



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI DAN KUANTIFIKASI EMISI PENCEMAR UDARA
AKIBAT PEMBAKARAN SAMPAH RUMAH TANGGA
SECARA TERBUKA DI KOTA DEPOK**

SKRIPSI

NIKNIK BESTAR

0806316751

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JULI 2012**

93/FT.TL.01/SKRIP/7/2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**STUDI DAN KUANTIFIKASI EMISI PENCEMAR UDARA
AKIBAT PEMBAKARAN SAMPAH RUMAH TANGGA
SECARA TERBUKA DI KOTA DEPOK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

NIKNIK BESTAR

0806316751

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JULI 2012**

93/FT.TL.01/SKRIP/7/2012



UNIVERSITY OF INDONESIA

**STUDY AND QUANTIFICATION OF AIR POLLUTANTS
EMITTED DUE TO OPEN BURNING OF HOUSEHOLD
SOLID WASTE IN DEPOK CITY**

UNDERGRADUATE THESIS

Proposed as a requirement to get Bachelor Degree

NIKNIK BESTAR

0806316751


**FACULTY OF ENGINEERING
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JULY 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Niknik Bestar

NPM : 0806316751

Tanda Tangan : 

Tanggal : 5 Juli 2012



STATEMENT OF ORIGINALITY

**This final report is the result of my own work,
and all the sources which is quoted or referred
I have stated correctly.**

Name : Niknik Bestar

NPM : 0806316751

Signature : 

Date : July, 5 2012



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Niknik Bestar
NPM : 0806316751
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi :

Studi dan Kuantifikasi Emisi Pencemar Udara Akibat
Pembakaran Sampah Rumah Tangga Secara Terbuka di Kota Depok

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

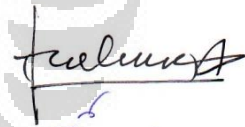
DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Ir. Gabriel S. B. Andari, M. Eng., PhD

Pembimbing 2 : Ir. Irma Gusniani, M. Sc

Penguji 1 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, M. Eng

Penguji 2 : Ir. El Khobar M. Nazech, M. Eng



(Irma Gusniani)



Ditetapkan di : Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Indonesia, Depok

Tanggal : 5 Juli 2012

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report submitted by:

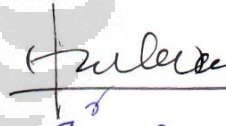
Name : Niknik Bestar
Student Number : 0806316751
Study Program : Environmental Engineering
Title :

Study and Quantification of Air Pollutants Emitted
Due to Open Burning of Household Solid Waste In Depok City

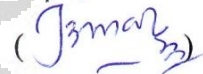
Has been successfully defended in front of the examiner and was accepted as part of the necessary requirement to obtain Engineer Bachelor Degree in Environmental Engineering Program Study, Faculty of Engineering, University of Indonesia

COUNCIL EXAMINERS

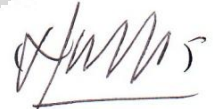
Counselor 1 : Ir. Gabriel S. B. Andari, M. Eng., PhD



Counselor 2 : Ir. Irma Gusniani, M. Sc



Examiner 1 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, M. Eng



Examiner 2 : Ir. El Khobar M. Nazech, M. Eng



Decided at : Civil Engineering Department, Faculty of Engineering,
University of Indonesia, Depok

Date : July, 5 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat mendapat gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Lingkungan. Skripsi ini tentunya dapat selesai dengan adanya bantuan serta dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Orang tua (Endang Setyawati dan Fendy Karta), serta keluarga (Pakde Heri, Tante Enny, Pakde Tig, Sakukong, Pakde To, Bude Tutik) yang senantiasa memberikan dukungan moril maupun materil
2. Ketua Departemen Teknik Sipil FTUI, yaitu Prof. Dr. Ir. Irwan Katili DEA
3. Pembimbing skripsi, yaitu Ir. Gabriel S. B. Andari M.Eng., PhD dan Ir. Irma Gusniani, M. Sc atas segala bimbingan, arahan, dan dukungannya
4. Dr. Ir. Djoko M. Hartono, M. Eng dan Ir. El Khobar M. Nazech, M. Eng selaku dewan penguji
5. Adik dan teman-teman yang telah sangat membantu proses sampling di lapangan, Nikita, Niko, Ka Salman Farisi, Amelia, Yudithia, Made, Yuliana, Laras, Aristiati, Tagor, dan Tatika
6. Wisnu Indrajit yang telah memberi dukungan tenaga, waktu, dan moril dalam tugas akhir ini
7. Sahabat-sahabat saya di Fakultas Teknik UI yang telah banyak memberikan bantuan, dukungan dan semangat, Argo, Farisatul, Gardina, Afimonika, Amirah, Dahlia, Farlisa, Arina, Oghie, Faza, Ka Tri Astuti Ramandhani
8. Laboran Laboratorium Teknik Penyehatan Lingkungan, Mba Diah dan Mba Licka
9. Sahabat-sahabat seperjuangan Ms. Putri, Laras, Latifah, Maryam, Intan, Nina, Srim, Rossa
10. Sahabat seperjuangan di Teknik Lingkungan ITB, Huliska yang telah memberi semangat dan berbagi wawasan di bidang keilmuan teknik lingkungan

