528	23,705	23,710	0	0	23,710
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00109	0.0011	n/a	n/a	0.00109
Residual Waste (tonnes)	0	16,882	60,509	0	77,391	0	0	77,391

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 4_1999

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Environmental Inventory
Tonnes Managed	0	298,900	159,270	0	58,170			
Energy Consumed (GJ)	0	23,689	-1,527,836	1,514	1,502,633	0	0	1,502,633
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	87,551	118,255	1,718	207,523	0	0	207,523
- CH4 (tonnes)	0.0	7.15	-100.9	538	445	0.0	0.0	445
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	87,701	116,135	13,023	216,859	0	0	216,859
Acid Gases								
- NOx (tonnes)	0.00	13.023	99.1	0.90	112.97	0.0	0.0	113.0
- SOx (tonnes)	0.00	57.677	116.1	2.02	175.79	0	0.0	175.8
- HCl (tonnes)	0.000	0.077	21.90	0.100	22.08	0.0	0.00	22.1
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	13.023	99.1	0.90	113.0	0.0	0.0	113.0
- PM (tonnes)	0.00	53.0	-9.77	18.7	61.9	0.0	0.0	61.9
- VOCs (tonnes)	0.00	20.92	22.27	3.9	47.1	0.0	0.0	47.1
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	3.393	119.1	0.12	122.6	0.00	0.00	122.6
Hg (kg)	0.000	0.020	43.19	0.001	43.21	0.00	0.00	43.21
Cd (kg)	0.000	0.362	11.89	0.021	12.28	0.00	0.00	12.28
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.113	0.001	0.114	n/a	0.0000	0.114
- Water								
Pb (kg)	0.000	0.939	-9.158	6.04	-2.18	0.0	0.0	-2.18
Hg (kg)	0.0000	0.00112	-0.175	0.108	-0.065	0.00	0.00	-0.065
Cd (kg)	0.000	0.099	0.034	8.65	8.79	0.0	0.00	8.786
BOD (kg)	0.00	3.947	0.478	20,985	20,989	0	0	20,989
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00096	0.0010	n/a	n/a	0.00096
Residual Waste (tonnes)	0	14,945	53,566	0	68,510	0	0	68,510

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 4_2000

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	0	370,230	197,280	0	567,510			
Energy Consumed (GJ)	0	29,123	-1,892,702	1,875	-1,861,704	0	0	-1,861,704
Greenhouse Gases								
CO2 (tonnes)	0	108,361	146,463	2,128	256,953	0	0	256,953
CH4 (tonnes)	0.0	8.86	-125.0	667	651	0.0	0.0	651
CO2 Equivalents (tonnes)	0	108,547	143,838	16,131	268,516	0	0	268,516
Acid Gases								
NOx (tonnes)	0.00	15.996	122.6	1.11	139.7	0.0	0.0	139.7
SOx (tonnes)	0.00	71.409	143.7	2.51	217.63	0	0.0	217.6
HCl (tonnes)	0.000	0.095	27.13	0.124	27.35	0.0	0.00	27.3
Other Precursors								
NOx (tonnes)	0.00	15.996	122.6	1.11	139.7	0.0	0.0	139.7
PM (tonnes)	0.00	65.6	-12.13	23.2	76.6	0.0	0.0	76.6
VOCs (tonnes)	0.00	25.85	27.53	4.9	58.3	0.0	0.0	58.3
Heavy Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.000	4.202	147.5	0.15	151.8	0.00	0.00	151.8
Hg (kg)	0.000	0.024	53.50	0.001	53.52	0.00	0.00	53.52
Cd (kg)	0.000	0.449	14.73	0.026	15.21	0.00	0.00	15.21
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.141	0.001	0.141	n/a	0.0000	0.141
Water								
Pb (kg)	0.000	1.160	-11.346	7.49	-2.70	0.0	0.0	-2.70
Hg (kg)	0.0000	0.00138	-0.216	0.134	-0.081	0.00	0.00	-0.081
Cd (kg)	0.000	0.122	0.042	10.72	10.88	0.0	0.00	10.882
BOD (kg)	0.00	4.867	0.571	25,993	25,999	0	0	25,999
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00119	0.0012	n/a	n/a	0.00119
Residual Waste (tonnes)	0	18,512	66,350	0	84,862	0	0	84,862

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 4_2001

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Tonnes Managed	0	370,230	197,280	0	567,510			
Energy Consumed (GJ)	0	29,123	-1,892,702	1,875	-1,861,704	0	0	-1,861,704
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	108,361	146,463	2,128	256,953	0	0	256,953
- CH4 (tonnes)	0.0	8.86	-125.0	667	551	0.0	0.0	551
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	108,547	143,838	16,131	268,516	0	0	268,516
Acid Gases								
- NOx (tonnes)	0.00	15.996	122.6	1.11	139.7	0.0	0.0	139.7
- SOx (tonnes)	0.00	71.409	143.7	2.51	217.6	0	0.0	217.6
- HCl (tonnes)	0.000	0.095	27.13	0.124	27.35	0.0	0.00	27.3
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	15.996	122.6	1.11	139.7	0.0	0.0	139.7
- PM (tonnes)	0.00	65.6	-12.13	23.2	76.6	0.0	0.0	76.6
- VOCs (tonnes)	0.00	25.85	27.53	4.9	58.3	0.0	0.0	58.3
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	4.202	147.5	0.15	151.8	0.00	0.00	151.8
Hg (kg)	0.000	0.024	53.50	0.001	53.52	0.00	0.00	53.52
Cd (kg)	0.000	0.449	14.73	0.026	15.21	0.00	0.00	15.21
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.141	0.001	0.141	n/a	0.0000	0.141
- Water								
Pb (kg)	0.000	1.160	-11.346	7.49	-2.70	0.0	0.0	-2.70
Hg (kg)	0.0000	0.00138	-0.216	0.134	-0.081	0.00	0.00	-0.081
Cd (kg)	0.000	0.122	0.042	10.72	10.88	0.0	0.00	10.882
BOD (kg)	0.00	4.867	0.571	25,993	25,999	0	0	25,999
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00119	0.0012	n/a	n/a	0.00119
Residual Waste (tonnes)	0	18,512	66,350	0	84,862	0	0	84,862

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 4_2002

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life-Cycle Inventory
Waste Managed	0	370,230	197,280	0	567,510			
Energy Consumed (GJ)	0	29,123	-1,892,702	1,875	-1,861,704	0	0	-1,861,704
Greenhouse Gases								
CO2 (tonnes)	0	108,361	146,463	2,128	256,953	0	0	256,953
CH4 (tonnes)	0.0	8.86	-125.0	667	551	0.0	0.0	551
CO2 Equivalents (tonnes)	0	108,547	143,838	16,131	268,516	0	0	268,516
Acid Gases								
NOx (tonnes)	0.00	15.996	122.6	1.11	139.7	0.0	0.0	139.7
SOx (tonnes)	0.00	71.409	143.7	2.51	217.63	0	0.0	217.6
HCl (tonnes)	0.000	0.095	27.13	0.124	27.35	0.0	0.00	27.3
Organic Precursors								
NOx (tonnes)	0.00	15.996	122.6	1.11	139.7	0.0	0.0	139.7
PM (tonnes)	0.00	65.6	-12.13	23.2	76.6	0.0	0.0	76.6
VOCs (tonnes)	0.00	25.85	27.53	4.9	58.3	0.0	0.0	58.3
Trace Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.000	4.202	147.5	0.15	151.8	0.00	0.00	151.8
Hg (kg)	0.000	0.024	53.50	0.001	53.52	0.00	0.00	53.52
Cd (kg)	0.000	0.449	14.73	0.026	15.21	0.00	0.00	15.21
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.141	0.001	0.141	n/a	0.0000	0.141
Water								
Pb (kg)	0.000	1.160	-11.346	7.49	-2.70	0.0	0.0	-2.70
Hg (kg)	0.0000	0.00138	-0.216	0.134	-0.081	0.00	0.00	-0.081
Cd (kg)	0.000	0.122	0.042	10.72	10.88	0.0	0.00	10.882
BOD (kg)	0.00	4.867	0.571	25,993	25,999	0	0	25,999
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00119	0.0012	n/a	n/a	0.00119
Total Waste (tonnes)	0	18,512	66,350	0	84,862	0	0	84,862

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 4_2003

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Tonnes Managed	0	328,340	174,960	0	503,300			
Energy Consumed (GJ)	0	25,932	-1,678,445	1,663	-1,650,849	0	0	-1,650,849
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	95,994	129,899	1,887	227,780	0	0	227,780
- CH4 (tonnes)	0.0	7.86	-110.9	591	488	0.0	0.0	488
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	96,159	127,570	14,306	238,035	0	0	238,035
Acid Gases								
- NOx (tonnes)	0.00	14.250	108.8	0.98	123.99	0.0	0.0	124.0
- SOx (tonnes)	0.00	63.345	127.5	2.22	193.04	0	0.0	193.0
- HCl (tonnes)	0.000	0.084	24.06	0.110	24.25	0.0	0.00	24.3
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	14.250	108.8	0.98	124.0	0.0	0.0	124.0
- PM (tonnes)	0.00	58.2	-10.75	20.6	68.0	0.0	0.0	68.0
- VOCs (tonnes)	0.00	22.96	24.44	4.3	51.7	0.0	0.0	51.7
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	3.727	130.8	0.13	134.7	0.00	0.00	134.7
Hg (kg)	0.000	0.021	47.45	0.001	47.47	0.00	0.00	47.47
Cd (kg)	0.000	0.398	13.06	0.023	13.49	0.00	0.00	13.49
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.125	0.001	0.125	n/a	0.0000	0.125
- Water								
Pb (kg)	0.000	1.030	-10.061	6.64	-2.39	0.0	0.0	-2.39
Hg (kg)	0.0000	0.00123	-0.192	0.119	-0.072	0.00	0.00	-0.072
Cd (kg)	0.000	0.108	0.037	9.51	9.65	0.0	0.00	9.651
BOD (kg)	0.00	4.327	0.516	23,052	23,057	0	0	23,057
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00106	0.0011	n/a	n/a	0.00106
Residual Waste (tonnes)	0	16,417	58,843	0	75,260	0	0	75,260

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 4_2004

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	0	358,180	190,860	0	549,040			
Energy Consumed (GJ)	0	28,204	-1,831,022	1,814	-1,801,004	0	0	-1,801,004
Greenhouse Gases								
CO2 (tonnes)	0	104,904	141,694	2,059	248,657	0	0	248,657
CH4 (tonnes)	0.0	8.57	-120.9	645	39	0.0	0.0	533
CO2 Equivalents (tonnes)	0	105,084	139,155	15,605	259,844	0	0	259,844
Air Gases								
NOx (tonnes)	0.00	15.493	118.6	1.07	135.2	0.0	0.0	135.2
SOx (tonnes)	0.00	69.088	139.0	2.43	210.56	0	0.0	210.6
HCl (tonnes)	0.000	0.092	26.24	0.120	26.46	0.0	0.00	26.5
Organic Precursors								
NOx (tonnes)	0.00	15.493	118.6	1.07	135.2	0.0	0.0	135.2
PM (tonnes)	0.00	63.4	-11.73	22.4	74.1	0.0	0.0	74.1
VOCs (tonnes)	0.00	25.02	26.64	4.7	56.4	0.0	0.0	56.4
Heavy Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.000	4.065	142.7	0.15	146.9	0.00	0.00	146.9
Hg (kg)	0.000	0.023	51.76	0.001	51.78	0.00	0.00	51.78
Cd (kg)	0.000	0.434	14.25	0.025	14.71	0.00	0.00	14.71
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.136	0.001	0.137	n/a	0.0000	0.137
Water								
Pb (kg)	0.000	1.123	-10.976	7.24	-2.61	0.0	0.0	-2.61
Hg (kg)	0.0000	0.00134	-0.209	0.130	-0.078	0.00	0.00	-0.078
Cd (kg)	0.000	0.118	0.040	10.37	10.53	0.0	0.00	10.528
BOD (kg)	0.00	4.712	0.555	25,147	25,152	0	0	25,152
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00115	0.0012	n/a	n/a	0.00115
Residual Waste (tonnes)	0	17,909	64,189	0	82,098	0	0	82,098

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 4_2005

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Tonnes Managed	0	328,340	174,960	0	503,300			
Energy Consumed (GJ)	0	25,932	-1,678,445	1,663	1,660,449	0	0	1,660,449
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	0	95,994	129,899	1,887	227,780	0	0	227,780
- CH4 (tonnes)	0.0	7.86	-110.9	591	488	0.0	0.0	488
- CO2 Equivalents (tonnes)	0	96,159	127,570	14,306	238,035	0	0	238,035
Acid Gases								
- NOx (tonnes)	0.00	14.250	108.8	0.98	123.99	0.0	0.0	124.0
- SOx (tonnes)	0.00	63.345	127.5	2.22	193.04	0	0.0	193.0
- HCl (tonnes)	0.000	0.084	24.06	0.110	24.254	0.0	0.00	24.3
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	0.00	14.250	108.8	0.98	124.0	0.0	0.0	124.0
- PM (tonnes)	0.00	58.2	-10.75	20.6	68.0	0.0	0.0	68.0
- VOCs (tonnes)	0.00	22.96	24.44	4.3	51.7	0.0	0.0	51.7
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.000	3.727	130.8	0.13	134.7	0.00	0.00	134.7
Hg (kg)	0.000	0.021	47.45	0.001	47.47	0.00	0.00	47.47
Cd (kg)	0.000	0.398	13.06	0.023	13.49	0.00	0.00	13.49
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.125	0.001	0.125	n/a	0.0000	0.125
- Water								
Pb (kg)	0.000	1.030	-10.061	6.64	-2.39	0.0	0.0	-2.39
Hg (kg)	0.0000	0.00123	-0.192	0.119	-0.072	0.00	0.00	-0.072
Cd (kg)	0.000	0.108	0.037	9.51	9.65	0.0	0.00	9.651
BOD (kg)	0.00	4.327	0.516	23,052	23,057	0	0	23,057
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00106	0.0011	n/a	n/a	0.00106
Residual Waste (tonnes)	0	16,417	58,843	0	75,260	0	0	75,260

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 4_2006

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	0	328,340	174,960	0	503,300			
Energy Consumed (GJ)	0	25,932	-1,678,445	1,663	1,650,849	0	0	-1,650,849
Greenhouse Gases								
CO2 (tonnes)	0	95,994	129,899	1,887	227,780	0	0	227,780
CH4 (tonnes)	0.0	7.86	-110.9	591	488	0.0	0.0	488
CO2 Equivalents (tonnes)	0	96,159	127,570	14,306	238,035	0	0	238,035
Acid Gases								
NOx (tonnes)	0.00	14.250	108.8	0.98	123.99	0.0	0.0	124.0
SOx (tonnes)	0.00	63.345	127.5	2.22	193.04	0	0.0	193.0
HCl (tonnes)	0.000	0.084	24.06	0.110	24.25	0.0	0.00	24.3
Organic Precursors								
NOx (tonnes)	0.00	14.250	108.8	0.98	124.0	0.0	0.0	124.0
PM (tonnes)	0.00	58.2	-10.75	20.6	68.0	0.0	0.0	68.0
VOCs (tonnes)	0.00	22.96	24.44	4.3	51.7	0.0	0.0	51.7
Heavy Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.000	3.727	130.8	0.13	134.7	0.00	0.00	134.7
Hg (kg)	0.000	0.021	47.45	0.001	47.47	0.00	0.00	47.47
Cd (kg)	0.000	0.398	13.06	0.023	13.49	0.00	0.00	13.49
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.125	0.001	0.125	n/a	0.0000	0.125
Water								
Pb (kg)	0.000	1.030	-10.061	6.64	-2.39	0.0	0.0	-2.39
Hg (kg)	0.0000	0.00123	-0.192	0.119	-0.072	0.00	0.00	-0.072
Cd (kg)	0.000	0.108	0.037	9.51	9.65	0.0	0.00	9.651
BOD (kg)	0.00	4.327	0.516	23,052	23,057	0	0	23,057
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00106	0.0011	n/a	n/a	0.00106
Residual Waste (tonnes)	0	16,417	58,843	0	75,260	0	0	75,260

Summary output

Lampiran 19. Summary Output Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Skenario 5

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 5_1997

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Tonnes Managed	121,234	337,640	0	58,686	517,560	0	0	517,560
Energy Consumed (GJ)	2,773	26,640	0	4,783	34,196	0	0	34,196
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	653	98,659	0	24,308	123,620	0	0	123,620
- CH4 (tonnes)	0.8	8.08	0.0	8,607	8,616	0.0	0.0	8,616
- CO2 Equivalents (tonnes)	670	98,829	0	205,054	304,552	0	0	304,552
Acid Gases								
- NOx (tonnes)	1.36	14.637	0.0	2.85	18.85	0.0	0.0	18.85
- SOx (tonnes)	6.26	65.135	0.0	5.30	76.70	0.0	0.0	76.70
- HCl (tonnes)	0.008	0.086	0.00	1.561	1.66	0.00	0.00	1.66
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	1.36	14.637	0.0	2.85	18.8	0.0	0.0	18.8
- PM (tonnes)	0.42	59.8	0.00	47.8	108.0	0.00	0.00	108.0
- VOCs (tonnes)	1.47	23.60	0.00	54.5	79.5	0.00	0.00	79.5
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.369	3.832	0.0	0.42	4.6	0.0	0.0	4.6
Hg (kg)	0.002	0.022	0.00	0.003	0.03	0.00	0.00	0.03
Cd (kg)	0.039	0.409	0.00	0.166	0.61	0.00	0.00	0.61
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.008	0.008	0.000	0.000	0.008
- Water								
Pb (kg)	0.103	1.059	0.000	15.42	16.58	0.000	0.000	16.58
Hg (kg)	0.0001	0.00126	0.000	0.276	0.278	0.000	0.000	0.278
Cd (kg)	0.011	0.111	0.000	22.06	22.18	0.000	0.000	22.18
BOD (kg)	0.42	4.447	0.000	245,240	245,245	0.000	0.000	245,245
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00245	0.0025	n/a	n/a	0.0025
Residual Waste (tonnes)	1,366	16,882	0	58,686	76,934	0	0	76,934

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 5_1998

single led ls	Net Life Cycle Inventory	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
	517,560	148,285	412,980	0	71,771	633,036	0	0	633,036
	34,196	3,391	32,378	0	5,644	41,414	0	0	41,414
	123,620	798	120,617	0	29,717	151,192	0	0	151,192
	8,616	1.0	9.88	0.0	10,527	10,538	0.0	0.0	10,538
	304,552	819	120,824	0	250,793	372,436	0	0	372,436
	18.85	1.66	17.777	0.0	3.36	22.80	0.0	0.0	22.80
	76.70	7.66	79.636	0.0	6.45	99.75	0.0	0.0	99.75
	1.66	0.010	0.106	0.00	1.910	2.03	0.00	0.00	2.03
	18.8	1.66	17.777	0.0	3.36	22.8	0.0	0.0	22.8
	108.0	0.52	73.1	0.00	58.4	132.1	0.00	0.00	132.1
	79.5	1.79	28.81	0.00	66.6	97.2	0.00	0.00	97.2
	4.6	0.451	4.687	0.0	0.51	5.6	0.0	0.0	5.6
	0.03	0.003	0.027	0.00	0.004	0.03	0.00	0.00	0.03
	0.61	0.048	0.500	0.00	0.203	0.75	0.00	0.00	0.75
	0.008	0.0000	0.00004	0.000	0.010	0.010	0.000	0.000	0.010
	16.58	0.125	1.293	0.000	18.85	20.27	0.000	0.000	20.27
	0.278	0.0002	0.00154	0.000	0.338	0.340	0.000	0.000	0.340
	22.18	0.013	0.136	0.000	26.98	27.13	0.000	0.000	27.13
	245,245	0.51	5.419	0.000	299,960	299,966	0.000	0.000	299,966
	0.0025	n/a	n/a	n/a	0.00300	0.0030	n/a	n/a	0.0030
	76,934	1,671	20,649	0	71,771	94,090	0	0	94,090

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 5_1999

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Energy Inventory
Tonnes Managed	107,232	298,900	0	51,947	458,170	0	0	458,170
Energy Consumed (GJ)	2,454	23,689	0	4,340	30,484	0	0	30,484
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	578	87,551	0	21,526	109,654	0	0	109,654
- CH4 (tonnes)	0.7	7.15	0.0	7,619	7,627	0.0	0.0	7,627
- CO2 Equivalents (tonnes)	593	87,701	0	181,532	269,826	0	0	269,826
Acid Gases								
- NOx (tonnes)	1.20	13.023	0.0	2.59	16.82	0.0	0.0	16.82
- SOx (tonnes)	5.54	57.677	0.0	4.71	67.93	0.0	0.0	67.93
- HCl (tonnes)	0.007	0.077	0.00	1.382	1.47	0.00	0.00	1.47
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	1.20	13.023	0.0	2.59	16.8	0.0	0.0	16.8
- PM (tonnes)	0.37	53.0	0.00	42.3	95.7	0.00	0.00	95.7
- VOCs (tonnes)	1.30	20.92	0.00	48.3	70.5	0.00	0.00	70.5
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.327	3.393	0.0	0.37	4.1	0.0	0.0	4.1
Hg (kg)	0.002	0.020	0.00	0.003	0.02	0.00	0.00	0.02
Cd (kg)	0.035	0.362	0.00	0.147	0.54	0.00	0.00	0.54
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.007	0.007	0.000	0.000	0.007
- Water								
Pb (kg)	0.091	0.939	0.000	13.65	14.68	0.000	0.000	14.68
Hg (kg)	0.0001	0.00112	0.000	0.245	0.246	0.000	0.000	0.246
Cd (kg)	0.009	0.099	0.000	19.53	19.64	0.000	0.000	19.64
BOD (kg)	0.37	3.947	0.000	217,100	217,104	0.000	0.000	217,104
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00217	0.0022	n/a	n/a	0.0022
Residual Waste (tonnes)	1,209	14,945	0	51,947	68,101	0	0	68,101

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 5_2000

Category	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	132,938	370,230	0	64,350	567,510	0	0	567,510
Energy Consumed (GJ)	3,040	29,123	0	5,156	37,319	0	0	37,319
Greenhouse Gases								
CO ₂ (tonnes)	716	108,361	0	26,648	135,725	0	0	135,725
CH ₄ (tonnes)	0.9	8.86	0.0	9,438	9,448	0.0	0.0	9,448
CO ₂ Equivalents (tonnes)	734	108,547	0	224,843	334,125	0	0	334,125
Acid Gases								
NO _x (tonnes)	1.49	15,996	0.0	3.07	20.56	0.0	0.0	20.56
SO _x (tonnes)	6.87	71,409	0.0	5.80	84.08	0.0	0.0	84.08
HCl (tonnes)	0.009	0.095	0.00	1.712	1.82	0.00	0.00	1.82
Organic Precursors								
NO _x (tonnes)	1.49	15,996	0.0	3.07	20.6	0.0	0.0	20.6
PM (tonnes)	0.46	65.6	0.00	52.4	118.4	0.00	0.00	118.4
VOCs (tonnes)	1.61	25.85	0.00	59.7	87.2	0.00	0.00	87.2
Trace Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.405	4.202	0.0	0.46	5.1	0.0	0.0	5.1
Hg (kg)	0.002	0.024	0.00	0.003	0.03	0.00	0.00	0.03
Cd (kg)	0.043	0.449	0.00	0.182	0.67	0.00	0.00	0.67
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.009	0.009	0.000	0.000	0.009
Water								
Pb (kg)	0.112	1.160	0.000	16.90	18.18	0.000	0.000	18.18
Hg (kg)	0.0002	0.00138	0.000	0.303	0.305	0.000	0.000	0.305
Cd (kg)	0.012	0.122	0.000	24.19	24.32	0.000	0.000	24.32
BOD (kg)	0.46	4.867	0.000	268,915	268,920	0.000	0.000	268,920
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00269	0.0027	n/a	n/a	0.0027
Residual Waste (tonnes)	1,498	18,512	0	64,350	84,359	0	0	84,359