11. Bang Juli, Bang Dudi, Bang Ali, Bang Jamal, Pak Adi, Pak Nana, Pak Rahman, Pak Anda, Bu Anda, Pak Bambang, yang telah banyak membantu dalam proses pemilahan dan pengambilan sampel sampah
12. Warga Kp. Kukusan, Kelurahan Beji, Depok, warga Perumahan Griya Rahmani 2, khususnya Pak Fatur dan keluarga, serta warga Perumahan Pesona Khayangan yang telah bersedia menjadi responden dalam proses pengambilan sampah
13. Pak Rustam, Pak Dayat, Mba Atun, Tante Las, Eyang Gumiyarso yang telah memberi doa dan semangat
14. Teman-teman seperjuangan Departemen Teknik Sipil 2008 yang tidak henti-hentinya memberikan semangat dan dukungan moril dalam penyelesaian skripsi ini

Penulis menyadari skripsi ini tidak luput dari kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu saran dan masukan demi perbaikan ke depan sangat diperlukan. Semoga skripsi ini dapat memberikan kontribusi dan manfaat bagi banyak pihak, khususnya bagi perkembangan ilmu dan pengetahuan di bidang teknik lingkungan.

Depok, Juli 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Niknik Bestar
NPM : 0806316751
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Jenis Karya : Skripsi

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

**STUDI DAN KUANTIFIKASI EMISI PENCEMAR UDARA AKIBAT
PEMBAKARAN SAMPAH RUMAH TANGGA SECARA TERBUKA DI
KOTA DEPOK**


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 mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dari sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan saya ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 5 Juli 2012

Yang Menyatakan



(Niknik Bestar)

ABSTRAK

Nama : Niknik Bestar
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Studi dan Kuantifikasi Emisi Pencemar Udara Akibat Pembakaran Sampah Rumah Tangga Secara Terbuka di Kota Depok

Sampah rumah tangga memerlukan penanganan khusus agar tidak menjadi masalah. Pelayanan persampahan Kota Depok baru mencapai 36,4% (2010), sehingga kegiatan pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka masih dilakukan. Berdasarkan penelitian U.S. EPA, 2001, ditemukan bahwa dampak kegiatan ini adalah lepasnya emisi pencemar udara. Tujuan penelitian ini untuk memprediksi beban emisi total dari CO, CH₄, NO_x, SO_x yang dihasilkan Kota Depok. Metode penghitungan beban emisi dengan data sekunder faktor emisi, mengambil 30 sampel secara acak untuk pengukuran komposisi dan timbulan sampah di Kota Depok, serta 100 kuisioner untuk penghitungan kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah. Berdasarkan penghitungan yang didapatkan, nilai frekuensi pembakaran sampah dan persentase penduduk membakar sampah berdasarkan luas lantai kelompok rumah adalah sebesar 1,467 kali per minggu dan 30% untuk kelompok rumah A, 1,022 kali per minggu dan 28,26% untuk kelompok rumah B, serta 0,417 kali per minggu dan 12,50% untuk kelompok rumah C. Beban emisi CO dan CH₄ di Kota Depok berdasarkan penghitungan dengan faktor emisi U.S. EPA dan Swesty sebesar 307,125 dan 1.838,592 ton/tahun, 46,972 dan 92,085 ton/tahun. Untuk emisi NO_x, SO_x dengan faktor emisi U.S. EPA dan Yudison masing-masing adalah 21,679 dan 25,225 ton/tahun, 3,613 dan 66,519 ton/tahun.

Kata Kunci : pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka, beban emisi, CO, CH₄, NO_x, SO_x

ABSTRACT

Name : Niknik Bestar
Major : Environmental Engineering
Title : Study and Quantification of Air Pollutants Emitted Due to Open Burning of Household Solid Waste In Depok City

Domestic waste needs specific handling in order to prevent any problems. Total waste service in Depok has only reached about 36.4% (2010). Consequently, some households burn their waste to solve the problem. U.S. EPA found that the effects from this activity can release some pollutants to ambient. The purpose of this research is to predict total emission of CO, CH₄, NO_x, SO_x in Depok. The method based on emission factors secondary data, random sampling from 30 houses to measure the composition and waste generation in Depok, then 100 questionnaires to obtain the percentage and frequency from open burning of household solid waste. It obtained that the percentage and frequency from open burning of household solid waste is 1.467 per week and 30.00% for home group A, 1.022 per week and 28.26% for home group B, then 0.417 per week and 12.50% for home group C. Total emission of CO and CH₄ in Depok based on calculation with U.S. EPA and Swesty emission factors are : 307.125 and 1,838.592 ton/year, 46.972 and 92.085 ton/year. Total emission of NO_x and SO_x based on calculation with U.S. EPA and Yudison emission factors are : 21.679 and 25.225 ton/year, 3.613 and 66.519 ton/year.

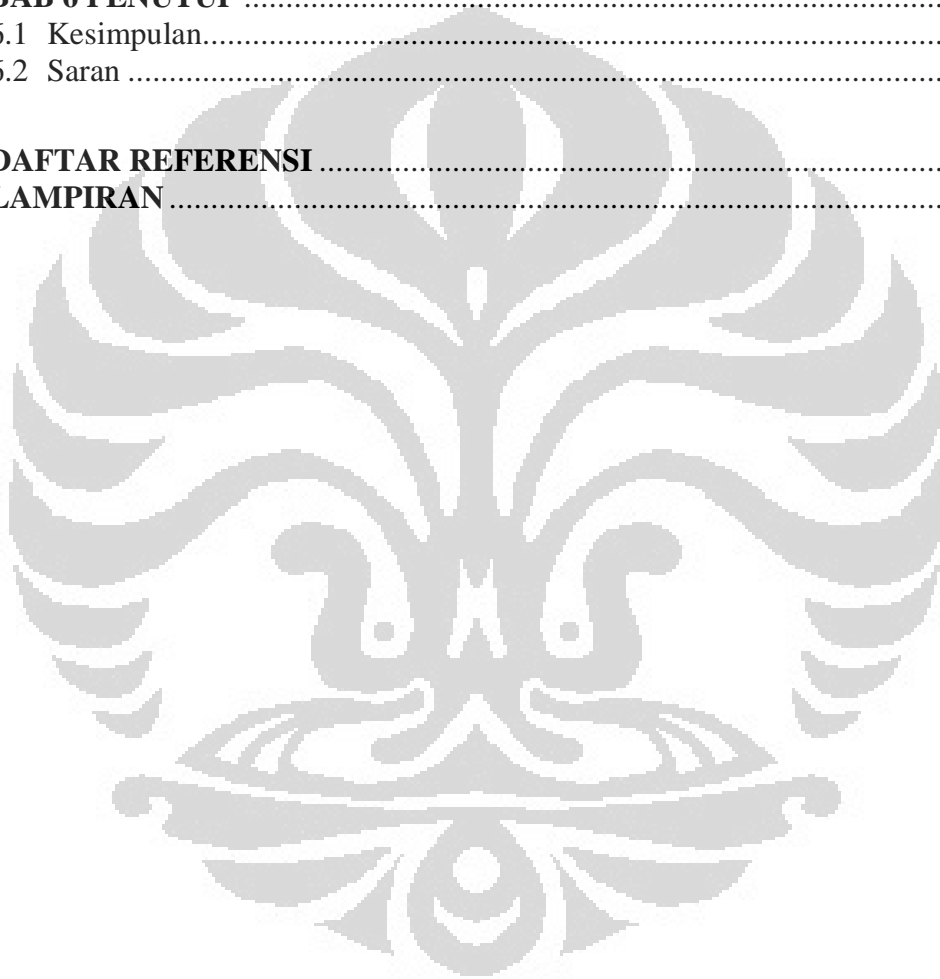
Keywords - open burning of household solid waste, total emission, CO, CH₄, NO_x, SO_x

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
STATEMENT OF ORIGINALITY	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
STATEMENT OF LEGITIMATION	vi
KATA PENGANTAR	vii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metodologi Penelitian	5
1.6.1 Studi Literatur	5
1.6.2 Pengumpulan Data.....	5
1.6.3 Pengolahan Data.....	6
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Sampah Rumah Tangga	8
2.2 Timbulan Sampah.....	8
2.3 Komposisi Sampah	11
2.4 Karakteristik Sampah.....	12
2.4.1 Karakteristik Fisik	12
2.4.2 Karakteristik kimia	13
2.5 Pembakaran Sampah Terbuka	13
2.6 Beban Emisi	15
2.6.1 Faktor emisi (<i>emission factor</i>)	16
2.6.2 Faktor aktivitas (<i>activity factor</i>).....	19
2.6.3 Komposisi, karakteristik dan berat total sampah yang dibakar.....	19
2.7 Sulfur Oksida.....	20
2.8 Karbon Monoksida	22
2.9 Metana.....	24
2.10 Nitrogen Oksida.....	25
2.11 <i>Global Warming Potential</i> dan <i>Potential Acid Equivalent Index</i>	29
BAB 3 METODE PENELITIAN	32