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 5_2001

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Tonnes Managed	132,938	370,230	0	64,350	567,510	0	0	567,510
Energy Consumed (GJ)	3,040	29,123	0	5,156	37,319	0	0	37,319
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	716	108,361	0	26,648	135,725	0	0	135,725
- CH4 (tonnes)	0.9	8.86	0.0	9,438	9,448	0.0	0.0	9,448
- CO2 Equivalents (tonnes)	734	108,547	0	224,843	334,125	0	0	334,125
Acid Gases								
- NOx (tonnes)	1.49	15.996	0.0	3.07	20.56	0.0	0.0	20.56
- SOx (tonnes)	6.87	71.409	0.0	5.80	84.08	0.0	0.0	84.08
- HCl (tonnes)	0.009	0.095	0.00	1.712	1.82	0.00	0.00	1.82
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	1.49	15.996	0.0	3.07	20.6	0.0	0.0	20.6
- PM (tonnes)	0.46	65.6	0.00	52.4	118.4	0.00	0.00	118.4
- VOCs (tonnes)	1.61	25.85	0.00	59.7	87.2	0.00	0.00	87.2
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.405	4.202	0.0	0.46	5.1	0.0	0.0	5.1
Hg (kg)	0.002	0.024	0.00	0.003	0.03	0.00	0.00	0.03
Cd (kg)	0.043	0.449	0.00	0.182	0.67	0.00	0.00	0.67
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.009	0.009	0.000	0.000	0.009
- Water								
Pb (kg)	0.112	1.160	0.000	16.90	18.18	0.000	0.000	18.18
Hg (kg)	0.0002	0.00138	0.000	0.303	0.305	0.000	0.000	0.305
Cd (kg)	0.012	0.122	0.000	24.19	24.32	0.000	0.000	24.32
BOD (kg)	0.46	4.867	0.000	268,915	268,920	0.000	0.000	268,920
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00269	0.0027	n/a	n/a	0.0027
Residual Waste (tonnes)	1,498	18,512	0	64,350	84,359	0	0	84,359

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 5_2002

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	132,938	370,230	0	64,350	567,510	0	0	567,510
Energy Consumed (GJ)	3,040	29,123	0	5,156	37,319	0	0	37,319
Greenhouse Gases								
CO2 (tonnes)	716	108,361	0	26,648	135,725	0	0	135,725
CH4 (tonnes)	0.9	8.86	0.0	9,438	9,448	0.0	0.0	9,448
CO2 Equivalents (tonnes)	734	108,547	0	224,843	334,125	0	0	334,125
Other Gases								
NOx (tonnes)	1.49	15.996	0.0	3.07	20.56	0.0	0.0	20.56
SOx (tonnes)	6.87	71.409	0.0	5.80	84.08	0.0	0.0	84.08
HCl (tonnes)	0.009	0.095	0.00	1.712	1.82	0.00	0.00	1.82
Organic Precursors								
NOx (tonnes)	1.49	15.996	0.0	3.07	20.6	0.0	0.0	20.6
PM (tonnes)	0.46	65.6	0.00	52.4	118.4	0.00	0.00	118.4
VOCs (tonnes)	1.61	25.85	0.00	59.7	87.2	0.00	0.00	87.2
Heavy Metals & Organics								
<i>Air</i>								
Pb (kg)	0.405	4.202	0.0	0.46	5.1	0.0	0.0	5.1
Hg (kg)	0.002	0.024	0.00	0.003	0.03	0.00	0.00	0.03
Cd (kg)	0.043	0.449	0.00	0.182	0.67	0.00	0.00	0.67
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.009	0.009	0.000	0.000	0.009
<i>Water</i>								
Pb (kg)	0.112	1.160	0.000	16.90	18.18	0.000	0.000	18.18
Hg (kg)	0.0002	0.00138	0.000	0.303	0.305	0.000	0.000	0.305
Cd (kg)	0.012	0.122	0.000	24.19	24.32	0.000	0.000	24.32
BOD (kg)	0.46	4.867	0.000	268,915	268,920	0.000	0.000	268,920
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00269	0.0027	n/a	n/a	0.0027
Residual Waste (tonnes)	1,498	18,512	0	64,350	84,359	0	0	84,359

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 5_2003

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Disposal Inventory
Tonnes Managed	117,896	328,340	0	57,229	503,465	0	0	503,465
Energy Consumed (GJ)	2,696	25,932	0	4,677	33,305	0	0	33,305
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	635	95,994	0	23,640	120,269	0	0	120,269
- CH4 (tonnes)	0.8	7.86	0.0	8,370	8,379	0.0	0.0	8,379
- CO2 Equivalents (tonnes)	651	96,159	0	199,410	296,220	0	0	296,220
Acid Gases								
- NOx (tonnes)	1.32	14.250	0.0	2.79	18.36	0.0	0.0	18.36
- SOx (tonnes)	6.09	63.345	0.0	5.16	74.60	0.0	0.0	74.60
- HCl (tonnes)	0.008	0.084	0.00	1.518	1.61	0.00	0.00	1.61
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	1.32	14.250	0.0	2.79	18.4	0.0	0.0	18.4
- PM (tonnes)	0.41	58.2	0.00	46.5	105.1	0.00	0.00	105.1
- VOCs (tonnes)	1.43	22.96	0.00	53.0	77.4	0.00	0.00	77.4
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.359	3.727	0.0	0.41	4.5	0.0	0.0	4.5
Hg (kg)	0.002	0.021	0.00	0.003	0.03	0.00	0.00	0.03
Cd (kg)	0.038	0.398	0.00	0.162	0.60	0.00	0.00	0.60
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.008	0.008	0.000	0.000	0.008
- Water								
Pb (kg)	0.100	1.030	0.000	14.99	16.12	0.000	0.000	16.12
Hg (kg)	0.0001	0.00123	0.000	0.269	0.270	0.000	0.000	0.270
Cd (kg)	0.010	0.108	0.000	21.45	21.57	0.000	0.000	21.57
BOD (kg)	0.41	4.327	0.000	238,488	238,493	0.000	0.000	238,493
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00238	0.0024	n/a	n/a	0.0024
Residual Waste (tonnes)	1,328	16,417	0	57,229	74,974	0	0	74,974

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 5_2004

ng d	Net Life Cycle Inventory	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
503,310	Waste Managed	128,608	358,180	0	62,245	549,040	0	0	549,040
33,306	Energy Consumed (GJ)	2,941	28,204	0	5,018	36,164	0	0	36,164
120,269	Greenhouse Gases								
131,378	CO2 (tonnes)	693	104,904	0	25,782	131,378	0	0	131,378
9,140	CH4 (tonnes)	0.8	8.57	0.0	9,130	9,140	0.0	0.0	9,140
323,314	CO2 Equivalents (tonnes)	710	105,084	0	217,520	323,314	0	0	323,314
18,36	Acid Gases								
74,60	NOx (tonnes)	1.44	15,493	0.0	2.99	19,93	0.0	0.0	19,93
81,35	SOx (tonnes)	6.64	69,088	0.0	5.62	81,35	0.0	0.0	81,35
1,76	HCl (tonnes)	0.009	0.092	0.00	1.656	1,76	0.00	0.00	1,76
18,4	Organic Precursors								
105,1	NOx (tonnes)	1.44	15,493	0.0	2.99	19,9	0.0	0.0	19,9
77,4	PM (tonnes)	0.45	63,4	0.00	50,7	114,6	0.00	0.00	114,6
	VOCs (tonnes)	1,56	25,02	0,00	57,8	84,3	0,00	0,00	84,3
4,5	Heavy Metals & Organics								
0,03	Air								
0,60	Pb (kg)	0,392	4,065	0,0	0,44	4,9	0,0	0,0	4,9
0,008	Hg (kg)	0,002	0,023	0,00	0,003	0,03	0,00	0,00	0,03
	Cd (kg)	0,042	0,434	0,00	0,176	0,65	0,00	0,00	0,65
	Dioxins (g)	0,0000	0,00004	0,000	0,009	0,009	0,000	0,000	0,009
16,12	Water								
0,270	Pb (kg)	0,109	1,123	0,000	16,35	17,58	0,000	0,000	17,58
21,57	Hg (kg)	0,0002	0,00134	0,000	0,293	0,295	0,000	0,000	0,295
238,493	Cd (kg)	0,011	0,118	0,000	23,40	23,53	0,000	0,000	23,53
0,0024	BOD (kg)	0,44	4,712	0,000	260,155	260,160	0,000	0,000	260,160
	Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0,00260	0,0026	n/a	n/a	0,0026
74,974	Residual Waste (tonnes)	1,449	17,909	0	62,245	81,603	0	0	81,603

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 5_2005

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Tonnes Managed	117,896	328,340	0	57,229	503,465	0	0	503,465
Energy Consumed (GJ)	2,696	25,932	0	4,677	33,305	0	0	33,305
Greenhouse Gases								
- CO2 (tonnes)	635	95,994	0	23,640	120,269	0	0	120,269
- CH4 (tonnes)	0.8	7.86	0.0	8,370	8,370	0.0	0.0	8,370
- CO2 Equivalents (tonnes)	651	96,159	0	199,410	296,220	0	0	296,220
Acid Gases								
- NOx (tonnes)	1.32	14.250	0.0	2.79	18.36	0.0	0.0	18.36
- SOx (tonnes)	6.09	63.345	0.0	5.16	74.60	0.0	0.0	74.60
- HCl (tonnes)	0.008	0.084	0.00	1.518	1.61	0.00	0.00	1.61
Smog Precursors								
- NOx (tonnes)	1.32	14.250	0.0	2.79	18.4	0.0	0.0	18.4
- PM (tonnes)	0.41	58.2	0.00	46.5	105.1	0.00	0.00	105.1
- VOCs (tonnes)	1.43	22.96	0.00	53.0	77.4	0.00	0.00	77.4
Heavy Metals & Organics								
- Air								
Pb (kg)	0.359	3.727	0.0	0.41	4.5	0.0	0.0	4.5
Hg (kg)	0.002	0.021	0.00	0.003	0.03	0.00	0.00	0.03
Cd (kg)	0.038	0.398	0.00	0.162	0.60	0.00	0.00	0.60
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.008	0.008	0.000	0.000	0.008
- Water								
Pb (kg)	0.100	1.030	0.000	14.99	16.12	0.000	0.000	16.12
Hg (kg)	0.0001	0.00123	0.000	0.269	0.270	0.000	0.000	0.270
Cd (kg)	0.010	0.108	0.000	21.45	21.57	0.000	0.000	21.57
BOD (kg)	0.41	4.327	0.000	238,488	238,493	0.000	0.000	238,493
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00238	0.0024	n/a	n/a	0.0024
Residual Waste (tonnes)	1,328	16,417	0	57,229	74,974	0	0	74,974

Summary output

ENVIRONMENTAL INVENTORY - MSW MANAGEMENT SYSTEM
Skenario 5_2006

	Recycling	Composting	EFW	Landfill	Total Waste Management System	Virgin Material Displacement Credit	Reprocessing of Recycled Materials	Net Life Cycle Inventory
Waste Managed	117,896	328,340	0	57,229	503,310	0	0	503,310
Energy Consumed (GJ)	2,696	25,932	0	4,677	33,306	0	0	33,306
Greenhouse Gases								
CO2 (tonnes)	635	95,994	0	23,640	120,269	0	0	120,269
CH4 (tonnes)	0.8	7.86	0.0	8,370	8,379	0.0	0.0	8,379
CO2 Equivalents (tonnes)	651	96,159	0	199,410	296,220	0	0	296,220
Acid Gases								
NOx (tonnes)	1.32	14.250	0.0	2.79	18.36	0.0	0.0	18.36
SOx (tonnes)	6.09	63.345	0.0	5.16	74.60	0.0	0.0	74.60
HCl (tonnes)	0.008	0.084	0.00	1.518	1.61	0.00	0.00	1.61
Organic Precursors								
NOx (tonnes)	1.32	14.250	0.0	2.79	18.4	0.0	0.0	18.4
PM (tonnes)	0.41	58.2	0.00	46.5	105.1	0.00	0.00	105.1
VOCs (tonnes)	1.43	22.96	0.00	53.0	77.4	0.00	0.00	77.4
Heavy Metals & Organics								
Air								
Pb (kg)	0.359	3.727	0.0	0.41	4.5	0.0	0.0	4.5
Hg (kg)	0.002	0.021	0.00	0.003	0.03	0.00	0.00	0.03
Cd (kg)	0.038	0.398	0.00	0.162	0.60	0.00	0.00	0.60
Dioxins (g)	0.0000	0.00004	0.000	0.008	0.008	0.000	0.000	0.008
Water								
Pb (kg)	0.100	1.030	0.000	14.99	16.12	0.000	0.000	16.12
Hg (kg)	0.0001	0.00123	0.000	0.269	0.270	0.000	0.000	0.270
Cd (kg)	0.010	0.108	0.000	21.45	21.57	0.000	0.000	21.57
BOD (kg)	0.41	4.327	0.000	238,488	238,493	0.000	0.000	238,493
Dioxins (TEQ) (g)	n/a	n/a	n/a	0.00238	0.0024	n/a	n/a	0.0024
Residual Waste (tonnes)	1,328	16,417	0	57,229	74,974	0	0	74,974

Summary output

Lampiran 20. Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 1

	SKENARIO 1_1997			SKENARIO 1_1998			SKENARIO 1_1999			SKENARIO 1_2000			SKENARIO 1_2001			
	LANDFILL			LANDFILL			LANDFILL			LANDFILL			LANDFILL			
	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	
Energy Consumed (GJ)	924	11,437	12,361	924	13,989	14,912	924	10,124	11,048	924	12,541	13,465	924	12,541	13,465	
Greenhouse Gas Emissions																
- CO2 (tonnes)	65	109,954	110,018	65	134,487	134,562	65	97,337	97,402	65	120,568	120,633	65	120,568	120,633	
- CH4 (tonnes)	0.082	39,387	39,387	0.082	48,175	48,176	0.082	34,868	34,868	0.082	43,189	43,189	0.082	43,189	43,189	
CO2 Equivalents (tonnes)*	67	937,084	937,150	67	1,146,172	1,146,239	67	829,558	829,625	67	1,027,546	1,027,612	67	1,027,546	1,027,612	
Toxic emissions																
- Air																
Pb (kg)	0.00	1.423	1.43	0.00	1.741	1.74	0.00	1.260	1.26	0.00	1.561	1.56	0.00	1.561	1.56	
Hg (kg)	0.0001	0.0101	0.01	0.0001	0.0123	0.012	0.0001	0.0089	0.009	0.0001	0.0111	0.011	0.0001	0.0111	0.011	
Cd (kg)	0.001	0.707	0.71	0.0003	0.955	0.87	0.001	0.626	0.63	0.001	0.775	0.78	0.001	0.775	0.78	
Dioxins (g)	0.00003	0.037	0.037	0.00003	0.045	0.046	0.00003	0.033	0.033	0.00003	0.041	0.041	0.00003	0.041	0.041	
- Water																
Pb (kg)	0.01	45.65	45.7	0.01	55.84	55.8	0.01	40.41	40.4	0.01	50.06	50.1	0.01	50.06	50.1	
Hg (kg)	0.00	0.82	0.819	0.00	1.00	1.00	0.00	0.72	0.72	0.00	0.90	0.90	0.00	0.90	0.90	
Cd (kg)	0.00	65.37	65.4	0.00	79.96	80.0	0.00	57.87	57.9	0.00	71.68	71.7	0.00	71.68	71.7	
Dioxins TEQ (g)	n/a	0.00727	0.00727	n/a	0.00889	0.00889	n/a	0.00643	0.00643	n/a	0.00797	0.00797	n/a	0.00797	0.00797	

	SKENARIO 1_2002			SKENARIO 1_2003			SKENARIO 1_2004			SKENARIO 1_2005			SKENARIO 1_2006			
	LANDFILL			LANDFILL			LANDFILL			LANDFILL			LANDFILL			
	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	
Energy Consumed (GJ)	924	12,541	13,465	924	11,122	12,046	924	12,132	13,056	924	11,122	12,046	924	11,122	12,046	
Greenhouse Gas Emissions																
- CO2 (tonnes)	65	120,568	120,633	65	106,926	106,991	65	116,641	116,706	65	106,926	106,991	65	106,926	106,991	
- CH4 (tonnes)	0.082	43,189	43,189	0.082	38,303	38,303	0.082	41,783	41,783	0.082	38,303	38,303	0.082	38,303	38,303	
CO2 Equivalents (tonnes)*	67	1,027,546	1,027,612	67	911,283	911,350	67	994,077	994,144	67	911,283	911,350	67	911,283	911,350	
Toxic emissions																
- Air																
Pb (kg)	0.00	1.561	1.56	0.00	1.384	1.39	0.00	1.510	1.51	0.00	1.384	1.39	0.00	1.384	1.39	
Hg (kg)	0.0001	0.0111	0.011	0.0001	0.0098	0.010	0.0001	0.0107	0.011	0.0001	0.0098	0.010	0.0001	0.0098	0.010	
Cd (kg)	0.001	0.775	0.78	0.001	0.688	0.69	0.001	0.750	0.75	0.001	0.688	0.69	0.001	0.688	0.69	
Dioxins (g)	0.00003	0.041	0.041	0.00003	0.036	0.036	0.00003	0.039	0.039	0.00003	0.036	0.036	0.00003	0.036	0.036	
- Water																
Pb (kg)	0.01	50.06	50.1	0.01	44.39	44.4	0.01	48.43	48.4	0.01	44.39	44.4	0.01	44.39	44.4	
Hg (kg)	0.00	0.90	0.898	0.00	0.80	0.80	0.00	0.87	0.87	0.00	0.80	0.80	0.00	0.80	0.80	
Cd (kg)	0.00	71.68	71.7	0.00	63.57	63.6	0.00	69.35	69.3	0.00	63.57	63.6	0.00	63.57	63.6	
Dioxins TEQ (g)	n/a	0.00797	0.00797	n/a	0.00707	0.00707	n/a	0.00771	0.00771	n/a	0.00707	0.00707	n/a	0.00707	0.00707	

	SKENARIO 2_1997			SKENARIO 2_1998			SKENARIO 2_1999		
	LANDFILL			LANDFILL			LANDFILL		
	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions
Energy Consumed (GJ)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Greenhouse Gas Emissions									
- CO2 (tonnes)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- CH4 (tonnes)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
CO2 Equivalents (tonnes)*	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Toxic emissions									
- Air									
Pb (kg)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Hg (kg)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Cd (kg)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Dioxins (g)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
- Water									
Pb (kg)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Hg (kg)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Cd (kg)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Dioxins TEQ (g)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

	SKENARIO 2_1997										SKENARIO 2_1998										SKENARIO 2_1999									
	ENERGY FROM WASTE					LANDFILL					Net Energy/ Emissions					ENERGY FROM WASTE					LANDFILL					Net Energy/ Emissions				
	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions					
Energy Consumed (GJ)	1.702	-2,647,606	-2,645,903	1.522	1.522	-2,644,381				1.876	-3,238,358	-3,236,482	1.862	1.862	-3,234,620					1.613	-2,343,806	-2,342,193	1.348	1.348	-2,340,846					
Greenhouse Gas Emissions																														
- CO2 (tonnes)	119.5	313,645	313,764	242.27	242.27	314,006				131.7	383,627	383,759	296	296	384,055					113.2	277,656	277,769	214	214	277,983					
- CH4 (tonnes)	0.00	-159.8	-159.8	0.30	0.30	-160				0.00	-195.5	-196	0	0	-195					0.00	-141.5	-142	0	0	-141					
CO2 Equivalents (tonnes)*	119.5	310,288	310,407	248.62	248.62	310,656				131.7	379,522	379,653	304	304	379,957					113.2	274,684	274,797	220	220	275,017					
Toxic emissions																														
- Air																														
Pb (kg)	0.01	389.93	389.9	0.115	0.12	390.0				0.01	476.9	476.9	0.141	0.14	477.1					0.00	345.2	345.2	0.102	0.10	345.3					
Hg (kg)	0.0002	141.25	141.3	0.0007	0.001	141.26				0.0002	172.8	172.8	0.0009	0.001	172.77					0.0002	125.0	125.0	0.0007	0.001	125.05					
Cd (kg)	0.001	38.79	38.8	0.013	0.01	38.80				0.001	47.4	47.4	0.015	0.02	47.46					0.001	34.3	34.3	0.011	0.01	34.35					
Dioxins (g)	0.000056	0.37	0.37	0.000	0.000	0.369				0.000063	0.45	0.45	0.000	0.000	0.451					0.000052	0.33	0.33	0.000	0.000	0.325					
- Water																														
Pb (kg)	0.019	-13.81	-13.79	8.55	8.55	-13.74				0.02	-16.89	-16.86	10.45	10.5	-16.81					0.02	-12.22	-12.20	7.57	7.6	-12.164					
Hg (kg)	0.000	-0.31	-0.31	0.13	0.13	-0.174				0.00	-0.37	-0.37	0.16	0.16	-0.213					0.00	-0.27	-0.27	0.12	0.12	-0.154					
Cd (kg)	0.002	0.31	0.31	12.26	12.26	12.573				0.00	0.38	0.38	14.99	15.0	15.373					0.00	0.28	0.28	10.85	10.9	11.430					
Dioxins TEQ (g)	-	-	-	0.00153	0.00153	0.00153				-	-	-	0.00188	0.00188	0.00188					-	-	-	0.00136	0.00136	0.00136					

	SKENARIO 2_2000										SKENARIO 2_2001										SKENARIO 2_2002									
	ENERGY FROM WASTE					LANDFILL					Net Energy/ Emissions					ENERGY FROM WASTE					LANDFILL					Net Energy/ Emissions				
	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions					
Energy Consumed (GJ)	1.777	-2,903,194	-2,901,416	1.669	1.669	-2,899,747				1.777	-2,903,194	-2,901,416	1.669	1.669	-2,899,747					1.777	-2,903,194	-2,901,416	1.669	1.669	-2,899,747					
Greenhouse Gas Emissions																														
- CO2 (tonnes)	124.7	343,923	344,047	266	266	344,313				124.7	343,923	344,047	266	266	344,313					124.7	343,923	344,047	266	266	344,313					
- CH4 (tonnes)	0.00	-175.3	-175	0	0	-175				0.00	-175.3	-175	0	0	-175					0.00	-175.3	-175	0	0	-175					
CO2 Equivalents (tonnes)*	124.7	340,242	340,367	273	273	340,639				124.7	340,242	340,367	273	273	340,639					124.7	340,242	340,367	273	273	340,639					
Toxic emissions																														
- Air																														
Pb (kg)	0.01	427.6	427.6	0.126	0.13	427.7				0.01	427.6	427.6	0.126	0.13	427.7					0.01	427.6	427.6	0.126	0.13	427.7					
Hg (kg)	0.0002	154.9	154.9	0.0008	0.001	154.89				0.0002	154.9	154.9	0.0008	0.001	154.89					0.0002	154.9	154.9	0.0008	0.001	154.89					
Cd (kg)	0.001	42.5	42.5	0.014	0.01	42.55				0.001	42.5	42.5	0.014	0.01	42.55					0.001	42.5	42.5	0.014	0.01	42.55					
Dioxins (g)	0.000059	0.40	0.40	0.000	0.000	0.404				0.000059	0.40	0.40	0.000	0.000	0.404					0.000059	0.40	0.40	0.000	0.000	0.404					
- Water																														
Pb (kg)	0.02	-15.14	-15.12	9.37	9.4	-15.15				0.02	-15.14	-15.12	9.37	9.4	-15.15					0.02	-15.14	-15.12	9.37	9.4	-15.15					
Hg (kg)	0.00	-0.34	-0.34	0.15	0.15	-0.191				0.00	-0.34	-0.34	0.15	0.15	-0.191					0.00	-0.34	-0.34	0.15	0.15	-0.191					
Cd (kg)	0.00	0.34	0.34	13.44	13.4	13.786				0.00	0.34	0.34	13.44	13.4	13.786					0.00	0.34	0.34	13.44	13.4	13.786					
Dioxins TEQ (g)	-	-	-	0.00168	0.00168	0.00168				-	-	-	0.00168	0.00168	0.00168					-	-	-	0.00168	0.00168	0.00168					

Lampiran 21. Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 2 (Lanjutan)