3.1	Deskripsi Umum.....	32
3.2	Tujuan Penelitian.....	32
3.3	Ruang Lingkup Penelitian.....	32
3.4	Studi Literatur.....	34
3.5	Teknik Sampling.....	34
3.6	Lokasi Sampling.....	35
3.7	Penentuan Jumlah dan Populasi Sampel.....	35
3.8	Penentuan Waktu Sampling.....	37
3.9	Pemilihan Alat.....	37
3.10	Pengambilan Data.....	37
3.10.1	Data Primer.....	37
3.10.1.1	Karakterisasi Sampah.....	37
3.10.1.2	Kuisisioner.....	39
3.10.2	Data Sekunder.....	39
3.11	Pengolahan Data.....	40
3.12	Analisis Data.....	40
3.13	Kesimpulan dan Saran.....	40
BAB 4 GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI.....		41
4.1	Pengelolaan Sampah Kota Depok.....	41
4.1.1	Subsistem kelembagaan dan organisasi.....	41
4.1.2	Subsistem teknik operasional.....	42
4.1.3	Subsistem peraturan.....	45
4.1.4	Subsistem Pembiayaan.....	46
4.1.4.1	Sumber Dana.....	47
4.1.4.2	Retribusi.....	47
4.1.5	Subsistem peran serta masyarakat.....	49
4.2	Timbulan dan Karakteristik Sampah Kota Depok.....	51
4.2.1	Timbulan Sampah Kota Depok.....	51
4.2.2	Karakteristik Sampah Kota Depok.....	52
4.3	Pembakaran Sampah Rumah Tangga Secara Terbuka di Kota Depok.....	53
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		56
5.1	Pengelompokkan Rumah.....	56
5.2	Hasil Pengolahan dan Analisis Data Timbulan.....	56
5.2.1	Timbulan Kelompok Rumah A.....	57
5.2.2	Timbulan Kelompok Rumah B.....	58
5.2.3	Timbulan Kelompok Rumah C.....	59
5.2.4	Perbandingan Timbulan Kelompok Rumah A, B, dan C.....	60
5.2.5	Timbulan Kota Depok.....	61
5.3	Hasil Pengolahan dan Analisis Data Komposisi Sampah.....	63
5.3.1	Komposisi Sampah Rumah A.....	64
5.3.2	Komposisi Sampah Rumah B.....	65
5.3.3	Komposisi Sampah Rumah C.....	67
5.3.4	Perbandingan Komposisi Sampah Kelompok Rumah A, B, dan C.....	69
5.3.5	Komposisi Sampah Kota Depok.....	71

5.4 Hasil Pengolahan dan Analisis Data Kuantitas dan Frekuensi Pembakaran Sampah Kota Depok	75
5.5 Analisis Beban Emisi Untuk Setiap Kelompok Rumah dan Kota Depok	78
5.6 Analisis <i>Global Warming Potential</i> dan <i>Potential Acid Equivalent</i>	88
5.6.1 SO _x	91
5.6.2 CO	91
5.6.3 CH ₄	92
5.6.4 NO _x	92
5.7 Potensi Pengurangan Emisi	93
BAB 6 PENUTUP	96
6.1 Kesimpulan	96
6.2 Saran	97
DAFTAR REFERENSI	98
LAMPIRAN	103



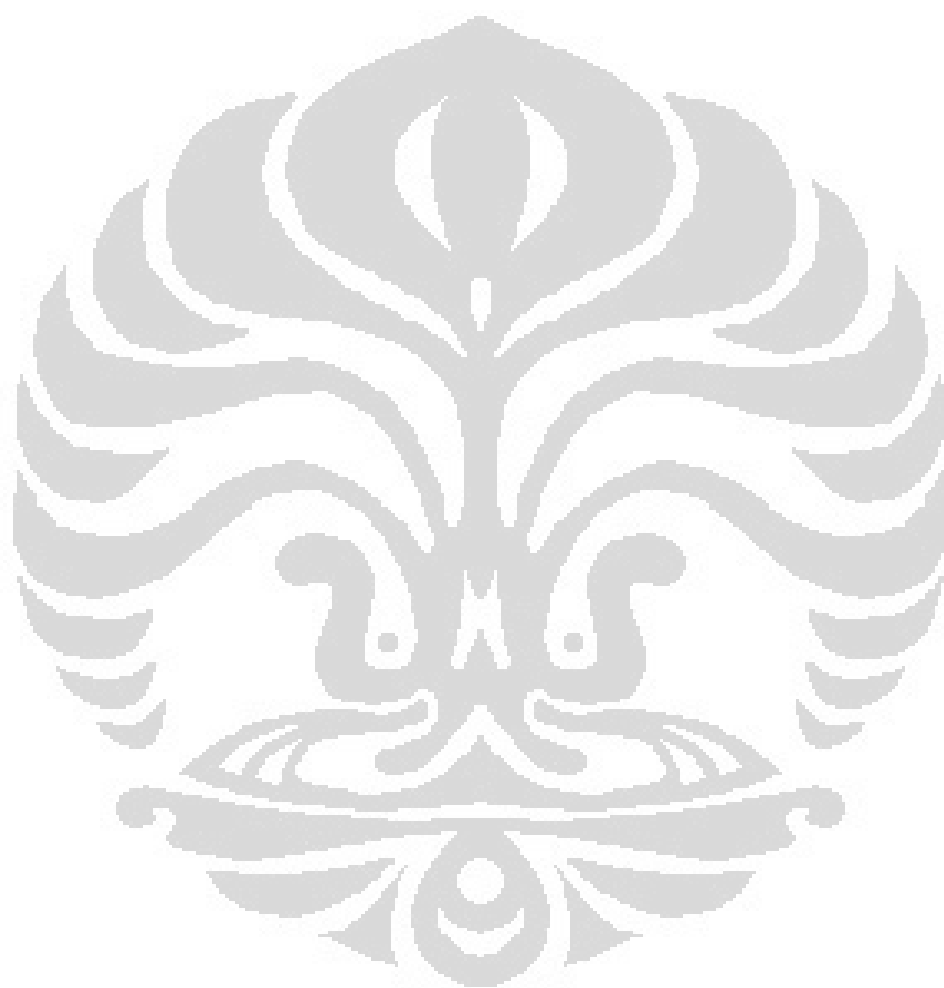
DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Algoritma Penelitian	33
Gambar 4.1 Struktur Instansi Pengelola Persampahan di Kota Depok	42
Gambar 4.2 Diagram Pengelolaan Sampah Kota Depok.....	43
Gambar 4.3 Target dan Realisasi Retribusi Persampahan Kota Depok.....	47
Gambar 4.4 Pemilahan Sampah Kota Depok.....	50
Gambar 4.5 Grafik Komposisi Sampah Perumahan Mewah Kota Depok.....	52
Gambar 4.6 Grafik Komposisi Sampah Perumahan Menengah Kota Depok	52
Gambar 4.7 Grafik Komposisi Sampah Perumahan Sederhana Kota Depok	53
Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Timbulan Ketiga Kelompok Rumah.....	60
Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Komposisi Berat Sampah Ketiga Kelompok Rumah	69
Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Komposisi Berat Sampah Ketiga Kelompok Rumah	70
Gambar 5.4 Grafik Komposisi Sampah Kota Depok Tahun 2010-2011	72
Gambar 5.5 Grafik Perbandingan Komposisi Sampah di Beberapa Kota Besar di Asia dan Depok	74
Gambar 5.6 Grafik Perbandingan Komposisi Sampah di Amerika Serikat dan Depok.....	75
Gambar 5.7 Grafik Persentase Penduduk Membakar Sampah.....	76
Gambar 5.8 Grafik Frekuensi Pembakaran Sampah.....	77
Gambar 5.9 Grafik Beban Emisi Berdasarkan Faktor Emisi U.S. EPA	81
Gambar 5.10 Grafik Beban Emisi Berdasarkan Faktor Emisi Swesty dan Yudison	81

DAFTAR TABEL

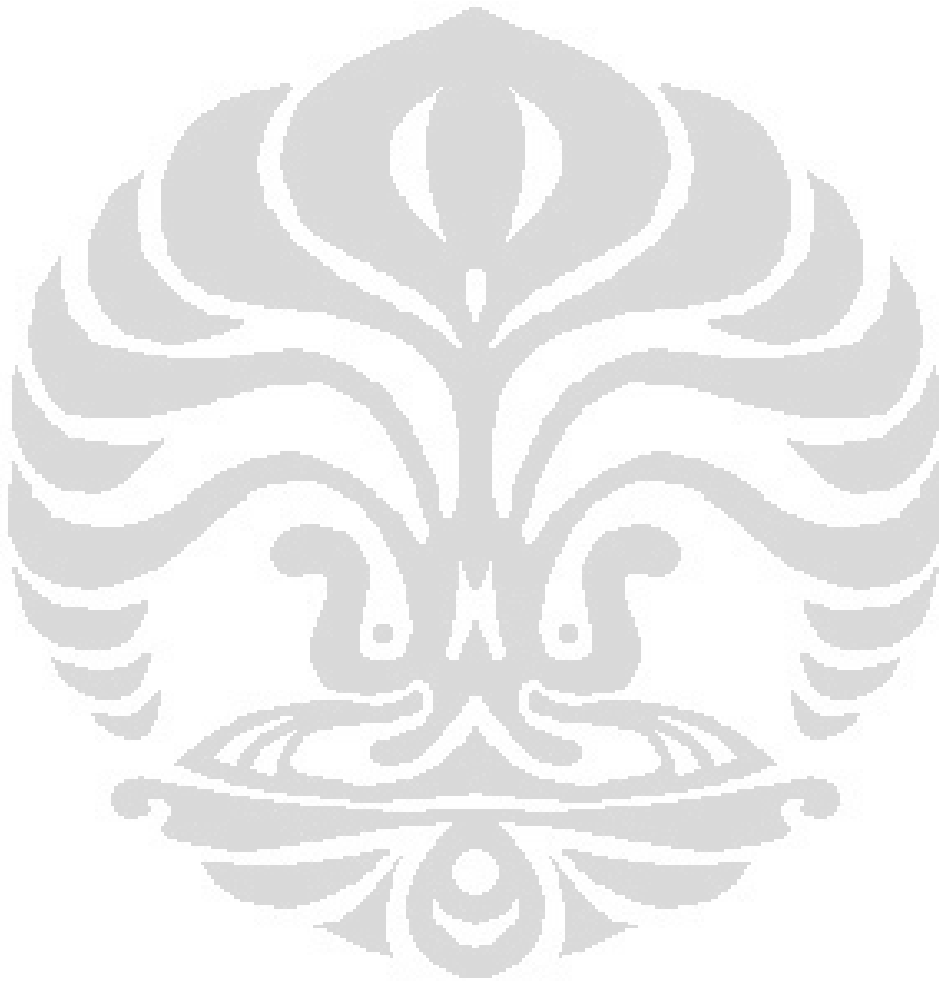
Tabel 2.1 Tipikal Komposisi Sampah Pemukiman (% Berat Basah)	10
Tabel 2.2 Perbandingan Timbulan Sampah Pada Perumahan Sederhana, Menengah, Mewah.....	10
Tabel 2.3 Faktor Emisi Pembakaran Sampah Secara Terbuka U.S. EPA	17
Tabel 2.4 Perbandingan Faktor Emisi Dari Berbagai Sumber	18
Tabel 2.5 Standard Referensi dan Panduan Level Ambien Untuk Sulfur Dioksida	22
Tabel 2.6 Bentuk-Bentuk NO _x	28
Tabel 2.7 Analisis Komponen Elemen Sampah Domestik (wt.%).....	28
Tabel 2.8 Standard Referensi dan Panduan Level Ambien Untuk Nitrogen Dioksida	29
Tabel 3.1 Proyeksi Jumlah Penduduk Kota Depok Tahun 2012.....	36
Tabel 3.2 Penentuan Jumlah Sampel	36
Tabel 3.3 Jumlah Sampel Rumah Tangga.....	37
Tabel 3.4 Penentuan Jumlah Sampel Kuisisioner	39
Tabel 4.1 Unsur Kelembagaan Pengelolaan Persampahan Kota Depok	41
Tabel 4.2 Fasilitas Sarana dan Prasarana Persampahan di Kota Depok	45
Tabel 4.3 Alokasi Anggaran Sektor Persampahan Kota Depok 2007-2011	49
Tabel 4.4 Kegiatan untuk Mendorong Partisipasi Masyarakat dalam Pelaksanaan 3R.....	49
Tabel 4.5 Jumlah Penduduk dan Perkiraan Timbulan Sampah Setiap Hari	51
Tabel 4.6 Jumlah Rumah Tangga Menurut Cara Pembuangan Sampah	53
Tabel 4.7 Pengelolaan Sampah Rumah Tangga per Kecamatan	55
Tabel 5.1 Timbulan Sampah Kelompok Rumah A	57
Tabel 5.2 Timbulan Sampah Kelompok Rumah B.....	58
Tabel 5.3 Timbulan Sampah Kelompok Rumah C.....	59
Tabel 5.4 Timbulan Sampah Rumah Tangga Kota Depok	61
Tabel 5.5 Komposisi Sampah Kelompok Rumah A.....	64
Tabel 5.6 Komposisi Sampah Kelompok Rumah B	65
Tabel 5.7 Komposisi Sampah Kelompok Rumah C	67
Tabel 5.8 Komposisi Sampah Kota Depok	72

Tabel 5.9 Beban Emisi	80
Tabel 5.10 GWP dan PAE Indeks	90



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Sampling Sampah	103
Lampiran 2. Kuisisioner	127
Lampiran 3. Dokumentasi Skripsi	131