	SKENARIO 2_2003					SKENARIO 2_2004					
	ENERGY FROM WASTE			LANDFILL		ENERGY FROM WASTE			LANDFILL		Net Energy/ Emissions
	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	
Energy Consumed (GJ)	1,681	-2,574,709	-2,573,028	1,480	1,480	1,750	-2,808,634	-2,806,884	1,615	1,615	-2,805,270
Greenhouse Gas Emissions											
- CO2 (tonnes)	118.0	305,009	305,127	236	236	122.8	332,721	332,844	257	257	333,101
- CH4 (tonnes)	0.00	-155.4	-155	0	0	0.00	-169.6	-170	0	0	169
CO2 Equivalents (tonnes)*	118.0	301,745	301,863	242	242	122.8	329,160	329,283	264	264	329,546
Toxic emissions											
- Air											
Pb (kg)	0.01	379.2	379.2	0.112	0.11	0.01	413.6	413.7	0.122	0.12	413.8
Hg (kg)	0.0002	137.4	137.4	0.0007	0.001	0.0002	149.8	149.8	0.0008	0.001	149.85
Cd (kg)	0.001	37.7	37.7	0.012	0.01	0.001	41.1	41.1	0.013	0.01	41.16
Dioxins (g)	0.000055	0.36	0.36	0.000	0.000	0.000058	0.39	0.39	0.000	0.000	0.391
- Water											
Pb (kg)	0.02	-13.43	-13.41	8.31	8.3	0.02	-14.64	-14.63	9.07	9.1	-5.56
Hg (kg)	0.00	-0.30	-0.30	0.13	0.13	0.00	-0.33	-0.33	0.14	0.14	-0.185
Cd (kg)	0.00	0.30	0.31	11.92	11.9	0.00	0.33	0.33	13.00	13.0	13.037
Dioxins TEQ (g)	-	-	-	0.00149	0.00149	-	-	-	0.00163	0.00163	0.00163

	SKENARIO 2_2005					SKENARIO 2_2006					
	ENERGY FROM WASTE			LANDFILL		ENERGY FROM WASTE			LANDFILL		Net Energy/ Emissions
	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	EFW	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	
Energy Consumed (GJ)	1,681	-2,574,709	-2,573,028	1,480	1,480	1,681	-2,574,709	-2,573,028	1,480	1,480	-2,571,548
Greenhouse Gas Emissions											
- CO2 (tonnes)	118.0	305,009	305,127	236	236	118.0	305,009	305,127	235.60	235.60	305,563
- CH4 (tonnes)	0.00	-155.4	-155	0	0	0.00	-155.45	-155.45	0.29	0.29	155
CO2 Equivalents (tonnes)*	118.0	301,745	301,863	242	242	118.0	301,745	301,863	241.77	241.77	302,105
Toxic emissions											
- Air											
Pb (kg)	0.01	379.2	379.2	0.112	0.11	0.01	379.2	379.2	0.112	0.11	379.3
Hg (kg)	0.0002	137.4	137.4	0.0007	0.001	0.0002	137.4	137.4	0.0007	0.001	137.37
Cd (kg)	0.001	37.7	37.7	0.012	0.01	0.001	37.7	37.7	0.012	0.01	37.73
Dioxins (g)	0.000055	0.36	0.36	0.000	0.000	0.000055	0.36	0.36	0.000	0.000	0.359
- Water											
Pb (kg)	0.02	-13.43	-13.41	8.31	8.3	0.02	-13.43	-13.41	8.31	8.31	-5.10
Hg (kg)	0.00	-0.30	-0.30	0.13	0.13	0.00	-0.30	-0.30	0.13	0.13	-0.169
Cd (kg)	0.00	0.30	0.31	11.92	11.9	0.00	0.30	0.31	11.92	11.92	12.226
Dioxins TEQ (g)	-	-	-	0.00149	0.00149	-	-	-	0.00149	0.00149	0.00149

Transp	ENERGY FROM WASTE		Net Energy/ Emissions	LANDFILL	Net Energy/ Emissions	Transp	ENERGY FROM WASTE		Net Energy/ Emissions	LANDFILL	Net Energy/ Emissions
	CEM	Net Energy/ Emissions					CEM	Net Energy/ Emissions			

Lampiran 21. Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 2 (lanjutan)

	SKENARIO 2_2003										SKENARIO 3_1997										SKENARIO 3_1998									
	ENERGY FROM WASTE					LANDFILL					COMPOSTING					LANDFILL					COMPOSTING					LANDFILL				
	Transp	CEM	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Transp	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Transp	Composting	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Transp	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Transp	Composting	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Transp	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	
Energy Consumed (GJ)	1,115	25,526	26,640	924	4,349	5,273	31,913			1,157	31,221	32,378	924	5,319	6,243	38,621														
Greenhouse Gas Emissions																														
- CO2 (tonnes)	78.22	98,581	98,659	64.84	27,064	27,128	125,788			81.21	120,536	120,617	65	33,102	33,167	153,784														
- CH4 (tonnes)	0.00	8.07	8.08	0.08	9,606	9,606	9,614			0.00	9.88	9.88	0.082	11,749	11,749	11,769														
CO2 Equivalents (tonnes)*	78	98,751	98,829	66.56	228,789	228,856	227,684			81	120,743	120,824	67	279,839	279,905	400,730														
Toxic emissions																														
- Air																														
Pb (kg)	0.003	3,8288	3,832	0.00	0.465	0.47	4.3			0.004	4,6831	4,687	0.00	0.569	0.57	5.3														
Hg (kg)	0.0001	0.0220	0.0221	0.0001	0.0032	0.003	0.03			0.0001	0,0268	0,0270	0.0001	0,0039	0,004	0,03														
Cd (kg)	0.001	0.4084	0.409	0.001	0.185	0.19	0.60			0.001	0,4995	0,500	0.001	0,227	0,23	0,73														
Dioxins (g)	0.00003	0.000008	0.00004	0.00003	0.009	0.009	0.009			0.00003	0,000010	0,00004	0.00003	0,011	0,011	0,11														
- Water																														
Pb (kg)	0.01	1.0	1.1	0.01	17.36	17.4	18.43			0.01	1.3	1.3	0.01	21.23	21.2	22.54														
Hg (kg)	0.00001	0.00125	0.00126	0.00	0.31	0.31	0.313			0.00001	0,00153	0,00154	0.00	0.38	0.38	0.382														
Cd (kg)	0.001	0.1098	0.111	0.00	24.56	24.9	24.970			0.001	0,1342	0,136	0.00	30.40	30.4	30.541														
Dioxins TEQ (g)	n/a	n/a	n/a	n/a	0.00276	0.00276	0.00276			n/a	n/a	n/a	n/a	0.00338	0.00338	0.00338														

Lampiran 22. Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 3

	SKENARIO 2_2004										SKENARIO 3_1999										SKENARIO 3_2000									
	ENERGY FROM WASTE					LANDFILL					COMPOSTING					LANDFILL					COMPOSTING					LANDFILL				
	Transp	CEM	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Transp	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Transp	Composting	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Transp	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Transp	Composting	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	Transp	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	
Energy Consumed (GJ)	1,093	22,597	23,689	924	3,850	4,774	28,463			1,133	27,990	29,123	924	4,769	5,692	34,815														
Greenhouse Gas Emissions																														
- CO2 (tonnes)	76.69	87,474	87,551	65	23,958	24,023	111,573			79.52	108,282	108,361	65	29,676	29,741	138,102														
- CH4 (tonnes)	0.00	7.15	7.15	0.082	8,504	8,504	8,511			0.00	8.85	8.86	0.082	10,593	10,593	10,642														
CO2 Equivalents (tonnes)*	77	87,624	87,701	67	202,536	202,602	200,303			80	108,468	108,547	67	250,876	250,942	359,490														
Toxic emissions																														
- Air																														
Pb (kg)	0.003	3,3895	3,393	0.00	0.412	0.41	3.3			0.003	4,1984	4,202	0.00	0.510	0.51	5.7														
Hg (kg)	0.0001	0.0194	0.0195	0.0001	0.0029	0.003	0.021			0.0001	0,0241	0,0242	0.0001	0,0035	0,004	0,03														
Cd (kg)	0.001	0.3615	0.362	0.001	0.164	0.16	0.53			0.001	0,4478	0,449	0.001	0,203	0,20	0,65														
Dioxins (g)	0.00003	0.000007	0.00004	0.00003	0.008	0.008	0.008			0.00003	0,000009	0,00004	0.00003	0,010	0,010	0,10														
- Water																														
Pb (kg)	0.01	0.9	0.9	0.01	15.37	15.4	16.32			0.01	1.1	1.2	0.01	19.03	19.0	20.21														
Hg (kg)	0.00001	0.00111	0.00112	0.00	0.28	0.28	0.277			0.00001	0,00137	0,00138	0.00	0.34	0.34	0.343														
Cd (kg)	0.001	0.0972	0.099	0.00	22.01	22.0	22.105			0.001	0,1204	0,122	0.00	27.26	27.3	27.380														
Dioxins TEQ (g)	n/a	n/a	n/a	n/a	0.00245	0.00245	0.00245			n/a	n/a	n/a	n/a	0.00303	0.00303	0.00303														

Lampiran 22. Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 3 (lanjutan)

	SKENARIO 3_2001					SKENARIO 3_2002					SKENARIO 3_2003					SKENARIO 3_2004						
	COMPOSTING		LANDFILL			COMPOSTING		LANDFILL			COMPOSTING		LANDFILL			COMPOSTING		LANDFILL				
	Transp.	Composting	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Composting	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Composting	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Composting	Net Energy/ Emissions	
Energy Consumed (GJ)	1,133	27,990	29,123	924	4,769	5,692	1,133	27,990	29,123	924	4,769	5,692	1,133	27,990	29,123	924	4,769	5,692	1,133	27,990	29,123	
Greenhouse Gas Emissions																						
- CO2 (tonnes)	79.52	108,282	108,361	65	29,676	29,741	79.52	108,282	108,361	65	29,676	29,741	79.52	108,282	108,361	65	29,676	29,741	79.52	108,282	108,361	
- CH4 (tonnes)	0.00	8.85	8.86	0.082	10,533	10,533	0.00	8.85	8.86	0.082	10,533	10,533	0.00	8.85	8.86	0.082	10,533	10,533	0.00	8.85	8.86	
CO2 Equivalents (tonnes)*	80	108,468	108,547	67	250,876	250,942	80	108,468	108,547	67	250,876	250,942	80	108,468	108,547	67	250,876	250,942	80	108,468	108,547	
Toxic emissions																						
- Air																						
Pb (kg)	0.003	4,1984	4,202	0.00	0.510	0.51	0.003	4,1984	4,202	0.00	0.510	0.51	0.003	4,1984	4,202	0.00	0.510	0.51	0.003	4,1984	4,202	
Hg (kg)	0.0001	0.0241	0.0242	0.0001	0.0035	0.004	0.0001	0.0241	0.0242	0.0001	0.0035	0.004	0.0001	0.0241	0.0242	0.0001	0.0035	0.004	0.0001	0.0241	0.0242	
Cd (kg)	0.001	0.4478	0.449	0.001	0.203	0.20	0.001	0.4478	0.449	0.001	0.203	0.20	0.001	0.4478	0.449	0.001	0.203	0.20	0.001	0.4478	0.449	
Dioxins (g)	0.00003	0.000009	0.00004	0.00003	0.010	0.010	0.00003	0.000009	0.00004	0.00003	0.010	0.010	0.00003	0.000009	0.00004	0.00003	0.010	0.010	0.00003	0.000009	0.00004	
- Water																						
Pb (kg)	0.01	1.1	1.2	0.01	19.03	19.0	0.01	1.1	1.2	0.01	19.03	19.0	0.01	1.1	1.2	0.01	19.03	19.0	0.01	1.1	1.2	
Hg (kg)	0.00001	0.00137	0.00138	0.00	0.34	0.34	0.00001	0.00137	0.00138	0.00	0.34	0.34	0.00001	0.00137	0.00138	0.00	0.34	0.34	0.00001	0.00137	0.00138	
Cd (kg)	0.001	0.1204	0.122	0.00	27.26	27.3	0.001	0.1204	0.122	0.00	27.26	27.3	0.001	0.1204	0.122	0.00	27.26	27.3	0.001	0.1204	0.122	
Dioxins TEQ (g)	n/a	n/a	n/a	n/a	0.00303	0.00303	n/a	n/a	n/a	n/a	0.00303	0.00303	n/a	n/a	n/a	n/a	0.00303	0.00303	n/a	n/a	n/a	

	SKENARIO 3_2003					SKENARIO 3_2004						
	COMPOSTING		LANDFILL			COMPOSTING		LANDFILL				
	Transp.	Composting	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Transp.	Composting	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions
Energy Consumed (GJ)	1,109	24,823	25,932	924	4,229	5,153	1,126	27,078	28,204	924	4,613	5,537
Greenhouse Gas Emissions												
- CO2 (tonnes)	77.86	95,916	95,994	65	26,318	26,383	79.04	104,825	104,904	65	28,709	28,774
- CH4 (tonnes)	0.00	7.85	7.86	0.082	9,341	9,342	0.00	8.57	8.57	0.082	10,190	10,190
CO2 Equivalents (tonnes)*	78	96,081	96,159	67	222,489	222,556	79	105,005	105,084	67	242,703	242,769
Toxic emissions												
- Air												
Pb (kg)	0.003	3,7234	3,727	0.00	0.452	0.46	0.003	4,0617	4,065	0.00	0.493	0.50
Hg (kg)	0.0001	0.0213	0.0215	0.0001	0.0031	0.003	0.0001	0.0233	0.0234	0.0001	0.0034	0.004
Cd (kg)	0.001	0.3972	0.398	0.001	0.180	0.18	0.001	0.4332	0.434	0.001	0.197	0.20
Dioxins (g)	0.00003	0.000008	0.00004	0.00003	0.009	0.009	0.00003	0.000009	0.00004	0.00003	0.010	0.010
- Water												
Pb (kg)	0.01	1.0	1.0	0.01	16.88	16.9	0.01	1.1	1.1	0.01	18.41	18.4
Hg (kg)	0.00001	0.00122	0.00123	0.00	0.30	0.30	0.00001	0.00133	0.00134	0.00	0.33	0.33
Cd (kg)	0.001	0.1067	0.108	0.00	24.17	24.2	0.001	0.1164	0.118	0.00	26.37	26.4
Dioxins TEQ (g)	n/a	n/a	n/a	n/a	0.00269	0.00269	n/a	n/a	n/a	n/a	0.00293	0.00293

Lampiran 23. Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 4 (Lanjutan)

	SKENARIO 4_2002									
	COMPOSTING			ENERGY FROM WASTE			LANDFILL			Net Energy/Emissions
	Transp.	Composting	Net Energy/Emissions	Transp.	EFW	Net Energy/Emissions	Landfilling	Net Energy/Emissions	Net Energy/Emissions	
Energy Consumed (GJ)	1,133	27,990	29,123	1,674	-1,894,375	-1,892,702	1,875	1,875	1,875	1,875
Greenhouse Gas Emissions										
- CO2 (tonnes)	79.52	108,282	108,361	117.5	146,346	146,463	2,128	2,128	2,128	2,128
- CH4 (tonnes)	0.00	8.85	8.86	0.00	-125.0	-125	667	667	667	667
CO2 Equivalents (tonnes)*	80	108,468	108,547	117.5	143,721	143,838	16,131	16,131	16,131	16,131
Toxic emissions										
- Air										
Pb (kg)	0.003	4,1984	4,202	0.01	147.5	147.5	0.151	0.151	0.151	0.151
Hg (kg)	0.0001	0.0241	0.0242	0.0001	53.5	53.5	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
Cd (kg)	0.0001	0.4478	0.449	0.001	14.7	14.7	0.026	0.026	0.026	0.026
Dioxins (g)	0.00003	0.00009	0.00004	0.00005	0.14	0.14	0.001	0.001	0.001	0.001
- Water										
Pb (kg)	0.01	1.1	1.2	0.02	-11.36	-11.35	7.49	7.5	7.5	7.5
Hg (kg)	0.00001	0.00137	0.00138	0.00	-0.22	-0.22	0.13	0.13	0.13	0.13
Cd (kg)	0.001	0.1204	0.122	0.00	0.04	0.04	10.72	10.72	10.72	10.72
Dioxins TEQ (g)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0.00119	0.00119	0.00119	0.00119

	SKENARIO 4_2004									
	COMPOSTING			ENERGY FROM WASTE			LANDFILL			Net Energy/Emissions
	Transp.	Composting	Net Energy/Emissions	Transp.	EFW	Net Energy/Emissions	Landfilling	Net Energy/Emissions	Net Energy/Emissions	
Energy Consumed (GJ)	1,109	24,823	25,932	1,589	-1,680,034	-1,678,445	1,963	1,963	1,963	1,963
Greenhouse Gas Emissions										
- CO2 (tonnes)	77.86	95,916	95,994	111.5	129,787	129,889	1,887	1,887	1,887	1,887
- CH4 (tonnes)	0.00	7.85	7.86	0.00	-110.9	-111	591	591	591	591
CO2 Equivalents (tonnes)*	78	96,081	96,159	111.5	127,459	127,570	14,306	14,306	14,306	14,306
Toxic emissions										
- Air										
Pb (kg)	0.003	3,7234	3,727	0.00	130.8	130.8	0.134	0.134	0.134	0.134
Hg (kg)	0.0001	0.0213	0.0215	0.0002	47.4	47.4	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009
Cd (kg)	0.001	0.3972	0.398	0.001	13.1	13.1	0.023	0.023	0.023	0.023
Dioxins (g)	0.00003	0.00008	0.00004	0.00005	0.12	0.12	0.001	0.001	0.001	0.001
- Water										
Pb (kg)	0.01	1.0	1.0	0.02	-10.08	-10.06	6.64	6.6	6.6	6.6
Hg (kg)	0.00001	0.00122	0.00123	0.00	-0.19	-0.19	0.12	0.12	0.12	0.12
Cd (kg)	0.001	0.1067	0.108	0.00	0.04	0.04	9.51	9.5	9.5	9.5
Dioxins TEQ (g)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0.00106	0.00106	0.00106	0.00106

Lampiran 23. Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 4 (Lanjutan)

	SCENARIO 4_2005			SCENARIO 4_2006			Net Energy/ Emissions
	COMPOSTING	ENERGY FROM WASTE	LANDFILL	COMPOSTING	ENERGY FROM WASTE	LANDFILL	
	Transp.	EFW	Landfilling	Transp.	EFW	Landfilling	
Energy Consumed (GJ)	1,109	-1,680,034	1,663	1,109	-1,680,034	1,663	1,650,949
Greenhouse Gas Emissions							
- CO2 (tonnes)	77,86	129,787	1,887	77,86	129,787	1,887	227,780
- CH4 (tonnes)	0,00	-110,9	591	0,00	-110,9	591	428
CO2 Equivalents (tonnes)*	78	127,459	14,306	78	127,459	14,306	238,035
Toxic emissions							
- Air							
Pb (kg)	0,003	3,7234	0,134	0,003	3,7234	0,134	3,47
Hg (kg)	0,0001	0,0213	0,0009	0,0001	0,0213	0,0009	47,47
Cd (kg)	0,0001	0,3972	0,023	0,001	0,3972	0,023	13,49
Dioxins (g)	0,00003	0,000008	0,001	0,00003	0,000008	0,001	0,125
- Water							
Pb (kg)	0,01	1,0	6,64	0,01	1,0	6,64	2,39
Hg (kg)	0,00001	0,00122	0,12	0,00001	0,00122	0,12	5,072
Cd (kg)	0,001	0,1067	9,51	0,001	0,1067	9,51	9,651
Dioxins TEQ (g)	n/a	n/a	0,00106	n/a	n/a	0,00106	0,00106

	SKENARIO 5_1997										SKENARIO 5_1998									
	RECYCLING			COMPOSTING			LANDFILL				RECYCLING			COMPOSTING			LANDFILL			
	MRF	Net Energy/ Emissions	Transp.	Composting	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	MRF	Net Energy/ Emissions	Transp.	Composting	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions		
Greenhouse Gas Emissions	2,773	2,773	1,115	25,526	26,640	924	3,859	4,783	34,196	3,391	3,391	1,157	31,221	32,378	924	4,721	5,644	41,474		
- CO2 (tonnes)	653	653	78,22	98,581	98,659	65	24,243	24,308	123,620	798	798	81,21	120,536	120,617	65	29,652	29,717	157,132		
- CH4 (tonnes)	0,80	0,80	0,00	8,07	8,08	0,082	8,607	8,607	8,616	0,97	0,97	0,00	9,88	9,88	0,082	10,527	10,527	10,539		
CO2 Equivalents (tonnes)*	670	670	78	98,751	98,829	67	204,988	205,054	204,552	819	819	81	120,743	120,824	67	250,776	250,793	372,436		
Toxic emissions																				
- Air																				
Pb (kg)	0,369	0,369	0,003	3,8288	3,832	0,00	0,414	0,42	4,8	0,461	0,461	0,004	4,6831	4,687	0,00	0,506	0,51	5,6		
Hg (kg)	0,002	0,002	0,0001	0,0220	0,0221	0,0001	0,0029	0,003	0,03	0,003	0,003	0,0001	0,0268	0,0270	0,0001	0,0035	0,004	0,03		
Cd (kg)	0,0394	0,0394	0,001	0,4084	0,409	0,001	0,166	0,17	0,61	0,0481	0,0481	0,001	0,4895	0,500	0,001	0,203	0,20	0,75		
Dioxins (g)	0,0	0,0	0,00003	0,000008	0,00004	0,00003	0,008	0,008	0,008	0,0	0,0	0,00003	0,000010	0,00004	0,00003	0,010	0,010	0,010		
- Water																				
Pb (kg)	0,1	0,1	0,001	1,0	1,1	0,01	15,41	15,4	16,5,8	0,1	0,1	0,01	1,3	1,3	0,01	18,84	18,9	20,27		
Hg (kg)	0,0001	0,0001	0,00001	0,00126	0,00126	0,00	0,28	0,28	0,278	0,0002	0,0002	0,00001	0,00153	0,00154	0,00	0,34	0,34	0,340		
Cd (kg)	0,011	0,011	0,001	0,1098	0,111	0,00	22,06	22,1	22,1,8	0,013	0,013	0,001	0,1342	0,136	0,00	26,98	27,0	27,13		
Dioxins TEQ (g)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0,00245	0,00245	0,0025	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0,00300	0,00300	0,0030		

	SKENARIO 5_1999										SKENARIO 5_2000									
	RECYCLING			COMPOSTING			LANDFILL				RECYCLING			COMPOSTING			LANDFILL			
	MRF	Net Energy/ Emissions	Transp.	Composting	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions	MRF	Net Energy/ Emissions	Transp.	Composting	Net Energy/ Emissions	Transp.	Landfilling	Net Energy/ Emissions	Net Energy/ Emissions		
Energy Consumed (GJ)	2,454	2,454	1,093	22,597	23,689	924	3,417	4,340	30,484	3,040	3,040	1,133	27,990	29,123	924	4,232	5,156	37,319		
Greenhouse Gas Emissions	578	578	76,59	87,474	87,551	65	21,461	21,526	109,654	716	716	79,52	108,282	108,361	65	26,583	26,648	135,725		
- CO2 (tonnes)	0,71	0,71	0,00	7,15	7,15	0,082	7,619	7,619	7,627	0,87	0,87	0,00	8,85	8,86	0,082	9,438	9,438	9,448		
- CH4 (tonnes)	593	593	77	87,624	87,701	67	181,466	181,532	269,826	734	734	80	108,468	108,547	67	224,777	224,843	344,125		
Toxic emissions																				
- Air																				
Pb (kg)	0,327	0,327	0,003	3,3885	3,393	0,00	0,366	0,37	4,1	0,406	0,406	0,003	4,1984	4,202	0,00	0,454	0,46	5,1		
Hg (kg)	0,002	0,002	0,0001	0,0195	0,0195	0,0001	0,0025	0,003	0,02	0,002	0,002	0,0001	0,0241	0,0242	0,0001	0,0031	0,003	0,03		
Cd (kg)	0,0348	0,0348	0,001	0,3615	0,362	0,001	0,147	0,15	0,54	0,0432	0,0432	0,001	0,4478	0,449	0,001	0,182	0,18	0,67		
Dioxins (g)	0,0	0,0	0,00003	0,000007	0,00004	0,00003	0,007	0,007	0,007	0,0	0,0	0,00003	0,000009	0,00004	0,00003	0,009	0,009	0,009		
- Water																				
Pb (kg)	0,1	0,1	0,01	0,9	0,9	0,01	13,64	13,6	14,58	0,1	0,1	0,01	1,1	1,2	0,01	16,89	16,9	18,18		
Hg (kg)	0,0001	0,0001	0,00001	0,00111	0,00112	0,00	0,24	0,24	0,245	0,0002	0,0002	0,00001	0,00137	0,00138	0,00	0,30	0,30	0,305		
Cd (kg)	0,009	0,009	0,001	0,0972	0,099	0,00	19,53	19,5	19,5,6	0,012	0,012	0,001	0,1204	0,122	0,00	24,19	24,2	24,32		
Dioxins TEQ (g)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0,00217	0,00217	0,0022	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0,00269	0,00269	0,0027		