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan UU RI No. 18 Tahun 2008, sampah didefinisikan sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/ atau proses alam yang berbentuk padat. Sementara sampah dengan artian yang lebih spesifik adalah sampah yang karena sifat, konsentrasi, dan/ atau volumenya memerlukan pengelolaan khusus. Sampah rumah tangga adalah sampah yang dihasilkan oleh kegiatan dan aktivitas rumah tangga. Komposisi sampah rumah tangga ini pada umumnya berupa sisa makanan (sampah dapur), sampah pekarangan (daun-daunan, ranting pohon, dan lain-lain), kertas/ karton, plastik, kain, logam, kaca, dan lain sebagainya.

Pengelolaan sampah di Kota Depok sebagian besar dilakukan di UPS (Unit Pengolahan Sampah), yang tersebar di 32 UPS berbeda sampai dengan tahun 2011. Akan tetapi, beberapa kawasan di Kota Depok ternyata masih belum mendapat pelayanan sampah. Hal ini terlihat dari indikasi persentase tingkat pelayanan persampahan Kota Depok pada tahun 2010 hanya mencapai angka sebesar 36.4%.¹ Hal ini mengakibatkan sebagian warga di kawasan yang tidak mendapat pelayanan tersebut mengelola sampahnya dengan cara pembakaran secara terbuka di lapangan atau pekarangan rumahnya. Hal ini termasuk kegiatan *open burning*. Adapun yang dimaksud dengan *open burning* ini adalah suatu kegiatan pembakaran material dengan suatu cara yang akibat pembakarannya akan menghasilkan sebuah produk yang secara langsung diemisikan menuju ambien atau mengelilingi bagian luar udara tanpa melalui lapisan, saluran, ataupun cerobong². Berdasarkan UU No. 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, pada Bab X perihal larangan, pasal 29 butir F, menyebutkan bahwa setiap orang dilarang untuk membakar sampah yang tidak sesuai dengan persyaratan teknis pengelolaan sampah. Dari peraturan ini dapat diketahui bahwa pembakaran sampah yang tidak sesuai syarat teknis pengelolaan sampah merupakan pelanggaran terhadap peraturan perundang-undangan.

¹ Bappeda Kota Depok, 2011, Rencana Program Investasi Jangka Menengah Kota Depok

² Estrellan dan Lino, 2009, *Review Toxic Emissions from Open Burning* diakses melalui www.sciencedirect.com

Penelitian sebelumnya³ menemukan bahwa emisi dari kegiatan ini akan menghasilkan gas-gas beracun dan berbahaya bagi kesehatan dan juga lingkungan, seperti : CO, CH₄, NO_x, SO_x, PCDD/F (*polychlorinated dibenzo-para-dioxin, polychlorinated dibenzofurans*), VOC, TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, dll. Partikulat ini merupakan beberapa jenis zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia, seperti menimbulkan gangguan saluran pernapasan, dapat menyebabkan kanker (karsinogenik), gangguan hormonal, dan lain-lain. Berdasarkan hal inilah, maka perhitungan emisi dari beberapa zat di atas, dalam hal ini khususnya CO, CH₄, NO_x, dan SO_x penting untuk dilakukan untuk beberapa hal sebagai berikut : menentukan solusi awal untuk mengatasi masalah pencemaran udara, sebagai langkah awal untuk dapat menentukan kebijakan mengenai masalah pencemaran udara dan juga dapat digunakan sebagai inventori emisi dan polutan di Kota Depok.

1.2 Perumusan Masalah

Sampah merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan dari kegiatan manusia sehari-hari. Oleh karena itu, sampah memerlukan penanganan khusus agar tidak menjadi masalah. Berdasarkan data DKP Kota Depok 2010, adapun tingkat pelayanan persampahan di Kota Depok baru mencapai angka sebesar 36,4%, dengan 26,1% tingkat layanan ke TPA, dan 10,3% di 19 unit UPS yang telah beroperasi. Adapun jumlah UPS di Kota Depok hingga tahun 2011 adalah sebanyak 32 UPS, namun hanya 19 UPS yang sudah beroperasi. Data ini menunjukkan bahwa pengelolaan dan pelayanan sampah di Kota Depok memang belum maksimal.

Pengelolaan sampah dapat dilakukan melalui beberapa cara, seperti daur ulang sampah, pemanfaatan kembali barang yang masih dapat digunakan, dibuang, dan dibakar. Salah satu pengelolaan sampah yang dilarang oleh pemerintah adalah pembakaran sampah secara terbuka. Pembakaran sampah yang tidak sesuai dengan syarat teknis pengelolaan sampah secara jelas dilarang dalam salah satu ayat di dalam UU No. 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah. Akan tetapi, masih banyak masyarakat di Kota Depok yang melakukan pembakaran sampah secara terbuka untuk mengelola sampahnya, baik di

³ U.S. EPA, 2001, *Revised Final*, p. 16.4-3

pekarangan rumah, bak sampah, ataupun di lahan kosong. Hal ini dapat terlihat dari data survey Status Lingkungan Hidup Kota Depok pada tahun 2010 yang menunjukkan cara pengelolaan sampah di tingkat kecamatan. Dari perkiraan total 356.372 RT (Rumah Tangga) di Kota Depok, terdapat sekitar 29.220 RT mengelola sampahnya dengan cara dibakar.

Berdasarkan hasil penelitian U.S. EPA, beberapa paramater pencemar udara muncul dari kegiatan pembakaran sampah secara terbuka, seperti CO, CH₄, NO_x, SO_x, PCDD/F (*polychlorinated dibenzo-para-dioxin, polychlorinated dibenzofurans*), VOC, TSP, PM₁₀, PM_{2.5}, dll. Hal ini merupakan salah satu faktor yang menyumbang beban emisi gas rumah kaca dalam dunia global dan memiliki beberapa dampak berbahaya terhadap kesehatan. Oleh karena itulah, inventori emisi dan prediksi mengenai beban emisi total dari beberapa paramater pencemar udara penting dilakukan sebagai langkah awal pemerintah untuk mencegah dan meminimalisasi dampak pencemar udara. Penghitungan beban emisi ini juga diperlukan sebagai dasar penentuan kebijakan regional dalam mengatasi masalah pencemaran udara. Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan beberapa pertanyaan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Berapakah timbulan dan komposisi sampah rumah tangga yang dihasilkan di Kota Depok ?
2. Berapakah kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah secara terbuka di Kota Depok ?
3. Bagaimana hubungan antara luas lantai rumah dengan kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah di Kota Depok ?
4. Berapakah beban emisi total dari polutan CO, CH₄, NO_x, SO_x yang dihasilkan dari pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka di Kota Depok ?