Lampiran 24. Rekapitulasi Hasil Inventori Lingkungan Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 5 (Lanjutan)

	SKENARIO 5_2005						SKENARIO 5_2006								
	RECYCLING		COMPOSTING		LANDFILL		RECYCLING		COMPOSTING		LANDFILL		Net Energy/ Emissions		
	MRF	Net Energy/ Emissions	Transp.	Composting	Net Energy/ Emissions	Landfilling	Net Energy/ Emissions	MRF	Net Energy/ Emissions	Transp.	Composting	Net Energy/ Emissions		Landfilling	Net Energy/ Emissions
Energy Consumed (GJ)	2,696	2,696	1,109	24,823	25,932	3,753	4,677	2,696	24,823	25,932	924	3,753	4,677	33,306	
Greenhouse Gas Emissions															
- CO2 (tonnes)	635	635	77,86	95,916	95,994	23,575	23,640	635	95,916	95,994	65	23,575	23,640	129,269	
- CH4 (tonnes)	0.77	0.77	0.00	7.85	7.86	8.370	8.370	0.77	7.85	7.86	0.082	8.370	8.370	8,370	
CO2 Equivalents (tonnes)*	651	651	78	96,081	96,159	199,343	199,410	651	96,081	96,159	67	199,343	199,410	256,520	
Toxic emissions															
- Air															
Pb (kg)	0.359	0.359	0.003	3.7234	3.727	0.403	0.41	0.359	3.7234	3.727	0.00	0.403	0.41	4.5	
Hg (kg)	0.002	0.002	0.0001	0.0213	0.0215	0.0028	0.003	0.002	0.0213	0.0215	0.0001	0.0028	0.003	0.03	
Cd (kg)	0.0383	0.0383	0.001	0.3972	0.398	0.161	0.16	0.0383	0.3972	0.398	0.001	0.161	0.16	0.50	
Dioxins (g)	0.0	0.0	0.00003	0.000008	0.00004	0.008	0.008	0.0	0.000008	0.00004	0.00003	0.008	0.008	0.009	
- Water															
Pb (kg)	0.1	0.1	0.01	1.0	1.0	14.98	15.0	0.1	1.0	1.0	0.01	14.98	15.0	16.12	
Hg (kg)	0.0001	0.0001	0.00001	0.00122	0.00123	0.27	0.27	0.0001	0.00122	0.00123	0.00	0.27	0.27	0.27	
Cd (kg)	0.010	0.010	0.001	0.1067	0.108	21.45	21.5	0.010	0.1067	0.108	0.00	21.45	21.5	21.57	
Dioxins TEQ (g)	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0.00238	0.00238	n/a	n/a	n/a	n/a	0.00238	0.00238	0.0024	

Lampiran 25. Faktor Karakterisasi dan Normalisasi dalam LCA

Impact category:			Unit	ADP kg antimony eq	GWP100 kg CO2 eq	HTP inf. kg 1,4- dichlorob enzene eq	POCP kg ethylene eq	AP kg SO2 eq	EP kg PO4-- eq	ref. emissi /year
Name	cas no.	Initial emission or extraction								
3,4-dichloroaniline	95-76-1	air	kg			2,15E+02				0,00E+00
3,5-Diethyltoluene	25550-13-4	air	kg				1,30E+00			6,58E+00
3,5-Dimethylethylbenzene	29224-55-3	air	kg				1,32E+00			6,58E+00
3-chloroaniline	108-42-9	air	kg			1,70E+04				0,00E+00
3-Methyl-1-Butene	563-45-1	air	kg				6,71E-01			2,21E+00
3-Methylbutan-1-ol	123-51-3	air	kg				4,33E-01			0,00E+00
3-Methylbutan-2-ol	598-75-4	air	kg				4,06E-01			0,00E+00
3-Methylhexane	589-34-4	air	kg				3,64E-01			6,24E+00
3-Methylpentane	96-14-0	air	kg				4,79E-01			1,07E+00
3-Pentanol	584-02-1	air	kg				5,95E-01			0,00E+00
4-chloroaniline	106-47-8	air	kg			2,62E+02				0,00E+00
acephate	30560-19-1	air	kg			3,06E+00				0,00E+00
Acetaldehyde	75-07-0	air	kg				6,41E-01			1,97E+00
Acetic acid	64-19-7	air	kg				9,70E-02			2,82E+00
Acetone	67-64-1	air	kg				9,40E-02			1,20E+00
Acetylene	74-86-2	air	kg				8,50E-02			2,26E+00
Acrolein	107-02-8	air	kg			5,69E+01				1,98E+00
Acrylonitrile	107-13-1	air	kg			3,35E+03				2,87E+00
aldicarb	116-06-3	air	kg			7,16E+01				0,00E+00
aldrin	309-00-2	air	kg			1,93E+01				0,00E+00
ammonia	7664-41-7	air	kg			1,00E-01		1,60E+00	3,50E-01	3,54E+00
ammonium	14798-03-9	air	kg						3,30E-01	0,00E+00
anilazine	101-05-3	air	kg			7,16E-02				0,00E+00
anthracene	120-12-7	air	kg			5,20E-01				1,40E+00
antimony	7440-36-0	air	kg			6,71E+03				7,60E+00
arsenic	7440-38-2	air	kg			3,48E+05				1,93E+00
atrazine	1912-24-9	air	kg			4,45E+00				0,00E+00
azinphos-ethyl	2642-71-9	air	kg			2,03E+02				0,00E+00
azinphos-methyl	86-50-0	air	kg			1,43E+01				0,00E+00
barium	7440-39-3	air	kg			7,56E+02				0,00E+00
benomyl	17804-35-2	air	kg			2,10E-02				0,00E+00
bentazone	25057-89-0	air	kg			2,14E+00				0,00E+00
Benzaldehyde	100-52-7	air	kg				-9,20E-02			9,75E+00
Benzene	71-43-2	air	kg			1,90E+03	2,18E-01			3,06E+00
benzylchloride	100-44-7	air	kg			3,52E+03				0,00E+00
beryllium	7440-41-7	air	kg			2,27E+05				0,00E+00
bifenthrin	82657-04-3	air	kg			1,94E+01				0,00E+00
Butane	106-97-8	air	kg				3,52E-01			8,71E+00
Butylbenzylphthalate	85-68-7	air	kg			1,02E+01				0,00E+00
Butyraldehyde	123-72-8	air	kg				7,95E-01			1,37E+00
cadmium (II) ion	22537-48-0	air	kg			1,45E+05				1,33E+00
captafol	2425-06-1	air	kg			8,70E+01				0,00E+00
captan	133-06-2	air	kg			5,89E-01				0,00E+00
carbaryl	63-25-2	air	kg			3,21E+00				0,00E+00
carbendazim	10605-21-7	air	kg			1,92E+01				0,00E+00
carbofuran	1563-66-2	air	kg			1,98E+02				0,00E+00
Carbon dioxide	124-38-9	air	kg		1,00E+00					3,39E+00
carbon disulfide	75-15-0	air	kg			2,41E+00				0,00E+00
Carbon Monoxide	630-08-0	air	kg				2,70E-02			4,28E+00
CFC-11	75-69-4	air	kg		4,60E+03					4,79E+00
CFC-113	26523-64-8	air	kg		6,00E+03					6,02E+00
CFC-114	1320-37-2	air	kg		9,80E+03					1,95E+00
CFC-115	76-15-3	air	kg		7,20E+03					2,41E+00
CFC-12	75-71-8	air	kg		1,06E+04					1,44E+00
CFC-13	75-72-9	air	kg		1,40E+04					8,16E+00
chlordane	57-74-9	air	kg			6,74E+03				0,00E+00
chlorfenvinphos	470-90-6	air	kg			2,71E+02				0,00E+00
chloridazon	1698-60-8	air	kg			1,30E-02				0,00E+00
chlorobenzene	108-90-7	air	kg			9,23E+00				1,04E+00
chlorothalonil	1897-45-6	air	kg			8,39E+00				0,00E+00

Lampiran 25. Faktor Karakterisasi dan Normalisasi dalam LCA (Lanjutan)

EP	ref. emission	Impact category			Unit	ADP kg antimony eq	GWP/100 kg CO ₂ eq	HTP inf. kg 1,4-dichlorobenzene eq	POCP kg ethylene eq	AP kg SO ₂ eq	EP kg PO ₄ eq	ref. emission t/year
		Name	cas no.	Initial emission or extraction								
		chlorpropham	101-21-3	air	kg			3,35E-01				0,00E+00
	0,00E+00	chlorpyrifos	2921-88-2	air	kg			2,12E+01				0,00E+00
	6,58E+00	chromium (III) ion	16065-83-1	air	kg			6,47E+02				5,17E+05
		chromium (VI) ion	18540-29-9	air	kg			3,43E+06				1,29E+05
	6,58E+00	cis-2-Butene	590-18-1	air	kg				1,15E+00			6,29E+07
	0,00E+00	cis-2-Hexene	cis-2-Hexene	air	kg				1,07E+00			0,00E+00
	2,21E+00	cis-2-Pentene	627-20-3	air	kg				1,12E+00			0,00E+00
	0,00E+00	cis-Dichloroethene	156-59-2	air	kg				4,47E-01			1,74E+05
	0,00E+00	cobalt	7440-48-4	air	kg			1,75E+04				0,00E+00
	0,00E+00	copper (II) ion	15158-11-9	air	kg			4,30E+03				5,98E+05
	6,24E+00	coumaphos	56-72-4	air	kg			7,77E+02				0,00E+00
	1,07E+00	cyazazine	21725-46-2	air	kg			3,50E+00				0,00E+00
	0,00E+00	Cyclohexane	110-82-7	air	kg				2,90E-01			1,74E+05
	0,00E+00	Cyclohexanol	108-93-0	air	kg				5,18E-01			2,76E+07
	0,00E+00	Cyclohexanone	108-94-1	air	kg				2,99E-01			7,30E+07
	1,97E+00	cypemethrin	52315-07-8	air	kg			1,66E+02				0,00E+00
	2,82E+00	cyromazine	66215-27-8	air	kg			3,82E+01				0,00E+00
	1,20E+00	DDT	50-29-3	air	kg			1,12E+02				0,00E+00
	2,26E+00	Decane	124-18-5	air	kg				3,84E-01			1,47E+08
	1,98E+00	deltamethrin	52918-63-5	air	kg			1,62E+00				0,00E+00
	2,87E+00	demeton	8065-48-3	air	kg			7,14E+01				0,00E+00
	0,00E+00	desmetryn	1014-69-3	air	kg			9,45E+01				0,00E+00
	0,00E+00	Di(2-ethylhexyl)phthalate	117-81-7	air	kg			2,61E+00				0,00E+00
0E-01	3,54E+00	Diacetone alcohol	123-42-2	air	kg				3,07E-01			1,17E+08
0E-01	0,00E+00	diazinon	333-41-5	air	kg			5,95E+01				0,00E+00
	1,40E+00	Dibutylphthalate	84-74-2	air	kg			2,53E+01				1,22E+05
	7,60E+00	Dichloromethane	75-09-2	air	kg		1,00E+01	1,98E+00	6,80E-02			1,49E+08
	1,93E+00	dichlorprop	120-36-5	air	kg			1,12E+00				0,00E+00
	0,00E+00	dichlorvos	62-73-7	air	kg			1,04E+02				0,00E+00
	0,00E+00	dieldrin	60-57-1	air	kg			1,29E+04				0,00E+00
	0,00E+00	Diethyl Ether	60-29-7	air	kg				4,45E-01			0,00E+00
	0,00E+00	Diethylketone	96-22-0	air	kg				4,14E-01			0,00E+00
	0,00E+00	Diethylphthalate	84-66-2	air	kg			3,16E-01				0,00E+00
	9,75E+00	Dihexylphthalate	84-75-3	air	kg			7,02E+03				0,00E+00
	3,06E+00	Diisodecylphthalate	26761-40-0	air	kg			4,56E+01				0,00E+00
	0,00E+00	Diisooctylphthalate	27554-26-3	air	kg			3,07E+02				0,00E+00
	0,00E+00	Diisopropylether	108-20-3	air	kg				3,98E-01			0,00E+00
	8,71E+00	dimethoate	60-51-5	air	kg			4,35E+01				0,00E+00
	0,00E+00	Dimethoxy methane	109-87-5	air	kg				1,64E-01			0,00E+00
	1,37E+00	Dimethyl carbonate	616-38-6	air	kg				2,50E-02			0,00E+00
	1,33E+00	Dimethyl Ether	115-10-6	air	kg				1,89E-01			1,74E+05
	0,00E+00	Dimethylphthalate	133-11-3	air	kg			2,08E+02				0,00E+00
	0,00E+00	Dinitrogen oxide	10024-97-2	air	kg		2,96E+02					1,30E+09
	0,00E+00	dinoseb	88-85-7	air	kg			3,59E+03				0,00E+00
	0,00E+00	dinoterb	1420-07-1	air	kg			1,69E+02				0,00E+00
	3,39E+00	Diocylphthalate	117-84-0	air	kg			1,87E+01				8,03E+05
	0,00E+00	dioxins (unspec.)	dioxines	air	kg			1,93E+09				0,00E+00
	4,28E+00	disulfothon	298-04-4	air	kg			2,87E+02				0,00E+00
	4,79E+00	diuron	330-54-1	air	kg			2,14E+02				0,00E+00
	6,02E+00	DNOC	534-52-1	air	kg			1,60E+02				0,00E+00
	1,95E+00	Dodecane	112-40-3	air	kg				3,57E-01			4,49E+07
	2,41E+00	dust (PM10)	PM10	air	kg			8,20E-01				1,35E+09
	1,44E+00	endosulfan	115-29-7	air	kg			6,68E+00				0,00E+00
	8,16E+00	endrin	72-20-8	air	kg			1,18E+03				0,00E+00
	0,00E+00	Ethane	74-84-0	air	kg				1,23E-01			2,26E+08
	0,00E+00	ethanethiol	75-08-1	air	kg							0,00E+00
	0,00E+00	Ethanol	64-17-5	air	kg				3,99E-01			5,75E+08
	1,04E+00	ethoprophos	13194-48-4	air	kg			1,09E+03				0,00E+00

Lampiran 25. Faktor Karakterisasi dan Normalisasi dalam LCA (Lanjutan)

Impact category:			Unit	ADP kg antimony eq.	GWP100 kg CO2 eq.	HTP inf kg 1,4- dichlorob enzene eq.	POCP kg ethylene eq.	AP kg SO2 eq.	EP kg PO4 eq.	ref. emissio n t/year
Substance		Initial emission or extraction								
Name	cas no.									
Ethyl Acetate	141-78-6	air	kg				2,09E-01			9,75E+00
Ethyl trans-Butyl Ether	637-92-3 0	air	kg				2,44E-01			0,00E+00
Ethylbenzene	100-41-4	air	kg			9,73E-01	7,30E-01			1,78E+00
Ethylene	74-85-1	air	kg			6,37E-01	1,00E+00			5,10E+00
Ethylene Glycol	107-21-1	air	kg				3,73E-01			0,00E+00
Ethylene Oxide	75-21-8	air	kg			1,41E+04				1,18E+00
fentirothion	122-14-5	air	kg			5,94E+00				0,00E+00
fenthion	55-38-9	air	kg			6,28E+01				0,00E+00
fentin acetate	900-95-8	air	kg			2,23E+03				0,00E+00
fentin chloride	639-58-7	air	kg			8,37E+02				0,00E+00
fentin hydroxide	76-87-9	air	kg			8,49E+02				0,00E+00
folpet	133-07-3	air	kg			1,97E+00				0,00E+00
Formaldehede	50-00-0	air	kg			8,31E-01	5,19E-01			1,05E+00
Formic acid	64-18-6	air	kg				3,20E-02			2,82E+00
glyphosate	1071-83-6	air	kg			3,10E-03				0,00E+00
HALON-1211	353-59-3	air	kg		1,30E+03					8,52E+00
HALON-1301	75-63-8	air	kg		6,90E+03					2,58E+00
HCFC-123	306-83-2	air	kg		1,20E+02					1,97E+00
HCFC-124	63938-10-3	air	kg		6,20E+02					6,23E+00
HCFC-141b	27156-03-2	air	kg		7,00E+02					1,02E+00
HCFC-142b	75-68-3	air	kg		2,40E+03					6,44E+00
HCFC-22	75-45-6	air	kg		1,70E+03					3,45E+00
HCFC-225ca	422-56-0	air	kg		1,80E+02					0,00E+00
HCFC-225cb	507-55-1	air	kg		6,20E+02					0,00E+00
heptachlor	76-44-8	air	kg			4,00E+01				0,00E+00
Heptane	142-82-5	air	kg				4,94E-01			4,70E+00
heptenophos	23560-59-0	air	kg			2,30E+01				0,00E+00
hexachloro-1,3-butadiene	87-68-3	air	kg			7,90E+04				0,00E+00
hexachlorobenzen e	118-74-1	air	kg			3,16E+06				8,49E+00
Hexan-2-one	591-78-6	air	kg				5,72E-01			0,00E+00
Hexan-3-one	589-38-8	air	kg				5,99E-01			0,00E+00
Hexane	110-54-3	air	kg				4,82E-01			1,83E+00
HFC-125	354-33-6	air	kg		3,40E+03					4,61E+00
HFC-134	811-97-2	air	kg		1,10E+03					0,00E+00
HFC-134a	811-97-2 (a)	air	kg		1,30E+03					7,89E+00
HFC-143	430-66-0	air	kg		3,30E+02					0,00E+00
HFC-143a	420-46-2	air	kg		4,30E+03					1,29E+00
HFC-152a	75-37-6	air	kg		1,20E+02					1,26E+00
HFC-227ea	431-89-0	air	kg		3,50E+03					1,27E+00
HFC-23	75-46-7	air	kg		1,20E+04					1,57E+00
HFC-236fa	690-39-1	air	kg		9,40E+03					0,00E+00
HFC-245ca	679-86-7	air	kg		6,40E+02					0,00E+00
HFC-32	75-10-5	air	kg		5,50E+02					8,16E+00
HFC-41	593-53-3	air	kg		9,70E+01					0,00E+00
HFC-43-10mee	138495-42-8	air	kg		1,50E+03					0,00E+00
hydrogen chloride	7647-01-0	air	kg			5,00E-01				7,30E+00
hydrogen fluoride	7664-39-3	air	kg			2,85E+03				2,32E+00
hydrogen sulfide	7783-06-4	air	kg			2,20E-01				0,00E+00
iprodione	36734-19-7	air	kg			2,76E-01				0,00E+00
isobutane	75-28-5	air	kg				3,07E-01			5,72E+00
isobutanol	78-83-1	air	kg				3,60E-01			1,35E+00
isobutene	115-11-7	air	kg				6,27E-01			0,00E+00
isobutyraldehyde	78-84-2	air	kg				5,14E-01			1,21E+00
isopentane	78-78-4	air	kg				4,05E-01			4,59E+00
isoprene	78-79-5	air	kg				1,09E+00			0,00E+00
isopropanol	67-63-0	air	kg				1,88E-01			5,51E+00
isopropyl acetate	108-21-4	air	kg				2,11E-01			3,62E+00
isopropyl benzene	98-82-8	air	kg				5,00E-01			5,52E+00
isoproturon	34123-59-6	air	kg			1,31E+02				0,00E+00
lead (II) ion	14280-50-3	air	kg			4,67E+02				1,25E+00
lindane	58-89-9	air	kg			6,10E+02				3,33E+00
linuron	330-55-2	air	kg			1,38E+01				0,00E+00
malathion	121-75-5	air	kg			3,53E-02				0,00E+00

Lampiran 25. Faktor Karakterisasi dan Normalisasi dalam LCA (Lanjutan)

EP	ref. emission	Impact category			ADP	GWP100	HTP inf.	POCP	AP	EP	ref. emission								
		Substance										Unit	kg antimony eq.	kg CO2 eq.	kg 1,4-dichlorobenzene eq.	kg ethylene eq.	kg SO2 eq.	kg PO4 eq.	t/year
		Name	cas no.	Initial emission or extraction															
9,75E+00		MCPA	94-74-6	air	kg		1,47E+01				0,00E+00								
0,00E+00		mecoprop	7085-19-0	air	kg		1,19E+02				0,00E+00								
1,78E+00		mercury (II) ion	14302-87-5	air	kg		6,01E+03				1,64E+05								
5,10E+00		meta-Ethyltoluene	620-14-4	air	kg			1,02E+00			9,70E+07								
0,00E+00		metamitron	41394-05-2	air	kg		8,79E-01				0,00E+00								
1,16E+00		meta-Xylene	108-38-3	air	kg		2,71E-02	1,11E+00			4,10E+08								
0,00E+00		metazachlor	67129-08-2	air	kg		6,82E+00				0,00E+00								
0,00E+00		methabenzthiazuron	18691-97-9	air	kg		7,13E+00				0,00E+00								
0,00E+00		Methane	74-82-8	air	kg	2,30E+01		6,00E-03			2,03E+10								
0,00E+00		Methanol	67-56-1	air	kg			1,40E-01			2,32E+06								
0,00E+00		methomyl	16752-77-5	air	kg		6,16E+00				0,00E+00								
0,00E+00		Methyl Acetate	79-20-9	air	kg			5,90E-02			2,42E+05								
1,05E+00		Methyl Chloride	74-87-3	air	kg	1,60E+01		5,00E-03			5,22E+06								
2,82E+00		Methyl Formate	107-31-3	air	kg			2,70E-02			0,00E+00								
0,00E+00		Methyl Isobutyl Ketone	108-10-1	air	kg			4,90E-01			1,90E+08								
8,52E+00		Methyl propyl Ketone	107-87-9	air	kg			5,48E-01			0,00E+00								
2,58E+00		Methyl tert-Butyl Ether	1634-04-4	air	kg			1,75E-01			1,74E+05								
1,97E+00		Methyl tert-butylketone	75-97-8	air	kg			3,23E-01			0,00E+00								
6,23E+00		methylbromide	74-83-9	air	kg	5,00E+00	3,51E+02				9,80E+06								
1,02E+00		Methyl-Isopropylketone	563-80-4	air	kg			3,64E-01			0,00E+00								
6,44E+00		methyl-mercury	22967-92-6	air	kg		5,76E+04				0,00E+00								
3,45E+00		metobromuron	3060-89-7	air	kg		5,54E+01				0,00E+00								
0,00E+00		metolachlor	51218-45-2	air	kg		2,58E+00				0,00E+00								
0,00E+00		mevinphos	7786-34-7	air	kg		1,04E+00				0,00E+00								
0,00E+00		molybdenum	7439-98-7	air	kg		5,43E+03				0,00E+00								
8,49E+00		Naphtalene	91-20-3	air	kg		8,11E+00				8,52E+06								
0,00E+00		Neopentane	463-82-1	air	kg			1,73E-01			0,00E+00								
0,00E+00		nickel	7440-02-0	air	kg		3,50E+04				1,58E+06								
1,83E+00		Nitrate	14797-55-8	air	kg					1,00E-01	0,00E+00								
4,61E+00		nitric acid	7697-37-2	air	kg					1,00E-01	0,00E+00								
0,00E+00		nitrogen	7727-37-9	air	kg					4,20E-01	0,00E+00								
7,89E+00		nitrogen dioxide	10102-44-0	air	kg		1,20E+00	2,80E-02	5,00E-01	1,30E-01	0,00E+00								
0,00E+00		nitrogen mono oxide	10102-43-9	air	kg			-4,27E-01		2,00E-01	0,00E+00								
1,29E+00		nitrogen oxides (as NO2)	10102-44-0 (as NO2)	air	kg		1,20E+00		5,00E-01	1,30E-01	1,41E+10								
1,26E+00		Nonane	111-84-2	air	kg			4,14E-01			1,46E+08								
1,27E+00		Octane	111-65-9	air	kg			4,53E-01			3,90E+07								
1,57E+00		ortho-Ethyltoluene	611-14-3	air	kg			8,98E-01			7,61E+07								
0,00E+00		ortho-Xylene	95-47-6	air	kg		1,25E-01	1,05E+00			3,55E+08								
8,16E+00		oxamyl	23135-22-0	air	kg		1,40E+00				0,00E+00								
0,00E+00		oxydemethon-methyl	301-12-2	air	kg		1,22E+02				0,00E+00								
7,30E+00		para-Ethyltoluene	622-96-8	air	kg			9,06E-01			9,70E+07								
2,32E+00		parathion-ethyl	56-38-2	air	kg		3,34E+00				0,00E+00								
0,00E+00		parathion-methyl	298-00-0	air	kg		5,27E+01				0,00E+00								
0,00E+00		para-Xylene	106-42-3	air	kg		4,32E-02	1,01E+00			4,09E+08								
5,72E+00		pentachlorobenzene	608-93-5	air	kg		4,09E+02				0,00E+00								
1,35E+00		pentachloronitrobenzene	82-68-8	air	kg		1,86E+02				0,00E+00								
0,00E+00		pentachlorophenol	87-86-5	air	kg		5,08E+00				2,53E+06								
5,51E+00		Pentanaldehyde	Pentanaldehyde	air	kg			7,65E-01			0,00E+00								
3,62E+00		Pentane	109-66-0	air	kg			3,95E-01			2,77E+08								
5,52E+00		Perfluorobutane	355-25-9	air	kg	8,60E+03					2,87E+04								
0,00E+00		Perfluorocyclobutane	115-25-3	air	kg	1,00E+04					4,20E+03								
1,25E+00		Perfluoroethane	76-16-4	air	kg	1,19E+04					2,75E+05								

Lampiran 25. Faktor Karakterisasi dan Normalisasi dalam LCA (Lanjutan)

Impact category:			Unit	ADP kg antimony eq	GWP100 kg CO2 eq	HTP inf. kg 1,4- dichlorob enzene eq	POCP kg ethylene eq	AP kg SO2 eq	EP kg PO4--- eq	ref. emission /year
Substance										
Name	cas no.	Initial emission or extraction								
trichloroethane										
1,2,3,4-tetrachlorobenzene	634-66-2	fresh water	kg			1,56E+02				0,00E+00
1,2,3,5-tetrachlorobenzene	634-90-2	fresh water	kg			9,18E+01				0,00E+00
1,2,3-trichlorobenzene	87-61-6	fresh water	kg			1,35E+02				2,83E+00
1,2,4,5-tetrachlorobenzene	95-94-3	fresh water	kg			1,80E+02				0,00E+00
1,2,4-trichlorobenzene	120-82-1	fresh water	kg			1,23E+02				2,83E+00
1,2-dichlorobenzene	95-50-1	fresh water	kg			8,85E+00				1,40E+00
1,2-dichloroethane	107-06-2	fresh water	kg			2,79E+01				9,37E+00
1,3,5-trichlorobenzene	108-70-3	fresh water	kg			1,25E+02				2,83E+00
1,3-butadiene	106-99-0	fresh water	kg			6,99E+03				0,00E+00
1,3-dichlorobenzene	541-73-1	fresh water	kg			7,44E+01				4,99E+00
1,4-dichlorobenzene	106-46-7	fresh water	kg			1,06E+00				2,54E+00
1-chloro-4-nitrobenzene	100-00-5	fresh water	kg			1,71E+03				0,00E+00
2,3,4,6-tetrachlorophenol	58-90-2	fresh water	kg			3,52E+01				1,54E+00
2,3,7,8-TCDD	1746-01-6	fresh water	kg			8,58E+08				6,64E+00
2,4,5-T	93-76-5	fresh water	kg			1,93E+00				0,00E+00
2,4,5-trichlorophenol	95-95-4	fresh water	kg			4,52E+01				2,81E+00
2,4,6-trichlorophenol	88-06-2	fresh water	kg			9,15E+03				2,81E+00
2,4-D	94-75-7	fresh water	kg			3,47E+00				0,00E+00
2,4-dichlorophenol	120-83-2	fresh water	kg			1,61E+01				0,00E+00
2-chlorophenol	95-57-8	fresh water	kg			6,96E+01				0,00E+00
3,4-dichloroaniline	95-76-1	fresh water	kg			1,34E+02				0,00E+00
3-chloroaniline	108-42-9	fresh water	kg			3,52E+03				0,00E+00
4-chloroaniline	106-47-8	fresh water	kg			2,85E+03				0,00E+00
acephate	30560-19-1	fresh water	kg			2,11E+00				0,00E+00
Acrolein	107-02-8	fresh water	kg			5,86E+01				1,45E+00
acrylonitrile	107-13-1	fresh water	kg			7,07E+03				1,41E+00
aldicarb	116-06-3	fresh water	kg			6,07E+01				0,00E+00
aldrin	309-00-2	fresh water	kg			5,98E+03				2,43E+00
ammonia	7664-41-7	fresh water	kg						3,50E-01	0,00E+00
ammonium	14798-03-9	fresh water	kg						3,30E-01	0,00E+00
anilazine	101-05-3	fresh water	kg			2,35E-01				0,00E+00
anthracene	120-12-7	fresh water	kg			2,06E+00				2,41E+00
antimony	7440-36-0	fresh water	kg			5,14E+03				1,59E+00
arsenic	7440-38-2	fresh water	kg			9,51E+02				1,17E+00
atrazine	1912-24-9	fresh water	kg			4,56E+00				0,00E+00
azinphos-ethyl	2642-71-9	fresh water	kg			4,56E+02				0,00E+00
azinphos-methyl	86-50-0	fresh water	kg			2,50E+00				0,00E+00
barium	7440-39-3	fresh water	kg			6,30E+02				0,00E+00
benomyl	17804-35-2	fresh water	kg			1,42E-01				0,00E+00
bentazone	25057-89-0	fresh water	kg			7,33E-01				0,00E+00
benzene	71-43-2	fresh water	kg			1,83E+03				4,18E+00
benzylchloride	100-44-7	fresh water	kg			2,38E+03				0,00E+00
beryllium	7440-41-7	fresh water	kg			1,40E+04				0,00E+00
bifenthrin	82657-04-3	fresh water	kg			9,82E+01				0,00E+00
Butylbenzylphthalate	85-68-7	fresh water	kg			8,61E-02				0,00E+00
cadmium (II) ion	22537-48-0	fresh water	kg			2,29E+01				2,13E+00

Lampiran 25. Faktor Karakterisasi dan Normalisasi dalam LCA (Lanjutan)

EP	ref. emission	Impact category			ADP	GWP100	HTP inf.	POCP	AP	EP	ref. emission							
		Substance		Unit								kg antimony eq	kg CO2 eq	kg 1,4-dichlorobenzene eq	kg ethylene eq	kg SO2 eq	kg PO4--- eq	t/year
		Name	cas no.															
		captafol	2425-06-1	fresh water	kg						4,96E+02	0,00E+00						
		captan	133-06-2	freshwater	kg						5,29E-03	0,00E+00						
	0,00E-	carbaryl	63-25-2	freshwater	kg						4,69E+00	0,00E+00						
		carbendazim	10605-21-7	freshwater	kg						2,51E+00	0,00E+00						
	0,00E-	carbofuran	1563-66-2	freshwater	kg						5,64E+01	0,00E+00						
		carbon disulfide	75-15-0	fresh water	kg						2,43E+00	0,00E+00						
	2,83E-	Chemical oxygen demand (COD)	COD	fresh water	kg							2,20E-02	0,00E+00					
		chlordan	57-74-9	fresh water	kg						7,41E+02	0,00E+00						
	0,00E-	chlorfenvinphos	470-90-6	freshwater	kg						8,15E+02	0,00E+00						
		chloridazon	1698-60-8	freshwater	kg						1,43E-01	0,00E+00						
	2,83E-	chlorobenzene	108-90-7	freshwater	kg						9,10E+00	4,17E+03						
		chlorothalonil	1897-45-6	fresh water	kg						6,69E+00	0,00E+00						
	1,40E-	chlorpropham	101-21-3	freshwater	kg						1,02E+00	0,00E+00						
		chlorpyrifos	2921-88-2	freshwater	kg						4,43E+01	0,00E+00						
	9,37E-	chromium III	16065-83-1	freshwater	kg						2,05E+00	2,71E+05						
		chromium VI	18540-29-9	freshwater	kg						3,42E+00	6,77E+04						
	2,83E-	cobalt	7440-48-4	freshwater	kg						9,67E+01	0,00E+00						
	0,00E-	copper (II) ion	15158-11-9	freshwater	kg						1,34E+00	1,69E+06						
	4,99E-	coumaphos	56-72-4	freshwater	kg						1,04E+04	0,00E+00						
		cyanazine	21725-46-2	freshwater	kg						5,95E+00	0,00E+00						
	2,54E-	cypermethrin	52315-07-8	freshwater	kg						5,55E+00	0,00E+00						
		cyromazine	66215-27-8	freshwater	kg						5,38E+00	0,00E+00						
	0,00E-	DDT	50-29-3	freshwater	kg						3,67E+01	0,00E+00						
		deltamethrin	52918-63-5	freshwater	kg						2,85E+00	0,00E+00						
	1,54E-	demeton	8065-48-3	freshwater	kg						7,21E+02	0,00E+00						
	6,64E-	desmetryn	1014-69-3	freshwater	kg						4,99E+01	0,00E+00						
	0,00E-	Di(2-ethylhexyl)phthalate	117-81-7	fresh water	kg						9,13E-01	0,00E+00						
	2,81E-	diazinon	333-41-5	fresh water	kg						6,57E+01	0,00E+00						
		Dibutylphthalate	84-74-2	fresh water	kg						5,37E-01	0,00E+00						
	2,81E-	Dichloromethane	75-09-2	fresh water	kg						1,84E+00	2,33E+04						
	0,00E-	dichlorprop	120-36-5	fresh water	kg						2,40E+01	0,00E+00						
		dichlorvos	62-73-7	fresh water	kg						3,43E-01	0,00E+00						
	0,00E-	dieldrin	60-57-1	fresh water	kg						4,49E+04	2,43E+01						
	0,00E-	Diethylphthalate	84-66-2	fresh water	kg						1,36E-01	0,00E+00						
	0,00E-	Dihexylphthalate	84-75-3	fresh water	kg						1,43E+04	0,00E+00						
	0,00E-	Diisodecylphthalate	26761-40-0	fresh water	kg						1,87E+01	0,00E+00						
	0,00E-	Diisooctylphthalate	27554-26-3	fresh water	kg						1,77E+01	0,00E+00						
	1,45E-	dimethoate	60-51-5	fresh water	kg						1,80E+01	0,00E+00						
	1,41E-	Dimethylphthalate	133-11-3	fresh water	kg						7,15E+00	0,00E+00						
	0,00E-	dinoseb	88-85-7	fresh water	kg						1,57E+02	0,00E+00						
	2,43E-	dinoterb	1420-07-1	fresh water	kg						2,47E+00	0,00E+00						
JE-01	0,00E-	Diocylphthalate	117-84-0	fresh water	kg						6,34E+00	0,00E+00						
JE-01	0,00E-	dioxins (TEQ)	dioxine	fresh water	kg						8,58E+08	0,00E+00						
	0,00E-	disulfothon	298-04-4	fresh water	kg						3,45E+02	0,00E+00						
	2,41E-	diuron	330-54-1	fresh water	kg						5,31E+01	5,16E+03						
	1,59E-	DNOC	534-52-1	fresh water	kg						5,87E+01	0,00E+00						
	1,17E-	endosulfan	115-29-7	fresh water	kg						1,73E+01	0,00E+00						
	0,00E-	endrin	72-20-8	fresh water	kg						6,04E+03	2,43E+01						
	0,00E-	ethoprophos	13194-48-4	fresh water	kg						1,77E+03	0,00E+00						
	0,00E-	ethylbenzene	100-41-4	fresh water	kg						8,27E-01	1,90E+05						
	0,00E-	ethylene	74-85-1	fresh water	kg						6,54E-01	3,83E+06						
	0,00E-	ethylene oxide	75-21-8	fresh water	kg						1,14E+04	0,00E+00						
	4,18E-	fenitrothion	122-14-5	fresh water	kg						2,22E+01	0,00E+00						
	0,00E-	fenthion	55-38-9	fresh water	kg						9,29E+01	0,00E+00						
	0,00E-	fentin acetate	900-95-8	fresh water	kg						8,75E+02	0,00E+00						
	0,00E-	fentin chloride	639-58-7	fresh water	kg						8,61E+02	0,00E+00						
	0,00E-	fentin hydroxide	76-87-9	fresh water	kg						8,73E+02	0,00E+00						
	0,00E-	folpet	133-07-3	fresh water	kg						8,63E+00	0,00E+00						
	2,13E-	Formaldehyde	50-00-0	fresh water	kg						3,71E-02	1,37E+06						
		glyphosate	1071-83-6	fresh water	kg						6,62E-02	0,00E+00						
		heptachlor	76-44-8	fresh water	kg						3,44E+03	0,00E+00						

Lampiran 25. Faktor Karakterisasi dan Normalisasi dalam LCA (Lanjutan)

Impact category:			Unit	ADP kg antimony eq	GWP100 kg CO2 eq	HTP inf. kg 1,4- dichlorob enzene eq	POCP kg ethylene eq	AP kg SO2 eq	EP kg PO4--- eq	ref. emission t/year
Substance		Initial emission or extraction								
Name	cas no									
heptenophos	23560-59-0	fresh water	kg			1,28E+00				0,00E+00
hexachloro-1,3-butadiene	87-68-3	fresh water	kg			7,95E+04				1,46E-01
hexachlorobenzene	118-74-1	fresh water	kg			5,65E+06				4,12E+00
hydrogen fluoride	7664-39-3	fresh water	kg			3,64E+03				0,00E+00
iprodione	36734-19-7	fresh water	kg			1,84E-01				0,00E+00
isoproturon	34123-59-6	fresh water	kg			1,32E+01				0,00E+00
lead (II) ion	14280-50-3	fresh water	kg			1,23E+01				2,26E+00
lindane	58-89-9	fresh water	kg			8,26E+02				2,95E+00
linuron	330-55-2	fresh water	kg			1,15E+02				0,00E+00
malathion	121-75-5	fresh water	kg			2,45E-01				0,00E+00
MCPA	94-74-6	fresh water	kg			1,51E+01				0,00E+00
mecoprop	7085-19-0	fresh water	kg			2,05E+02				0,00E+00
mercury (II) ion	14302-87-5	fresh water	kg			1,43E+03				1,43E+00
metamitron	41394-05-2	fresh water	kg			1,61E-01				0,00E+00
meta-xylene	108-38-3	fresh water	kg			3,37E-01				1,45E+00
metazachlor	67129-08-2	fresh water	kg			1,69E+00				0,00E+00
methabenzthiazuron	18691-97-9	fresh water	kg			2,62E+00				0,00E+00
methomyl	16752-77-5	fresh water	kg			3,27E+00				0,00E+00
methylbromide	74-83-9	fresh water	kg			2,98E+02				0,00E+00
methyl-mercury	22967-92-6	fresh water	kg			1,54E+04				0,00E+00
metobromuron	3060-89-7	fresh water	kg			7,97E+00				0,00E+00
metolachlor	51218-45-2	fresh water	kg			5,54E-01				0,00E+00
mevinphos	7786-34-7	fresh water	kg			1,06E+01				0,00E+00
molybdenum	7439-98-7	fresh water	kg			5,51E+03				0,00E+00
naphtalene	91-20-3	fresh water	kg			5,55E+00				6,06E+00
nickel	7440-02-0	fresh water	kg			3,31E+02				5,51E+00
Nitrate	14797-55-8	fresh water	kg						1,00E-01	0,00E+00
nitric acid	7697-37-2	fresh water	kg						1,00E-01	0,00E+00
Nitrite	14797-65-0	fresh water	kg						1,00E-01	0,00E+00
Nitrogen	7727-37-9	fresh water	kg						4,20E-01	1,37E+00
ortho-xylene	95-47-6	fresh water	kg			4,25E-01				1,26E+00
oxamyl	23135-22-0	fresh water	kg			3,55E-01				0,00E+00
oxydemethon-methyl	301-12-2	fresh water	kg			7,42E+01				0,00E+00
parathion-ethyl	56-38-2	fresh water	kg			3,10E+01				0,00E+00
parathion-methyl	298-00-0	fresh water	kg			1,03E+02				0,00E+00
para-xylene	106-42-3	fresh water	kg			3,51E-01				1,45E+00
pentachlorobenzene	608-93-5	fresh water	kg			1,20E+03				0,00E+00
pentachloronitrobenzene	82-68-8	fresh water	kg			9,05E+01				0,00E+00
pentachlorophenol	87-86-5	fresh water	kg			7,24E+00				1,91E+00
permethrin	52645-53-1	fresh water	kg			2,25E+01				0,00E+00
phenol	108-95-2	fresh water	kg			4,92E-02				1,73E+00
phosphate	14265-44-2	fresh water	kg						1,00E+00	0,00E+00
phosphoric acid	7664-38-2	fresh water	kg						9,70E-01	0,00E+00
Phosphorus	7723-14-0	fresh water	kg						3,06E+00	2,24E+00
phoxim	14816-18-3	fresh water	kg			1,19E+01				0,00E+00
phthalic anhydride	85-44-9	fresh water	kg			1,15E-04				0,00E+00
pirimicarb	23103-98-2	fresh water	kg			1,66E+00				0,00E+00
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Carcinogenic (carcinogenic-PAH)	PAH carc.	fresh water	kg			2,80E+05				3,59E+00
propachlor	1918-16-7	fresh water	kg			1,61E+00				0,00E+00
propoxur	114-26-1	fresh water	kg			1,26E+00				0,00E+00
propylene oxide	75-56-9	fresh water	kg			2,64E+03				0,00E+00
pyrazophos	13457-18-6	fresh water	kg			5,28E+01				0,00E+00
selenium	7782-49-2	fresh water	kg			5,60E+04				0,00E+00
simazine	122-34-9	fresh water	kg			9,74E+00				0,00E+00

Lampiran 26. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 1

Skenario 1 1999 Skenario 1 1998 Skenario 1_1997

Lampiran 26. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 1

Jenis Bahan Toksik	Skenario 1_1997		Skenario 1_1998		Skenario 1_1999		Skenario 1_2000		Skenario 1_2001		Skenario 1_2002	
	Landfill	HT	Landfill	HT	Landfill	HT	Landfill	HT	Landfill	HT	Landfill	HT
Udara:												
Pb (kg)	1.4	31.10	1.7	38.03	1.26	27.54	1.56	34.10	1.56	34.10	1.56	34.10
Hg (kg)	0.01	2.21	0.01	2.70	0.009	1.96	0.011	2.42	0.011	2.42	0.011	2.42
Cd (kg)	0.71	4.54	0.87	5.55	0.627	4.02	0.776	4.97	0.776	4.97	0.776	4.97
Dioxin (g)	0.037	0.0019	0.046	0.02	0.033	0.0122	0.041	0.0152	0.041	0.0152	0.041	0.0152
Air:												
Pb (kg)	45.66	56.16	55.85	68.69	40.42	49.72	50.07	61.58	50.07	61.58	50.07	61.58
Hg (kg)	0.819	2.39	1.001	2.93	0.725	2.12	0.898	2.63	0.898	2.63	0.898	2.63
Cd (kg)	65.374	149.71	79.96	183.11	57.87	132.53	71.68	164.16	71.68	164.16	71.68	164.16
Dioxin (g)	0.00727	213.44	0.00889	261.06	0.00643	188.95	0.00797	234.04	0.00797	234.04	0.00797	234.04
Total HT (kg)		459.55		562.08		406.84		503.92		503.92		503.92

Jenis Bahan Toksik	Skenario 1_2003		Skenario 1_2004		Skenario 1_2005		Skenario 1_2006	
	Landfill	HT	Landfill	HT	Landfill	HT	Landfill	HT
Udara:								
Pb (kg)	1.39	30.25	1.51	32.99	1.39	30.25	1.39	30.25
Hg (kg)	0.010	2.15	0.011	2.34	0.010	2.15	0.010	2.15
Cd (kg)	0.688	4.41	0.751	4.81	0.688	4.41	0.688	4.41
Dioxin (g)	0.036	0.0135	0.039	0.0147	0.036	0.0135	0.036	0.0135
Air:								
Pb (kg)	44.40	54.62	48.44	59.58	44.40	54.62	44.40	54.62
Hg (kg)	0.796	2.33	0.869	2.54	0.796	2.33	0.796	2.33
Cd (kg)	63.57	145.58	69.35	158.81	63.57	145.58	63.57	145.58
Dioxin (g)	0.00707	207.56	0.00771	226.42	0.00707	207.56	0.00707	207.56
Total HT (kg)		446.91		487.51		446.91		446.91

Keterangan: HT adalah potensi toksik (setara dengan kg 1,4 dichlorobenzene)

Lampiran 28. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 3

Lampiran 27. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 2

Emisi	Skenario 2_1997			Skenario 2_1998			Skenario 2_1999			Skenario 2_2000							
	Insinerasi	HT	Landfill	Insinerasi	HT	Landfill	Insinerasi	HT	Landfill	Insinerasi	HT	Landfill	HT				
Udara:																	
Pb (kg)	389.9	8,504.05	0.12	2.51	476.9	10,401.52	0.14	3.07	345.2	7,528.26	0.10	2.22	427.6	9,324.99	0.13	2.75	
Hg (kg)	141.25	30,663.73	0.001	0.16	172.77	37,505.63	0.001	0.20	125.05	27,148.23	0.001	0.14	154.89	33,623.87	0.001	0.16	
Cd (kg)	38.79	248.63	0.013	0.08	47.44	304.10	0.015	0.10	34.34	220.10	0.011	0.07	42.53	272.63	0.014	0.08	
Dioxin (g)	0.369	0.1370	0.000	0.00	0.451	0.1676	0.000	0.0000	0.326	0.12	0.000	0.0000	0.404	0.15	0.000	0.00	
Air:																	
Pb (kg)	-13.786	(16.96)	8.55	10.51	-16.964	(20.74)	10.45	12.86	-12.203	(15.01)	7.57	9.30	-15.118	(18.59)	9.37	11.53	
Hg (kg)	-0.306	(0.90)	0.132	0.39	-0.375	(1.10)	0.162	0.47	-0.271	(0.79)	0.117	0.34	-0.336	(0.99)	0.145	0.42	
Cd (kg)	0.314	0.72	12.26	28.07	0.384	0.98	14.99	34.34	0.278	0.64	10.95	24.56	0.344	0.79	13.44	30.78	
Dioxin (g)			0.00153	45.08			0.00188	55.14			0.00136	39.91			0.00149	43.84	
Jumlah		39,399.41		86.81		48,190.46		106.17		34,878.54		76.85		43,202.85		95.19	
Total HT (kg)				39,486.22				48,296.63				34,955.39				43,298.04	

Emisi	Skenario 2_2001			Skenario 2_2002			Skenario 2_2003					
	Insinerasi	HT	Landfill	Insinerasi	HT	Landfill	Insinerasi	HT	Landfill	HT		
Udara:												
Pb (kg)	427.6	9,324.99	0.13	2.75	427.6	9,324.99	0.13	2.75	379.2	8,269.91	0.11	2.44
Hg (kg)	154.89	33,623.87	0.001	0.18	154.89	33,623.87	0.001	0.18	137.37	29,819.47	0.001	0.16
Cd (kg)	42.53	272.63	0.014	0.09	42.53	272.63	0.014	0.09	37.72	241.78	0.012	0.08
Dioxin (g)	0.404	0.15	0.000	0.00	0.404	0.15	0.000	0.00	0.359	0.13	0.000	0.00
Air:												
Pb (kg)	-15.118	(18.59)	9.37	11.53	-15.118	(18.59)	9.37	11.53	-13.406	(16.49)	8.31	10.22
Hg (kg)	-0.336	(0.99)	0.145	0.42	-0.336	(0.98)	0.145	0.42	-0.298	(0.87)	0.129	0.38
Cd (kg)	0.344	0.79	13.44	30.78	0.344	0.79	13.44	30.78	0.305	0.70	11.92	27.30
Dioxin (g)			0.00168	49.43			0.00168	49.43			0.00149	43.84
Jumlah		43,202.85		95.19		43,202.85		95.19		38,314.64		84.42
Total HT (kg)				43,298.04				43,298.04				38,399.05

Emisi	Skenario 2_2004			Skenario 2_2005			Skenario 2_2006					
	Insinerasi	HT	Landfill	Insinerasi	HT	Landfill	Insinerasi	HT	Landfill	HT		
Udara:												
Pb (kg)	413.7	9,021.26	0.12	2.66	379.2	8,269.91	0.11	2.44	379.2	8,269.91	0.11	2.44
Hg (kg)	149.85	32,528.71	0.001	0.17	137.37	29,819.47	0.001	0.16	137.37	29,819.47	0.001	0.16
Cd (kg)	41.15	263.75	0.013	0.09	37.72	241.78	0.012	0.08	37.72	241.78	0.012	0.08
Dioxin (g)	0.391	0.15	0.000	0.00	0.359	0.13	0.000	0.00	0.359	0.13	0.000	0.00
Air:												
Pb (kg)	-14.625	(17.99)	9.07	11.15	-13.406	(16.49)	8.31	10.22	-13.406	(16.49)	8.31	10.22
Hg (kg)	-0.325	(0.95)	0.140	0.41	-0.298	(0.87)	0.129	0.38	-0.298	(0.87)	0.129	0.38
Cd (kg)	0.333	0.76	13.00	29.78	0.305	0.70	11.92	27.30	0.305	0.70	11.92	27.30
Dioxin (g)			0.00163	47.82			0.00149	43.84			0.00149	43.84
Jumlah		41,795.69		92.09		38,314.64		84.42		38,314.64		84.42
Total HT (kg)				41,887.78				38,399.05				38,399.05

Keterangan: HT adalah potensi toksik (setara dengan kg 1,4 dichlorobenzene)

Lampiran 28. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 3 (Lanjutan)

Emisi	Skenario 3_2003				Skenario 3_2004			
	Pengomposan	HT	Landfill	HT	Pengomposan	HT	Landfill	HT
Udara:								
Pb (kg)	3.727	81.28	0.46	9.93	4.065	88.66	0.50	10.82
Hg (kg)	0.021	4.66	0.003	0.70	0.023	5.08	0.004	0.76
Cd (kg)	0.398	2.55	0.181	1.16	0.434	2.78	0.197	1.26
Dioxin (g)	0.00004	0.00	0.009	0.00	0.00004	0.00	0.010	0.00
Air:								
Pb (kg)	1.030	1.27	16.89	20.78	1.123	1.38	18.42	22.66
Hg (kg)	0.00123	0.00	0.303	0.89	0.00134	0.00	0.330	0.97
Cd (kg)	0.108	0.25	24.17	55.36	0.118	0.27	26.37	60.39
Dioxin (g)	-	-	0.00269	78.92	-	-	0.00293	86.09
Jumlah		90.01		167.73		98.17		182.96
Total HT (kg)				257.74				281.14

Emisi	Skenario 3_2005				Skenario 3_2006			
	Pengomposan	HT	Landfill	HT	Pengomposan	HT	Landfill	HT
Udara:								
Pb (kg)	3.727	81.28	0.46	9.93	3.727	81.28	0.46	9.93
Hg (kg)	0.021	4.66	0.003	0.70	0.021	4.66	0.003	0.70
Cd (kg)	0.398	2.55	0.181	1.16	0.398	2.55	0.181	1.16
Dioxin (g)	0.00004	0.00	0.009	0.00	0.00004	0.00	0.009	0.00
Air:								
Pb (kg)	1.030	1.27	16.89	20.78	1.030	1.27	16.89	20.78
Hg (kg)	0.00123	0.00	0.303	0.89	0.00123	0.00	0.303	0.89
Cd (kg)	0.108	0.25	24.17	55.36	0.108	0.25	24.17	55.36
Dioxin (g)	-	-	0.00269	78.92	-	-	0.00269	78.92
Jumlah		90.01		167.73		90.01		167.73
Total HT (kg)				257.74				257.74

Keterangan: HT adalah potensi toksik (setara dengan kg 1,4 dichlorobenzene)

(lanjutan) Lampiran 28. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 3

Lampiran 29. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 4

Emisi	Skenario 4_1997						Skenario 4_1998					
	Pengomposan	HT	Insinerasi	HT	Landfill	HT	Pengomposan	HT	Insinerasi	HT	Landfill	HT
Udara:												
Pb (kg)	3.832	83.58	134.5	2,933.24	0.14	3.01	4.687	102.21	184.5	3,587.72	0.17	3.68
Hg (kg)	0.022	4.79	48.79	10,591.10	0.001	0.20	0.027	5.85	59.67	12,954.28	0.001	0.24
Cd (kg)	0.409	2.62	13.43	86.11	0.024	0.15	0.500	3.21	16.43	105.33	0.029	0.18
Dioxin (g)	0.00004	0.00	0.128	0.05	0.001	0.00	0.00004	0.00	0.157	0.06	0.001	0.00
Air:												
Pb (kg)	1.059	1.30	-10.346	(12.73)	6.83	8.40	1.293	1.59	-12.657	(15.57)	8.35	10.27
Hg (kg)	0.00126	0.00	-0.197	(0.58)	0.122	0.36	0.00154	0.00	-0.241	(0.71)	0.150	0.44
Cd (kg)	0.111	0.25	0.038	0.09	9.78	22.39	0.136	0.31	0.046	0.11	11.96	27.38
Dioxin (g)	0	-	-	-	0.00109	31.92	-	-	-	-	0.00133	39.04
Jumlah		92.55		13,597.29		66.41		113.18		16,631.22		81.23
Total HT (kg)						13,756.26						16,825.63

Emisi	Skenario 4_1999						Skenario 4_2000					
	Pengomposan	HT	Insinerasi	HT	Landfill	HT	Pengomposan	HT	Insinerasi	HT	Landfill	HT
Udara:												
Pb (kg)	3.393	73.99	119.1	2,596.67	0.12	2.66	4.202	91.64	147.5	3,216.40	0.15	3.30
Hg (kg)	0.020	4.24	43.19	9,375.81	0.001	0.17	0.024	5.25	53.50	11,613.53	0.001	0.22
Cd (kg)	0.362	2.32	11.89	76.23	0.021	0.13	0.449	2.88	14.73	94.43	0.026	0.17
Dioxin (g)	0.00004	0.00	0.113	0.04	0.001	0.00	0.00004	0.00	0.141	0.05	0.001	0.00
Air:												
Pb (kg)	0.939	1.15	-9.158	(11.26)	6.04	7.43	1.160	1.43	-11.346	(13.96)	7.49	9.21
Hg (kg)	0.00112	0.00	-0.175	(0.51)	0.108	0.32	0.00138	0.00	-0.216	(0.63)	0.134	0.39
Cd (kg)	0.099	0.23	0.034	0.08	8.65	19.82	0.122	0.28	0.042	0.10	10.72	24.55
Dioxin (g)		-	-	-	0.00096	28.25		-	-	-	0.00119	35.00
Jumlah		81.94		12,037.06		58.79		101.48		14,909.92		72.82
Total HT (kg)						12,177.79						15,084.22

Keterangan: HT adalah potensi toksik (setara dengan kg 1,4 dichlorobenzene)

Lampiran 29. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 4 (Lanjutan)

Emisi	Skenario 4_2001					Skenario 4_2002						
	Pengomposan	HT	Insinerasi	HT	Landfill	HT	Pengomposan	HT	Insinerasi	HT	Landfill	HT
Udara:												
Pb (kg)	4.202	91.64	147.5	3,216.40	0.15	3.30	4.202	91.64	147.5	3,216.40	0.15	3.30
Hg (kg)	0.024	5.25	53.50	11,613.53	0.001	0.22	0.024	5.25	53.50	11,613.53	0.001	0.22
Cd (kg)	0.449	2.88	14.73	94.43	0.026	0.17	0.449	2.88	14.73	94.43	0.026	0.17
Dioxin (g)	0.00004	0.00	0.141	0.05	0.001	0.00	0.00004	0.00	0.141	0.05	0.001	0.00
Air:												
Pb (kg)	1.160	1.43	-11.346	(13.96)	7.49	9.21	1.160	1.43	-11.346	(13.96)	7.49	9.21
Hg (kg)	0.00138	0.00	-0.216	(0.63)	0.134	0.39	0.00138	0.00	-0.216	(0.63)	0.134	0.39
Cd (kg)	0.122	0.28	0.042	0.10	10.72	24.55	0.122	0.28	0.042	0.10	10.72	24.55
Dioxin (g)	-	-	-	-	0.00119	35.00	-	-	-	-	0.00119	35.00
Jumlah												
Total HT (kg)		101.48		14,909.92		72.82		101.48		14,909.92		72.82
												15,084.22

Emisi	Skenario 4_2003					Skenario 4_2004						
	Pengomposan	HT	Insinerasi	HT	Landfill	HT	Pengomposan	HT	Insinerasi	HT	Landfill	HT
Udara:												
Pb (kg)	3.727	81.28	130.8	2,852.48	0.13	2.93	3.727	81.28	130.8	2,852.48	0.13	3.19
Hg (kg)	0.021	4.66	47.45	10,299.49	0.001	0.19	0.021	4.66	47.45	10,299.49	0.001	0.21
Cd (kg)	0.398	2.55	13.06	83.74	0.023	0.15	0.398	2.55	13.06	83.74	0.023	0.16
Dioxin (g)	0.00004	0.00	0.125	0.05	0.001	0.00	0.00004	0.00	0.136	0.05	0.001	0.00
Air:												
Pb (kg)	1.030	1.27	-10.061	(12.37)	6.64	8.17	1.030	1.27	-10.061	(13.50)	7.24	8.91
Hg (kg)	0.00123	0.00	-0.192	(0.56)	0.119	0.35	0.00123	0.00	-0.209	(0.61)	0.130	0.38
Cd (kg)	0.108	0.25	0.037	0.08	9.51	21.77	0.108	0.25	0.040	0.09	10.37	23.75
Dioxin (g)	-	-	-	-	0.00106	31.04	-	-	-	-	0.00115	33.86
Jumlah												
Total HT (kg)		90.01		13,222.91		64.58		98.17		14,424.23		70.45
												14,592.85

Keterangan: HT adalah potensi toksik (setara dengan kg 1,4 dichlorobenzene)

Lampiran 29. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 4 (Lanjutan)

Emisi	Skenario 4_2005					Skenario 4_2006					
	Pengomposan	HT	Insinerasi	HT	Landfill	HT	Insinerasi	HT	Landfill	HT	
Udara:											
Pb (kg)	3.727	81.28	130.8	2.852.48	0.13	2.93	130.8	2.852.48	0.13	2.93	
Hg (kg)	0.021	4.66	47.45	10,299.49	0.001	0.19	47.45	10,299.49	0.001	0.19	
Cd (kg)	0.398	2.55	13.06	83.74	0.023	0.15	13.06	83.74	0.023	0.15	
Dioxin (g)	0.00004	0.00	0.125	0.05	0.001	0.00	0.125	0.05	0.001	0.00	
Air:											
Pb (kg)	1.030	1.27	-10.061	(12.37)	6.64	8.17	-10.061	(12.37)	6.64	8.17	
Hg (kg)	0.00123	0.00	-0.192	(0.56)	0.119	0.35	-0.192	(0.56)	0.119	0.35	
Cd (kg)	0.108	0.25	0.037	0.08	9.51	21.77	0.037	0.08	9.51	21.77	
Dioxin (g)	-	-	-	-	0.00106	31.04	-	-	0.00106	31.04	
Jumlah		90.01		13,222.91		64.58		13,222.91		64.58	
Total HT (kg)				13,377.50		13,377.50		13,222.91		64.58	
										13,377.50	

Keterangan: HT adalah potensi toksik (setara dengan kg 1,4 dichlorobenzene)

(lanjutan) 5 oltuunqrs hadams unajploued wstis kskol tsuajol ungnunhnd jiseh 03 unjdumr

Lampiran 30. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 5

Emisi	Skenario 5_1997					Skenario 5_1998						
	Pra DaurUlang	HT	Pengomposan	HT	Landfill	HT	Pra DaurUlang	HT	Pengomposan	HT	Landfill	HT
Udara:												
Pb (kg)	0.369	8.05	3.832	83.58	0.42	9.09	0.451	9.85	4.687	102.21	0.51	11.10
Hg (kg)	0.002	0.48	0.022	4.79	0.003	0.64	0.003	0.59	0.027	5.85	0.004	0.78
Cd (kg)	0.039	0.25	0.409	2.62	0.166	1.07	0.048	0.31	0.500	3.21	0.203	1.30
Dioxin (g)	0.0000	0.00	0.00004	0.00	0.008	0.00	0.0000	0.00	0.00004	0.00	0.010	0.00
Air:												
Pb (kg)	0.103	0.13	1.059	1.30	15.42	18.96	0.125	0.15	1.293	1.59	18.85	23.19
Hg (kg)	0.0001	0.00	0.00126	0.00	0.276	0.81	0.0002	0.00	0.00154	0.00	0.338	0.99
Cd (kg)	0.011	0.02	0.111	0.25	22.06	50.52	0.013	0.03	0.136	0.31	26.98	61.79
Dioxin (g)	-	-	-	-	0.00245	72.03	-	-	-	-	0.00300	88.10
Jumlah		8.93		92.55		153.12		10.93		113.18		187.26
Total HT (kg)						254.61						314.37

Emisi	Skenario 5_1999					Skenario 5_2000						
	Pra DaurUlang	HT	Pengomposan	HT	Landfill	HT	Pra DaurUlang	HT	Pengomposan	HT	Landfill	HT
Udara:												
Pb (kg)	0.327	7.13	3.393	73.99	0.37	8.05	0.405	8.83	4.202	91.64	0.46	9.96
Hg (kg)	0.002	0.43	0.020	4.24	0.003	0.57	0.002	0.53	0.024	5.25	0.003	0.70
Cd (kg)	0.035	0.22	0.362	2.32	0.147	0.94	0.043	0.28	0.449	2.88	0.182	1.17
Dioxin (g)	0.0000	0.00	0.00004	0.00	0.007	0.00	0.0000	0.00	0.00004	0.00	0.009	0.00
Air:												
Pb (kg)	0.091	0.11	0.939	1.15	13.65	16.79	0.112	0.14	1.160	1.43	16.90	20.79
Hg (kg)	0.0001	0.00	0.00112	0.00	0.245	0.72	0.0002	0.00	0.00138	0.00	0.303	0.89
Cd (kg)	0.009	0.02	0.099	0.23	19.53	44.72	0.012	0.03	0.122	0.28	24.19	55.40
Dioxin (g)	-	-	-	-	0.00217	63.76	-	-	-	-	0.00269	78.98
Jumlah		7.91		81.94		135.56		9.80		101.48		167.89
Total HT (kg)						225.41						279.16

Keterangan: HT adalah potensi toksik (setara dengan kg 1,4 dichlorobenzene)

Lampiran 30. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 5

Lampiran 30. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 5 (Lanjutan)

Emisi	Skenario 5_2001					Skenario 5_2002						
	Pra DaurUlang	HT	Pengomposan	HT	Landfill	HT	Pra DaurUlang	HT	Pengomposan	HT	Landfill	HT
Udara:												
Pb (kg)	0.405	8.83	4.202	91.64	0.46	9.96	0.405	8.83	4.202	91.64	0.46	9.96
Hg (kg)	0.002	0.53	0.024	5.25	0.003	0.70	0.002	0.53	0.024	5.25	0.003	0.70
Cd (kg)	0.043	0.28	0.449	2.88	0.182	1.17	0.043	0.28	0.449	2.88	0.182	1.17
Dioxin (g)	0.0000	0.00	0.00004	0.00	0.009	0.00	0.0000	0.00	0.00004	0.00	0.009	0.00
Air:												
Pb (kg)	0.112	0.14	1.160	1.43	16.90	20.79	0.112	0.14	1.160	1.43	16.90	20.79
Hg (kg)	0.0002	0.00	0.00138	0.00	0.303	0.89	0.0002	0.00	0.00138	0.00	0.303	0.89
Cd (kg)	0.012	0.03	0.122	0.28	24.19	55.40	0.012	0.03	0.122	0.28	24.19	55.40
Dioxin (g)	-	-	-	-	0.00269	78.98	-	-	-	-	0.00269	78.98
Jumlah		9.80		101.48		167.89		9.80		101.48		167.89
Total HT (kg)						279.16						279.16

Emisi	Skenario 5_2003					Skenario 5_2004						
	Pra DaurUlang	HT	Pengomposan	HT	Landfill	HT	Pra DaurUlang	HT	Pengomposan	HT	Landfill	HT
Udara:												
Pb (kg)	0.359	7.83	3.727	81.28	0.41	8.84	0.392	8.54	4.065	88.66	0.44	9.64
Hg (kg)	0.002	0.47	0.021	4.66	0.003	0.63	0.002	0.51	0.023	5.08	0.003	0.68
Cd (kg)	0.038	0.25	0.398	2.55	0.162	1.04	0.042	0.27	0.434	2.78	0.176	1.13
Dioxin (g)	0.0000	0.00	0.00004	0.00	0.008	0.00	0.0000	0.00	0.00004	0.00	0.009	0.00
Air:												
Pb (kg)	0.100	0.12	1.030	1.27	14.99	18.44	0.109	0.13	1.123	1.38	16.35	20.11
Hg (kg)	0.0001	0.00	0.00123	0.00	0.269	0.79	0.0002	0.00	0.00134	0.00	0.293	0.86
Cd (kg)	0.010	0.02	0.108	0.25	21.45	49.13	0.011	0.03	0.118	0.27	23.40	53.59
Dioxin (g)	-	-	-	-	0.00238	70.04	-	-	-	-	0.00260	76.41
Jumlah		8.69		90.01		148.91		9.48		98.17		162.43
Total HT (kg)						247.60						270.08

Keterangan: HT adalah potensi toksik (setara dengan kg 1,4 dichlorobenzene)

Lampiran 30. Hasil Perhitungan Potensi Toksik Sistem Pengolahan Sampah Skenario 5 (Lanjutan)

Emisi	Skenario 5_2005					Skenario 5_2006						
	Pra DaurUlang	HT	Pengomposan	HT	Landfill	HT	Pra DaurUlang	HT	Pengomposan	HT	Landfill	HT
Udara:												
Pb (kg)	0.359	7.83	3.727	81.28	0.41	8.84	0.359	7.83	3.727	81.28	0.41	8.84
Hg (kg)	0.002	0.47	0.021	4.66	0.003	0.63	0.002	0.47	0.021	4.66	0.003	0.63
Cd (kg)	0.038	0.25	0.398	2.55	0.162	1.04	0.038	0.25	0.398	2.55	0.162	1.04
Dioxin (g)	0.0000	0.00	0.00004	0.00	0.008	0.00	0.00000	0.00	0.00004	0.00	0.008	0.00
Air:												
Pb (kg)	0.100	0.12	1.030	1.27	14.99	18.44	0.100	0.12	1.030	1.27	14.99	18.44
Hg (kg)	0.0001	0.00	0.00123	0.00	0.269	0.79	0.0001	0.00	0.00123	0.00	0.269	0.79
Cd (kg)	0.010	0.02	0.108	0.25	21.45	49.13	0.010	0.02	0.108	0.25	21.45	49.13
Dioxin (g)	-	-	-	-	0.00238	70.04	-	-	-	-	0.00238	70.04
Jumlah		8.69		90.01		148.91		8.69		90.01		148.91
Total HT (kg)						247.60						247.60

Keterangan: HT adalah potensi toksik (setara dengan kg 1,4 dichlorobenzene)

Lampiran 31. Hasil Analisis Regresi Dampak Lingkungan Potensial

1. Konsumsi Energi**Regression Analysis: Konsumsi Energi Sc-1 versus XL**

The regression equation is

$$\text{Konsumsi Energi Sc-1} = 924.5 + 0.02210 \text{ XL}$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	10819717	10819717	1.10695E+08	0.000
Error	8	1	0		
Total	9	10819718			

Regression Analysis: Kons. Energi Sc-2 versus XI, XL

The regression equation is

$$\text{Kons. Energi Sc-2} = 957 - 1.49 \text{ XI} - 27.2 \text{ XL}$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	5.78909E+11	2.89455E+11	4.81624E+09	0.000
Residual Error	7	421	60		
Total	9	5.78909E+11			

Regression Analysis: Kons. Energi Sc-3 versus XC, XL

The regression equation is

$$\text{Kons. Energi Sc-3} = 1849 - 0.000615 \text{ XC} + 0.154 \text{ XL}$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	74775825	37387913	2.20699E+09	0.000
Residual Error	7	0	0		
Total	9	74775826			

Regression Analysis: Kons. Energi Sc-4 versus XC, XI, XL

The regression equation is

$$\text{Kons. Energi Sc-4} = 1830 - 1.26 \text{ XC} - 0.882 \text{ XI} - 14.4 \text{ XL}$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	2.38946E+11	79648519459	5.45524E+09	0.000
Residual Error	6	88	15		
Total	9	2.38946E+11			

Regression Analysis: Kons. Energi Sc-5 versus XA, XC, XL

The regression equation is

$$\text{Kons. Energi Sc-5} = 1847 + 0.258 \text{ XSA} + 0.0019 \text{ XC} + 0.0054 \text{ XL}$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	86568986	28856329	1.02250E+09	0.000
Residual Error	6	0	0		
Total	9	86568986			

2. Potensi Pemanasan Global**Regression Analysis: CO_{2eq} Sc-1 versus XL**

The regression equation is
 $CO_{2eq} Sc-1 = 58.6 + 1.81 XL$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	72646464554	72646464554	3.48512E+09	0.000
Residual Error	8	167	21		
Total	9	72646464720			

Regression Analysis: CO_{2eq} Sc-2 versus XI, XL

The regression equation is
 $CO_{2eq} Sc-2 = 62.6 + 0.194 XI + 3.05 XL$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	7980553179	3990276590	1.15150E+10	0.000
Residual Error	7	2	0		
Total	9	7980553182			

Regression Analysis: CO_{2eq} Sc-3 versus XC, XL

The regression equation is
 $CO_{2eq} Sc-3 = 698 + 1.09 XC - 0.20 XL$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	8869807688	4434903844	484777.44	0.000
Residual Error	7	64038	9148		
Total	9	8869871726			

Regression Analysis: CO_{2eq} Sc-4 versus XC, XI, XL

The regression equation is
 $CO_{2eq} Sc-4 = 1621 - 38.3 XC - 28.0 XI + 235 XL$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	4944396476	1648132159	350443.17	0.000
Residual Error	6	28218	4703		
Total	9	4944424694			

Regression Analysis: CO_{2eq} Sc-5 versus XA, XC, XL

The regression equation is

$$\text{CO}_{2\text{eq}} \text{ Sc-5} = 1320 + 119 \text{ XSA} - 35.9 \text{ XC} - 25.9 \text{ XL}$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	7660751430	2553583810	898068.89	0.000
Residual Error	6	17060	2843		
Total	9	7660768490			

3. Potensi Toksik

Regression Analysis: HT Sc-1 versus XL

The regression equation is

$$\text{HT Sc-1} = 0.0750 + 0.000888 \text{ XL}$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	17466	17466	4.55167E+08	0.000
Residual Error	8	0	0		
Total	9	17466			

Regression Analysis: HT Sc-2 versus XI, XL

The regression equation is

$$\text{HT Sc-2} = -0.394 + 0.0228 \text{ XI} + 0.402 \text{ XL}$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	128987596	64493798	4.82677E+09	0.000
Residual Error	7	0	0		
Total	9	12898759			

Regression Analysis: HT Sc-3 versus XC, XL

The regression equation is

$$\text{HT Sc-3} = 0.192 - 0.000011 \text{ XC} + 0.00136 \text{ XL}$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	5802.6	2901.3	5.17655E+08	0.000
Residual Error	7	0.0	0.0		
Total	9	5802.6			

Regression Analysis: HT Sc-4 versus XC, XI, XL

The regression equation is

$$\text{HT Sc-4} = 44.6 - 1.41 \text{ XC} - 2.24 \text{ XI} + 11.5 \text{ XL}$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	16814560	5604853	333301.28	0.000
Residual Error	6	101	17		
Total	9	16814660			

Regression Analysis: HT Sc-5 versus XA, XC, XL


The regression equation is
 $HT\ Sc-5 = 0.179 - 0.00279\ XSA + 0.00151\ XC + 0.00107\ XL$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	5354.3	1784.8	6.78183E+08	0.000
Residual Error	6	0.0	0.0		
Total	9	5354.3			



Lampiran 32. Hasil Proyeksi Timbulan dan Komposisi Sampah Jakarta Barat Tahun 2016

LCA IWM 

MSW generation forecast for the City of Jakarta Barat

Waste fraction	Reference year			Assessment year			Avg. change per year	
	2005	2016		2016			(2005 - 2016)	
	Tons/yr	Kilocal/y	Mass %	Tons/yr	Kilocal/y	Mass %	Tons/yr	Kilocal/yr
Paper and cardboard	17400	77	0.5	52100	32	0.1	2.3%	1.8%
Glass	6700	0	1.7	10500	7	0.7	2.9%	1.6%
Metals	10400	7	2.1	12900	8	2.1	2.2%	1.7%
Plastics and composites	32400	39	10.9	64200	70	10.4	3.7%	1.8%
Organic waste	323800	240	85.4	317200	250	65.9	2.0%	1.8%
Textiles	20300	189	29.8	33300	326	23.8	2.6%	1.6%
Waste electrical	800	27	5.0	9700	20	6.5	2.2%	1.3%
Hazardous waste	0	0	0	0	0	0	0.0%	0.0%
WEEE	10000	16	2.0	12500	8	2.0	2.3%	1.8%
Other (non-bulky) materials	50500	32	10.1	62900	39	10.1	0.2%	1.8%
Bulky waste	0	0	0	0	0	0	0.0%	0.0%
Municipal solid waste	501900	321	100.0	623400	382	100.0	2.2%	1.8%



Lampiran 33. Proyeksi Timbulan dan Komposisi Sampah Jakarta Barat Tahun 2007-2016

Tahun	Jmlah Penduduk (jiwa)	Jumlah sampah (ton/tahun)		
		Organik	Anorganik	Total
2007	1,572,602	336,300	177,900	514,200
2008	1,579,258	344,700	182,300	527,000
2009	1,585,913	353,530	186,870	540,400
2010	1,592,568	362,820	191,780	554,600
2011	1,599,224	372,570	196,930	569,500
2012	1,605,879	377,645	207,155	584,800
2013	1,612,534	381,537	234,263	615,800
2014	1,619,190	383,204	235,296	618,500
2015	1,625,845	384,404	236,396	620,800
2016	1,632,500	384,860	238,240	623,100



Lampiran 35. Faktor *Compound Interest*

7%

Diketahui	PV	F	F	PV	A	A
Mencari	F	PV	A	A	F	PV
n	F/PV	PV/F	A/F	A/PV	F/A	PV/A
1	1.070	.9346	1.0000	1.0700	1.030	.935
2	1.145	.8734	.4831	.5531	2.070	1.808
3	1.225	.8163	.3111	.3811	3.215	3.387
4	1.311	.7629	.2252	.2952	4.440	3.387
5	1.403	.7130	.1739	.2439	5.751	4.100
6	1.501	.6663	.1398	.2098	7.153	4.767
7	1.606	.6227	.1156	.1856	8.654	5.389
8	1.718	.5820	.0975	.1675	10.260	5.971
9	1.838	.5439	.0835	.1535	11.978	6.515
10	1.967	.5083	.0724	.1424	13.816	7.024
11	2.105	.4751	.0634	.1334	15.784	7.499
12	2.252	.4440	.0559	.1259	17.888	7.943
13	2.410	.4150	.0497	.1197	20.141	8.358
14	2.579	.3878	.0443	.1143	22.550	8.745
15	2.759	.3624	.0398	.1098	25.129	9.108
16	2.952	.3387	.0359	.1059	27.888	9.447
17	3.159	.3166	.0324	.1024	30.840	9.763
18	3.380	.2959	.0294	.0994	33.999	10.059
19	3.617	.2765	.0268	.0968	37.379	10.336
20	3.870	.2584	.0244	.0944	40.995	10.594
21	4.141	.2415	.0223	.0923	44.865	10.836
22	4.430	.2257	.0204	.0904	49.006	11.061
23	4.741	.2109	.0187	.0887	53.436	11.272
24	5.072	.1971	.0172	.0872	58.177	11.469
25	5.427	.1842	.0158	.0858	63.249	11.654
26	5.807	.1722	.0146	.0846	68.676	11.826
27	6.214	.1609	.0134	.0834	74.484	11.987
28	6.649	.1504	.0124	.0824	80.698	12.137
29	7.114	.1406	.0114	.0814	87.347	12.278
30	7.612	.1314	.0106	.0806	94.461	12.409
31	8.145	.1228	.0098	.0798	102.073	12.532
32	8.715	.1147	.0091	.0791	110.218	12.647
33	9.325	.1072	.0084	.0784	118.933	12.754
34	9.978	.1002	.0078	.0778	128.259	12.854
35	10.677	.0937	.0072	.0772	138.237	12.948
40	14.974	.0668	.0050	.0750	199.635	13.332
45	21.002	.0476	.0035	.0735	285.749	13.606
50	29.457	.0339	.0025	.0725	406.529	13.801
55	41.315	.0242	.0017	.0717	575.929	13.940
60	57.946	.0137	.0012	.0712	813.520	14.039
65	81.273	.0023	.0009	.0709	1146.755	14.110
70	113.989	.0088	.0006	.0706	1614.134	14.160
75	159.876	.0063	.0004	.0704	2269.657	14.196
80	224.234	.0045	.0003	.0703	3189.063	14.222
85	314.500	.0032	.0002	.0702	4478.576	14.240
90	441.103	.0023	.0002	.0702	6287.185	14.253
95	618.670	.0016	.0001	.0701	8823.854	14.263
100	867.716	.0012	.0001	.0701	12381.662	14.269

Lampiran 36. Perhitungan Biaya Pengangkutan Sampah ke Fasilitas Pengolahan

NO.	URAIAN	ANALISIS BIAYA					
I	Spesifikasi kendaraan						
	Jenis						Tipper truck
	Kapasitas muat					20	m3
	Umur pakai					10	tahun
	Ritasi					4	rit/hari
	Volume angkut/bulan					2400	m3/bulan
II	Jarak ke fasilitas pengolahan					7	km
III	Biaya angkut/bulan						
a.	Biaya kendaraan						
1	Harga kendaraan	0.1424			339,825,000	4,032,590.00	dp: 10 tahun, ir: 7%
2	Pemeliharaan	1/12			21,239,063	1,769,922.00	
3	Bahan bakar	40	30		4,500	5,400,000.00	
4	Oli mesin	1/1	1/1	8	8,250	68,160.00	
5	Oli perseneling	1/4	1/1	5	9,720	12,150.00	
6	Oli gardan	1/4	1/1	5	12,840	16,050.00	
7	Oli hidrolik	1/2	1/1	4	25,875	51,750.00	
8	Minyak rem	1/12	1/1	2	15,000	2,500.00	
9	Ban	1/12	4		1,713,818	571,273.00	
10	Filter oli	1/8	1/12	5	27,500	1,432.00	
	Sub total					11,925,827.00	
b.	Biaya peralatan						
1	Sekop	0	1/12		15,000	-	
2	Cangkrang	0	1/4		17,500	-	
3	Keranjang loak	0	1/2		10,000	-	
4	Pengki	1	1/1		5,000	5,000.00	
5	Jala/terpal	1	1/6		95,000	15,833.00	
6	Sapu lidi	1	1/1		2,000	2,000.00	
	Sub total					22,833.00	
c.	Biaya personil						
1	Gaji supir	1	1		950,000	950,000.00	
2	Gaji kru (PHL)	2	30		20,000	1,200,000.00	
3	Kesra supir	1	1		225,000	225,000.00	
4	Pakaian dinas	1	1/12	3	75,000	18,750.00	
5	Jas hujan	1	1/12		15,000	1,250.00	
6	Sepatu boot	2	1/12		20,000	3,333.00	
7	Helm	0	1/12		12,500	-	
8	Masker	2	1/12		3,000	500.00	
9	Sarung tangan	2	1/12		7,500	1,250.00	
10	Rompi	2	1/12		30,000	5,000.00	
	Sub total					2,405,083.00	
IV	Rp./bulan					14,353,743.00	
V	Rp./m3					5,980.73	
VI	Rp./ton					20,932.54	

Lampiran 37. Perhitungan Biaya Pengangkutan Sampah ke Tempat Penimbunan Akhir (*Landfill*)

NO.	URAIAN	ANALISIS BIAYA				
I	Spesifikasi kendaraan:					
	Jenis truk					Tipper truck
	Kapasitas muat				20	m ³
	Ritasi				2	rit/hari
	Volume angkut/bulan				1200	m ³ /bulan
II	Jarak ke fasilitas <i>landfill</i>				40	km
III	Biaya angkut/bulan					
a.	Biaya kendaraan					
1	Harga kendaraan	0.1424			339,825,000	4,032,590.00 dp: 10 tahun, ir: 7%
2	Pemeliharaan	1/12			21,239,063	1,769,922.00
3	Bahan bakar	40	30		4,500	5,400,000.00
4	Oli mesin	1/1	1/1	8	8,250	68,160.00
5	Oli perseneling	1/4	1/1	5	9,720	12,150.00
6	Oli gardan	1/4	1/1	5	12,840	16,050.00
7	Oli hidrolik	1/2	1/1	4	25,875	51,750.00
8	Minyak rem	1/12	1/1	2	15,000	2,500.00
9	Ban	1/12	4		1,713,818	571,273.00
10	Filter oli	1/8	1/12	5	27,500	1,432.00
	Sub total					11,925,827.00
b.	Biaya peralatan					
1	Sekop	0	1/12		15,000	-
2	Cangkrang	0	1/4		17,500	-
3	Keranjang loak	0	1/2		10,000	-
4	Pengki	1	1/1		5,000	5,000.00
5	Jala/terpal	1	1/6		95,000	15,833.00
6	Sapu lidi	1	1/1		2,000	2,000.00
	Sub total					22,833.00
c.	Biaya personil					
1	Gaji supir (PNS)	1	1		950,000	950,000.00
2	Gaji kru (PHL)	2	30		20,000	1,200,000.00
3	Kesra supir	1	1		225,000	225,000.00
4	Pakaian dinas	1	1/12	3	75,000	18,750.00
5	Jas hujan	1	1/12		15,000	1,250.00
6	Sepatu boot	2	1/12		20,000	3,333.00
7	Helm	0	1/12		12,500	-
8	Masker	2	1/12		3,000	500.00
9	Sarung tangan	2	1/12		7,500	1,250.00
10	Rompi	2	1/12		30,000	5,000.00
	Sub total					2,405,083.00
III	Rp./bulan					14,353,743.00
IV	Rp./m ³					11,961.45
V	Rp./ton					41,865.08

Lampiran 38. Rincian biaya pengolahan dengan fasilitas *landfilling* (kapasitas 300,000 ton/tahun)

No.	Komponen Biaya	Biaya (Rp)	Keterangan	Faktor Compound Interest
A.	PENGELUARAN			
I.	Biaya investasi			
1.1.	Biaya lahan	12,166,830,709		
1.2.	Pengembangan lokasi	6,083,415,354	periode depresiasi (dp): 20 th, ir: 7%	0.0944
1.3.	Biaya konstruksi	27,027,000,000	dp: 20 th, ir: 7%	0.0944
1.4.	Pengumpul gas	2,709,000,000	dp: 20 th, ir: 7%	0.0944
1.5.	Instalasi teknis dan permesinan	6,424,000,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424
1.6.	Permesinan bergerak	4,995,000,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424
1.7.	Instalasi teknis kelistrikan	3,870,000,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424
	Sub total	63,275,246,063	<i>Equivalent annual discounted capital cost</i>	
II.	Biaya operasional & pemeliharaan			
2.1.	Konstruksi	1,887,300,000		
2.2.	Instalasi teknis dan permesinan	1,156,500,000		
2.3.	Permesinan bergerak	399,600,000		
2.4.	Instalasi teknik kelistrikan	96,300,000		
2.5.	Material pendukung	177,300,000		
2.6.	Tenaga kerja	109,881,000	12 orang; Rp. 10,988,000 (gaji tahunan)	
2.7.	Penjaga	18,306,000	2 orang, Rp. 10,988,000 (gaji tahunan)	
2.8.	Analisis	6,111,000		
2.9.	Listrik	274,082,500	644,900 kWh/th; Rp. 425/kWh	
2.10.	Bahan bakar	675,000,000	150 m ³ /th; Rp. 4,500/liter	
2.11.	Pengolahan lumpur	117,000,000	1.2 kg/m ³ air; 46.4 ton/th; Rp. 2,529,000/ton	
	Sub total	4,917,380,500		
	BIAYA TOTAL	22,642,717,618		
	Biaya/ton	75,089		

Lampiran 39. Rincian biaya pengolahan sampah dengan insinerasi (kapasitas 300,000 ton/tahun)

No.	Komponen Biaya	Biaya (Rp)		Keterangan	Faktor Compound Interest	
A.	PENGELUARAN					
I.	Biaya investasi					
1.1.	Lahan	210,000,000				210,000,000
1.2.	Biaya konstruksi	126,529,650,000		dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	18,017,822,160
1.3.	Instalasi teknis dan pemesian	407,979,000,000		dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	58,096,209,600
1.4.	Instalasi teknis kelistrikan	77,688,000,000		dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	11,062,771,200
	Sub total			<i>Equivalent annual discounted capital cost</i>		87,386,802,960
II.	Biaya operasional (Biaya tetap)					
2.1.	Konstruksi	1,977,300,000				
2.2.	Instalasi teknis dan pemesian	25,106,400,000				
2.3.	Instalasi teknis kelistrikan	2,988,000,000				
2.4.	Pengelolaan	2,576,700,000				
2.5.	Material pendukung	1,620,870,000				
2.6.	Tenaga kerja	900,000,000				
	Sub total	35,169,270,000				
	Biaya operasional (Biaya variabel)					
2.8.	Air proses	72,326,250				
2.9.	Gas	2,542,500,000				
2.10.	CaO	712,800,000				
2.11.	Ammonia	349,560,000				
2.12.	Pengolahan slag	10,989,225,000				
2.13.	Pengolahan abu	3,681,000,000				
2.14.	Pengolahan debu	6,580,080,000				
	Sub total	24,927,491,250				
B.	PEMASUKAN					
	Penjualan energi		73,391,191,710			
	BIAYA TOTAL NET		74,092,372,500			
	Biayakon		246,975			

Lampiran 40. Rincian biaya pengolahan dengan pengomposan (kapasitas 100,000 ton/tahun)

No.	Komponen Biaya	Biaya (Rp)	Keterangan	Faktor Compound Interest	
A.	PENGELUARAN				
I.	Biaya investasi				
1.1.	Lahan	2,684,500,000			2,684,500,000
1.2.	Bangunan proses	30,149,700,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	4,293,317,280
1.3.	Instalasi teknis dan permesinan	12,867,190,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	1,832,287,856
1.4.	Permesinan bergerak	2,745,000,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	390,888,000
1.5.	Instalasi teknis kelistrikan	8,659,000,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	1,233,041,600
	Sub total	54,420,890,000	<i>Equivalent annual discounted capital cost</i>		10,434,034,736
II.	Biaya operasional (Biaya tetap)				
2.1.	Bangunan proses	582,300,000			
2.2.	Instalasi teknis dan permesinan	1,394,100,000			
2.3.	Permesinan bergerak	147,600,000			
2.4.	Instalasi teknik kelistrikan	278,100,000			
2.5.	Pengelolaan	169,200,000			
2.6.	Material pendukung	120,600,000			
2.7.	Tenaga kerja	2,293,200,000			
	Sub total	4,985,100,000			
	Biaya operasional (Biaya variabel)				
2.8.	Listrik	1,215,000,000			
2.9.	Bahan bakar	108,900,000			
2.10.	Penanganan residu	3,295,009,830			
	Sub total	4,618,909,830			
B.	PEMASUKAN				
	Penjualan kompos jadi	10,170,000,000			
	BIAYA TOTAL NET	9,868,044,566			
	Biaya/ton	98,680			

Lampiran 41. Rincian biaya pengolahan pra daur ulang sampah (kapasitas 300,000 ton/tahun)

No.	Komponen Biaya	Biaya (Rp)	Keterangan	Faktor Compound Interest	
A.	PENGELUARAN				
I.	Biaya investasi	8,045,800,000			8,045,800,000
1.1.	Biaya lahan	25,401,600,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	3,617,187,840
1.2.	Sistem fasilitas daur ulang	5,510,400,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	784,680,960
1.3.	Main baler	5,136,000,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	731,366,400
1.4.	Wheeled loading shovel	5,136,000,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	252,902,400
1.5.	Forklift	1,776,000,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	61,516,800
1.6.	Jembatan timbang	432,000,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	3,785,333,760
1.7.	Biaya pekerjaan sipil	26,582,400,000	dp: 10 th, ir: 7%	0.1424	
	Sub total		<i>Equivalent annual discounted capital cost</i>		17,278,788,160
II.	Biaya operasional (Biaya tetap)				
2.1.	Pemeliharaan fasilitas	1,762,560,000			
2.2.	Pemeliharaan baler	1,355,520,000			
2.3.	Shovel	18,332,589,425			
2.4.	Jembatan timbang	21,600,000			
2.5.	Biaya listrik	2,096,032,000			
	Biaya air	1,284,120,000			
2.6.	Pemeliharaan bangunan/site	664,560,000			
2.7.	Tenaga kerja tetap	659,280,000			
	Sub total	26,176,261,425			
	Biaya operasional (Biaya variabel)				
2.8.	Tenaga kerja (PHL)	2,160,000,000			
	Sub total	2,160,000,000			
B.	PEMASUKAN				
	Penjualan bahan baku daur ulang	24,196,500,000			
	BIAYA TOTAL	21,418,549,585			
	Biayaton	71,395			

Lampiran 42. Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 1

Tahun	Jumlah sampah ke Landfill (ton)	Biaya Pengangkutan ke Landfill (Rp.)	Biaya Pengolahan Landfill (Rp)	Total Biaya Pengolahan Sampah Skenario 1
2007	514,200	21,526,983,000	38,610,763,800	60,137,746,800
2008	527,000	22,062,855,000	39,571,903,000	61,634,758,000
2009	540,400	22,623,846,000	40,578,095,600	63,201,941,600
2010	554,600	23,218,329,000	41,644,359,400	64,862,688,400
2011	569,500	23,842,117,500	42,763,185,500	66,605,303,000
2012	584,800	24,482,652,000	43,912,047,200	68,394,699,200
2013	615,800	25,780,467,000	46,239,806,200	72,020,273,200
2014	618,500	25,893,502,500	46,442,546,500	72,336,049,000
2015	620,800	25,989,792,000	46,615,251,200	72,605,043,200
2016	623,100	26,086,081,500	46,787,955,900	72,874,037,400

Lampiran 43. Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 2

Tahun	Jumlah sampah yang diinsinerasi (ton)	Biaya angkut ke fas. Insinerator (Rp)	Biaya Insinerasi (Rp)	Jml residu ke Landfill (ton)	Biaya Angkut ke Fasilitas Landfill	Biaya Pengolahan Landfill	Total Biaya Pengolahan Sampah Skenario 2
2007	514,200	10,763,748,600	126,994,545,000	68,440	2,865,260,109	5,139,126,151	145,762,679,861
2008	527,000	11,031,691,000	130,155,825,000	70,144	2,936,584,672	5,267,053,779	149,391,154,451
2009	540,400	11,312,193,200	133,465,290,000	71,928	3,011,252,574	5,400,978,014	153,189,713,788
2010	554,600	11,609,441,800	136,972,335,000	73,818	3,090,378,262	5,542,897,726	157,215,052,788
2011	569,500	11,921,343,500	140,662,262,500	75,801	3,173,404,511	5,691,813,480	161,438,823,991
2012	584,800	12,241,618,400	144,430,980,000	77,837	3,258,659,653	5,844,726,972	165,775,985,025
2013	615,800	12,890,541,400	152,087,205,000	81,963	3,431,398,829	6,154,551,695	174,563,696,924
2014	618,500	12,947,060,500	152,754,037,500	82,323	3,446,443,855	6,181,536,429	175,329,078,283
2015	620,800	12,996,206,400	153,322,080,000	82,629	3,459,259,987	6,204,523,424	175,981,069,811
2016	623,100	13,043,352,300	153,890,122,500	82,935	3,472,076,119	6,227,510,420	176,633,061,339

Lampiran 44. Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 3

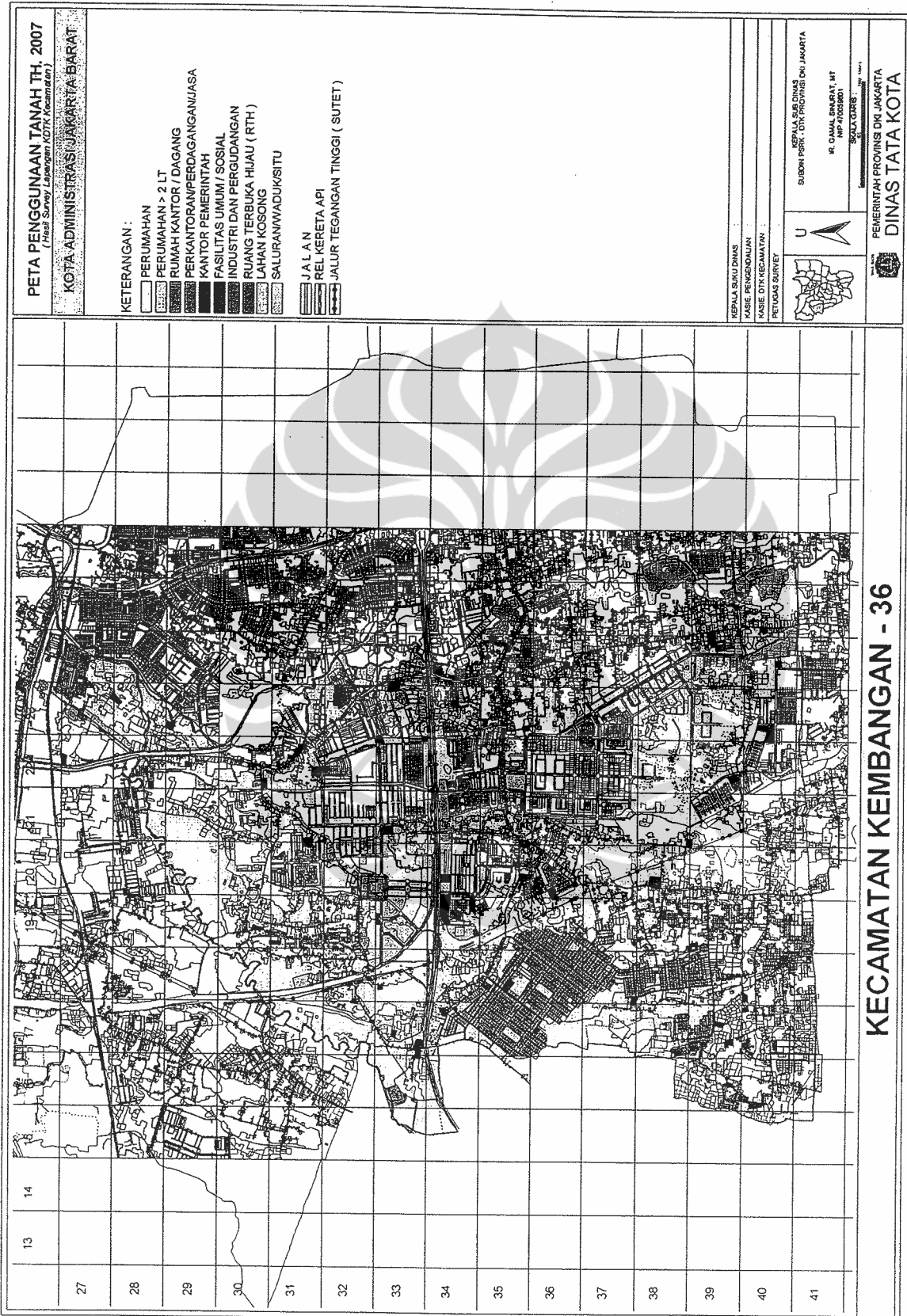
Tahun	Jmi sampah ke fas. pengolahan (ton)	Biaya pengangkutan sampah ke Fas. Pengolahan Rp/ton	Jumlah sampah yang dikomposkan (ton)	Biaya Pengomposan Sampah (Rp)	Sampah residu yang menuju Landfill (ton)	Biaya Pengangkutan ke Landfill (Rp)	Biaya Pengolahan Landfill (Rp)	Total Biaya Pengolahan Sampah Skenario 3
2007	514,200	7,039,767,900	336,300	33,253,344,000	195,546	8,186,547,273	14,683,378,674	63,163,037,847
2008	527,000	7,215,605,100	344,700	34,083,936,000	200,414	8,390,339,395	15,048,899,911	64,738,780,406
2009	540,400	7,400,443,490	353,530	34,957,046,400	205,510	8,603,684,272	15,431,554,957	66,392,729,119
2010	554,600	7,594,911,060	362,820	35,875,641,600	210,910	8,829,766,157	15,837,055,080	68,137,373,897
2011	569,500	7,799,007,810	372,570	36,839,721,600	216,577	9,066,992,923	16,262,544,646	69,968,266,979
2012	584,800	7,905,242,785	377,645	37,341,537,600	222,396	9,310,588,194	16,699,456,751	71,256,825,329
2013	615,800	7,986,714,021	381,537	37,726,378,560	234,185	9,804,147,238	17,584,703,498	73,101,943,318
2014	618,500	8,021,609,332	383,204	37,891,211,520	235,212	9,847,134,639	17,661,805,635	73,421,761,125
2015	620,800	8,046,728,932	384,404	38,009,867,520	236,086	9,883,753,536	17,727,485,232	73,667,835,220
2016	623,100	8,056,274,380	384,860	38,054,956,800	236,961	9,920,372,432	17,793,164,829	73,824,768,442

Lampiran 45. Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 4

Tahun	Jml sampah ke fas. pengolahan (ton)	Biaya angkut ke fas. Pengolahan (Rp)	Jml sampah yang diinsinerasi (ton)	Biaya Insinerasi (Rp)	Jumlah sampah yang dikomposkan (ton)	Biaya Pengolahan Kompos (Rp)	Jml residu ke landfill (ton)	Biaya pengangkutan residu (Rp/ton)	Biaya Pengolahan Landfill (Rp)	Total Biaya Landfill (Rp)	Total Biaya Pengolahan Sampah Skenario 4 (Rp)
2007	514.200	10.763.748.600	179.340	44.292.496.600	336.860	33.186.084.000	76.870	3.218.172.346	5.772.109.001	8.990.291.347	97.232.610.447
2008	527.000	11.031.691.000	183.780	45.359.065.600	344.700	34.014.996.000	78.784	3.238.285.210	5.915.795.311	9.214.094.522	99.649.837.022
2009	540.400	11.312.193.200	188.380	46.525.150.600	353.530	34.886.340.400	80.787	3.362.183.365	6.068.225.105	9.448.378.470	102.172.062.570
2010	554.600	11.609.441.800	193.330	47.747.676.750	362.820	35.803.077.600	82.910	3.471.028.573	6.225.831.543	9.698.650.116	104.656.656.286
2011	569.500	11.921.343.500	198.530	49.031.946.750	372.570	36.765.207.600	85.138	3.564.284.954	6.392.898.045	9.957.180.999	107.675.678.849
2012	584.800	12.241.618.400	203.860	50.348.323.600	377.645	37.286.006.600	87.425	3.660.044.862	6.564.650.869	10.224.695.731	110.080.646.231
2013	615.800	12.890.841.400	214.670	53.018.123.250	381.537	37.650.071.160	92.059	3.854.068.204	6.912.650.840	10.766.719.044	114.325.454.854
2014	618.500	12.947.060.500	215.610	53.250.279.750	383.204	37.814.570.720	92.463	3.870.967.012	6.942.960.514	10.813.927.526	115.230.195.029
2015	620.800	12.995.206.400	216.410	53.447.859.750	384.404	37.932.986.720	92.807	3.885.362.292	6.968.779.867	10.854.142.159	115.514.208.392
2016	623.100	13.043.352.300	217.020	53.598.514.600	384.860	37.977.984.800	93.151	3.899.787.572	6.994.599.220	10.894.386.792	115.814.208.392

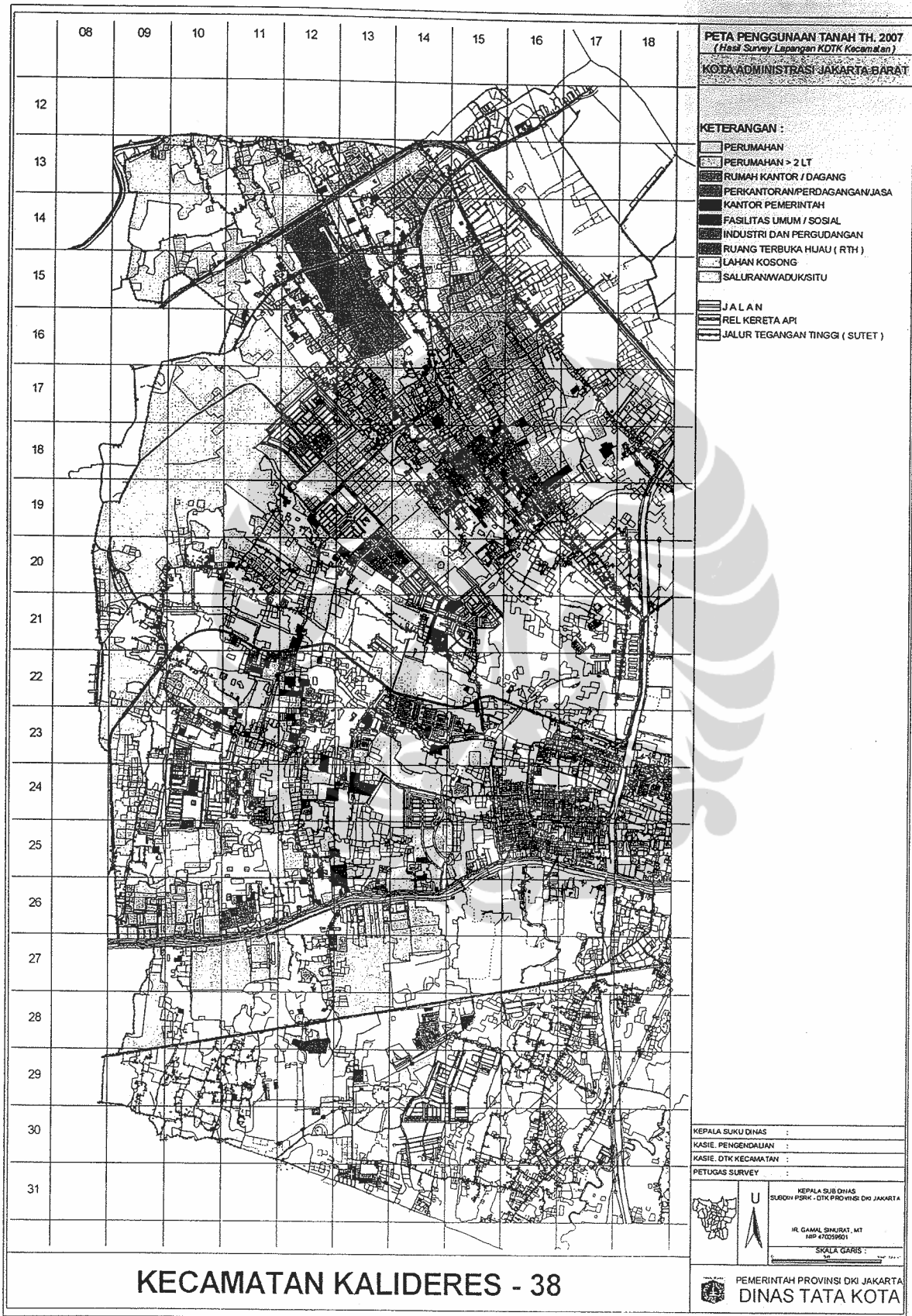
Lampiran 46. Perhitungan Biaya Sistem Pengolahan Sampah Kota Skenario 5

Tahun	Jml sampah ke fas. pengolahan (ton)	Biaya angkut ke fas. Pengolahan (Rp)	Jml sampah anorganik (ton)	Biaya pra daur ulang (Rp)	Jumlah sampah yang dikomposkan (ton)	Biaya Pengolahan Kompos (Rp.)	Jml residu ke landfill (ton)	Biaya-pengangkutan residu (Rp/ton)	Biaya Pengolahan Landfill (Rp)	Total Biaya Pengolahan Sampah Skenario 5 (Rp)
2007	514.200	10.763.748.600	120.875	8.629.870.625	336.300	33.186.084.000	75.201	3.148.289.865	5.646.767.989	61.374.760.979
2008	527.000	11.031.691.000	123.856	8.842.699.120	344.700	34.014.996.000	77.074	3.226.703.010	5.787.409.586	62.903.498.716
2009	540.400	11.312.193.200	126.941	9.062.952.695	353.530	34.886.340.400	79.037	3.308.884.005	5.934.809.293	64.505.179.593
2010	554.600	11.609.441.800	130.276	9.301.055.020	362.820	35.803.077.600	81.114	3.395.837.610	6.090.789.146	66.200.181.176
2011	569.500	11.921.343.500	133.775	9.550.866.125	372.570	36.785.207.600	83.294	3.487.103.310	6.254.463.166	67.978.983.701
2012	584.800	12.241.618.400	137.370	9.807.531.150	377.645	37.266.008.600	85.630	3.584.899.950	6.429.871.070	69.329.929.170
2013	615.800	12.890.541.400	144.652	10.327.429.540	381.537	37.650.071.160	90.065	3.770.571.225	6.762.890.785	71.401.504.110
2014	618.500	12.947.060.500	145.286	10.372.693.970	383.204	37.814.570.720	90.160	3.774.546.400	6.770.024.240	71.678.897.830
2015	620.800	12.995.206.400	145.826	10.411.247.270	384.404	37.932.986.720	90.796	3.801.174.540	6.817.780.844	71.958.395.774
2016	623.100	13.043.352.300	146.170	10.435.907.150	384.860	37.977.984.800	91.142	3.815.659.830	6.843.761.638	72.116.565.718

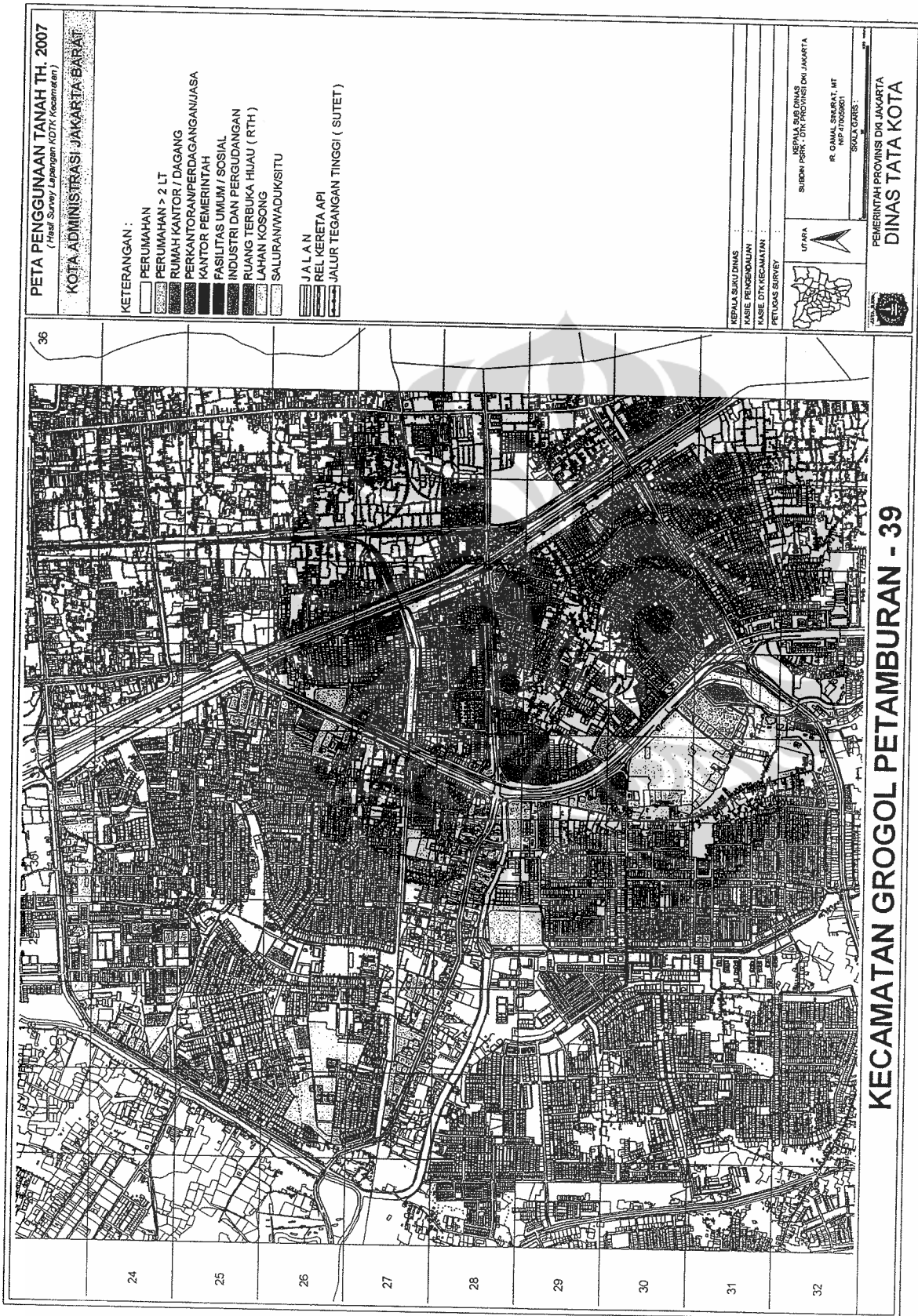


Lampiran 48. Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Kembangan, Jakarta Barat

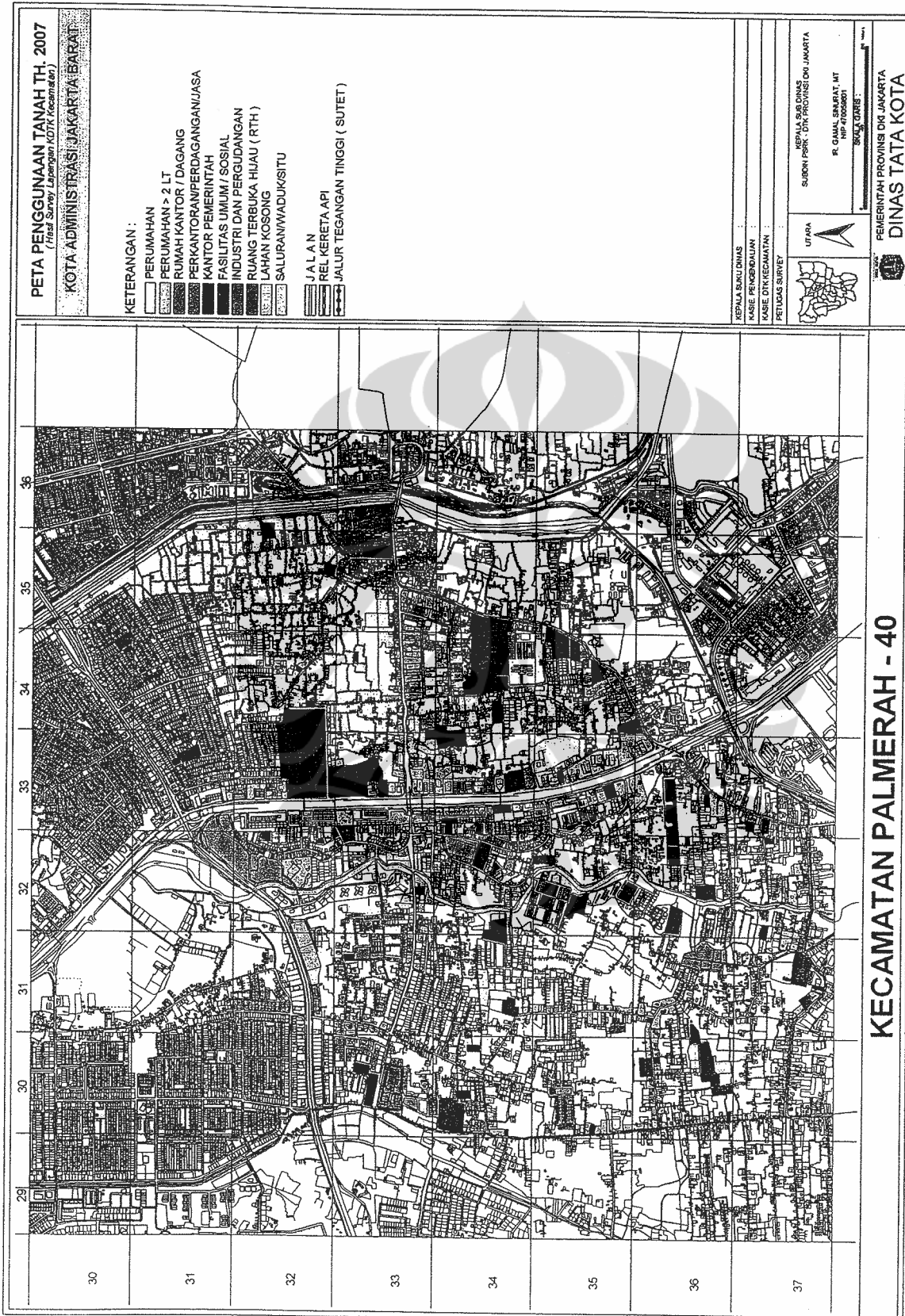
Lampiran 49. Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Cengkareng, Jakarta Barat



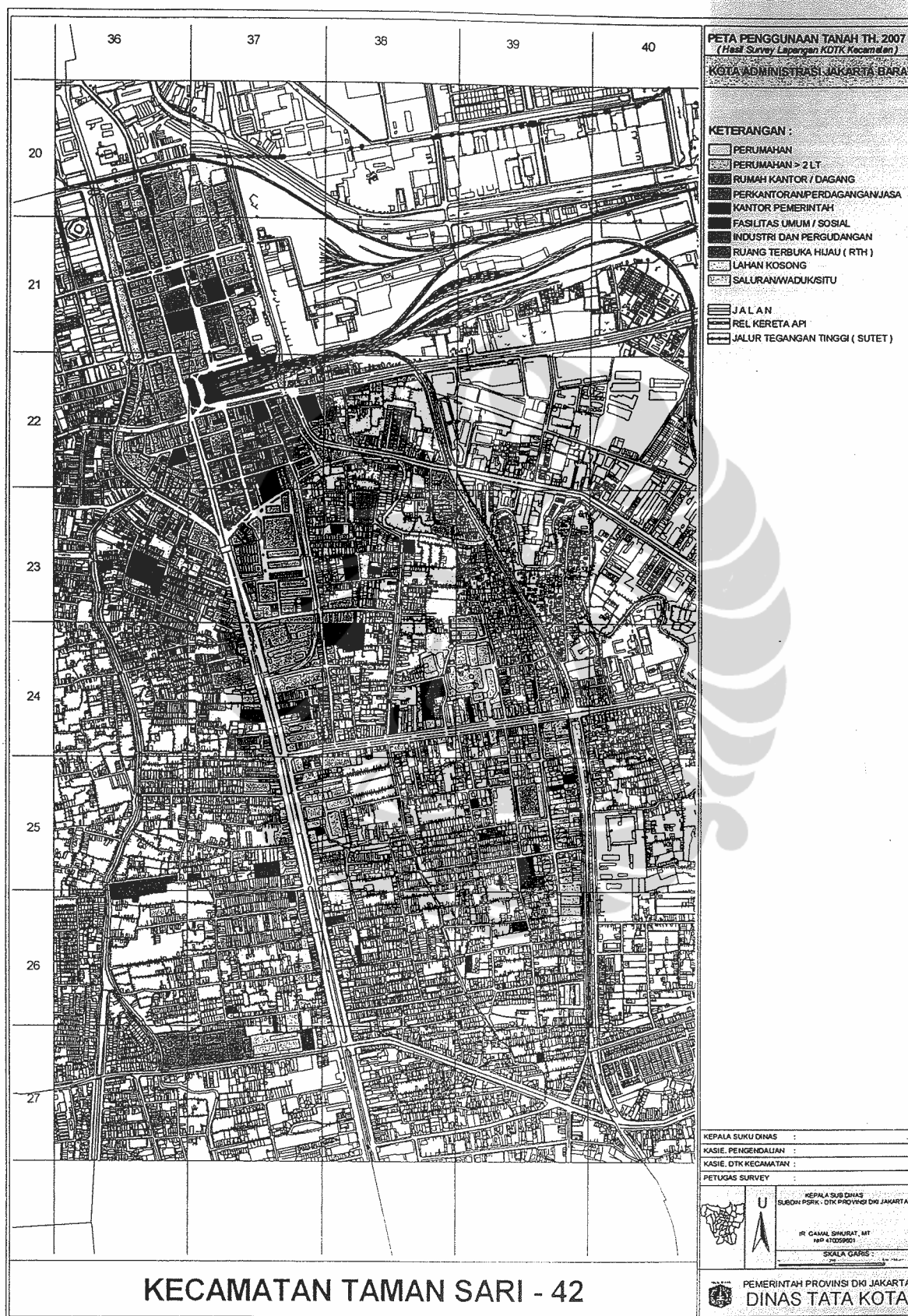
Lampiran 50. Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Kalideres, Jakarta Barat



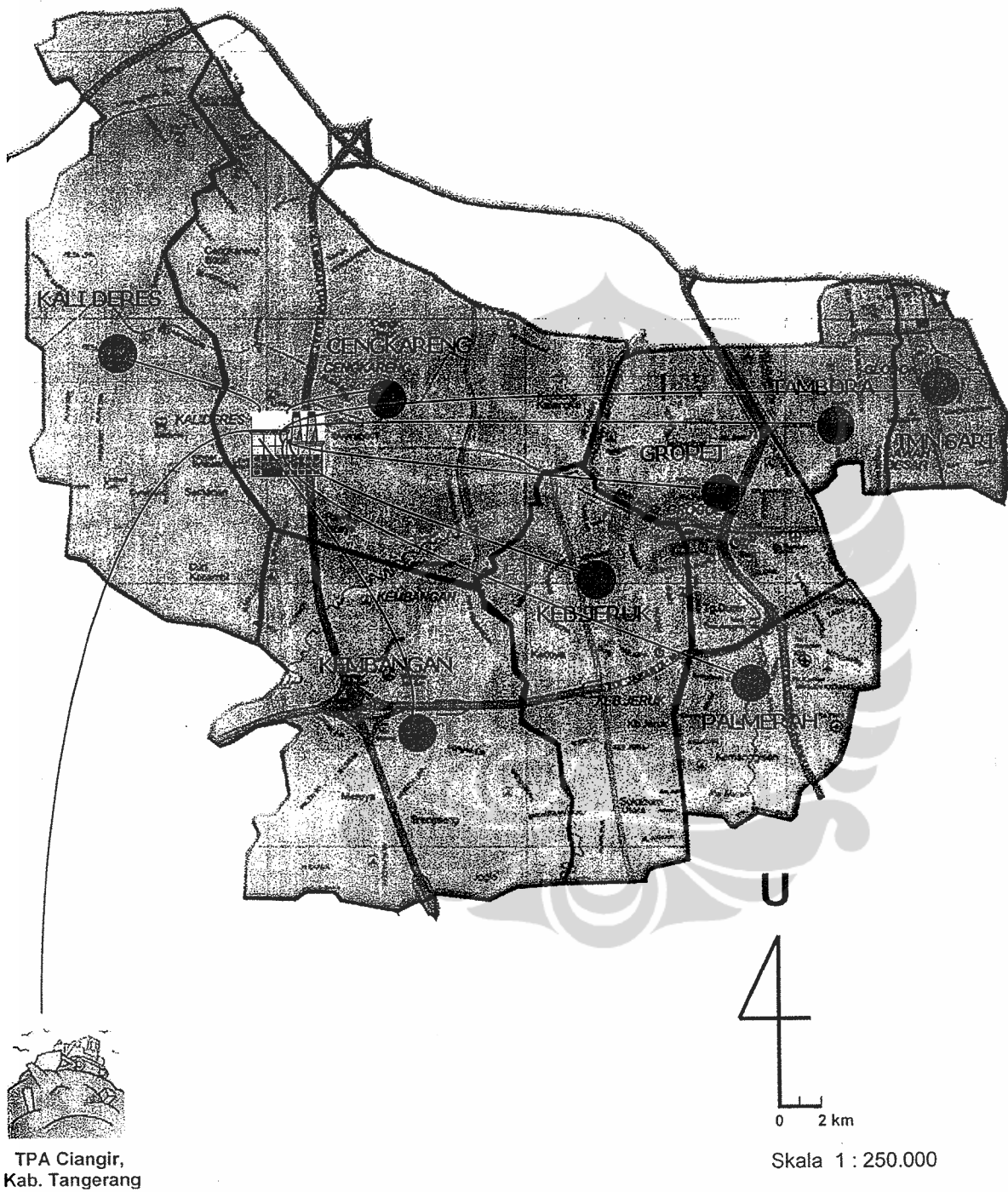
Lampiran 51. Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Grogol Petamburan, Jakarta Barat



Lampiran 52. Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Palmerah, Jakarta Barat



Lampiran 54. Peta Penggunaan Lahan di Kecamatan Taman Sari, Jakarta Barat



Lampiran 55. Peta Rencana Aliran Sampah dan Residu