1.3 Pembatasan Masalah

Adapun hal-hal yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berat total, timbulan, dan komposisi sampah yang diukur dalam penelitian ini adalah sampah rumah tangga di Kota Depok;
2. Karakterisasi sampah yang diukur dalam penelitian ini berupa massa total sampah, timbulan, volume, dan komposisi yang dihasilkan dari tiap rumah;

3. Komposisi sampah yang dimaksud dalam penelitian ini adalah sampah organik yang berupa, sisa makanan, dedaunan, dan kayu, serta sampah anorganik yang terdiri atas plastik, kertas, kain, logam, kaca, dan lain-lain (debu, pampers, pembalut wanita, keramik, kulit/karet);
4. Pengambilan sampel sampah dan penyebaran kuisioner didasarkan pada luas lantai rumahnya;
5. Beban emisi total yang dihitung dalam penelitian ini, berupa polutan CO, CH₄, NO_x, SO_x yang dihasilkan dari pembakaran sampah secara terbuka di Kota Depok.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis timbulan dan komposisi sampah yang dihasilkan berdasarkan luas lantai rumah di Kota Depok
2. Menentukan kuantitas dan frekuensi dari pembakaran sampah di Kota Depok
3. Menganalisis hubungan antara luas lantai rumah dengan kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah
4. Memprediksi beban emisi total dari CO, CH₄, NO_x, SO_x yang dihasilkan Kota Depok berdasarkan perhitungan faktor emisi, kuantitas, dan frekuensi pembakaran sampah

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini bagi masyarakat dan juga pemerintah setempat adalah sebagai berikut :

- Bagi Pemerintah Daerah Kota Depok

Penelitian ini merupakan sebuah inventori beban emisi CO, CH₄, NO_x, SO_x yang dihasilkan dari pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka di Kota Depok. Dengan adanya inventori ini, Pemda Kota Depok dapat menjadikan penelitian ini sebagai acuan untuk dapat menentukan arah kebijakan dalam mengatasi masalah pencemaran udara, serta dalam pengambilan keputusan yang tepat sebagai solusi untuk mengurangi dan mengatasi masalah pencemaran udara di Kota Depok. Selain itu, beberapa manfaat lain dari adanya inventarisasi faktor emisi adalah sebagai berikut :

untuk pengkajian kualitas udara, pengamatan trend emisi, input pemodelan kualitas udara, dan mengevaluasi skenario di masa yang akan datang, seperti memprediksi dampak suatu rencana aksi pengelolaan terhadap perbaikan kualitas udara, serta identifikasi dampak adanya sumber pengemisi baru, atau skenario penurunan emisi.

- **Bagi Masyarakat**

Penelitian ini merupakan hibah kepada masyarakat dalam bidang ilmu pengetahuan dan dapat diakses oleh publik secara umum. Dengan begitu, masyarakat umum dapat membaca penelitian ini dan mengetahui bahwa pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka menimbulkan dampak yang merugikan bagi lingkungan dan masyarakat. Berdasarkan hal ini, masyarakat dapat menambah khasanah pengetahuannya dan menerapkan pola pembuangan serta pemilahan sampah yang baik dan benar.

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1.6.1 Studi Literatur

- Pengambilan data faktor emisi yang akan dipilih dari beberapa sumber, seperti : U.S. EPA⁴, Penelitian Penentuan Faktor Emisi Mahasiswi ITB (Yudison⁵ dan Swesty⁶, 2007), untuk menghitung beban emisi dari pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka di Kota Depok;
- Persentase penduduk yang melakukan pembakaran sampah di Kota Depok yang akan didapatkan dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok;

1.6.2 Pengumpulan Data

- Data timbulan dan komposisi sampah rumah tangga di beberapa wilayah sekitar Kota Depok dari rumah sederhana, menengah, dan mewah;

⁴ AP-42, U.S.EPA, 1995a

⁵ Yudison, 2007, Tugas Akhir Penentuan Faktor Emisi NO dan SO₂ Dari Pembakaran Sampah Terbuka Di Kota Bandung

⁶ Swesty, 2007, Tugas Akhir Penentuan Faktor Emisi CO dan HC Hasil Pembakaran Terbuka Sampah Domestik Kota Bandung

- Data dari kuisioner untuk menentukan kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah secara terbuka Kota Depok.

1.6.3 Pengolahan Data

- Analisis perbandingan dan korelasi data luas lantai rumah dengan kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah rumah tangga Kota Depok dengan metode statistik deskriptif ;
- Penghitungan beban emisi total CO, CH₄, NO_x, SO_x yang dihasilkan dari pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka di Kota Depok.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari laporan penelitian untuk tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini meliputi Latar Belakang, Perumusan Masalah, Pembatasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, Metodologi Penelitian, dan Sistematika Penulisan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini meliputi Studi Literatur (Studi Pustaka) dan Landasan Teori yang dapat mendukung penelitian ini terkait dengan masalah sampah, frekuensi pembakaran dari pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka, dan parameter polutan pencemar udara CO, CH₄, NO_x, dan SO_x.

Bab 3 Metodologi

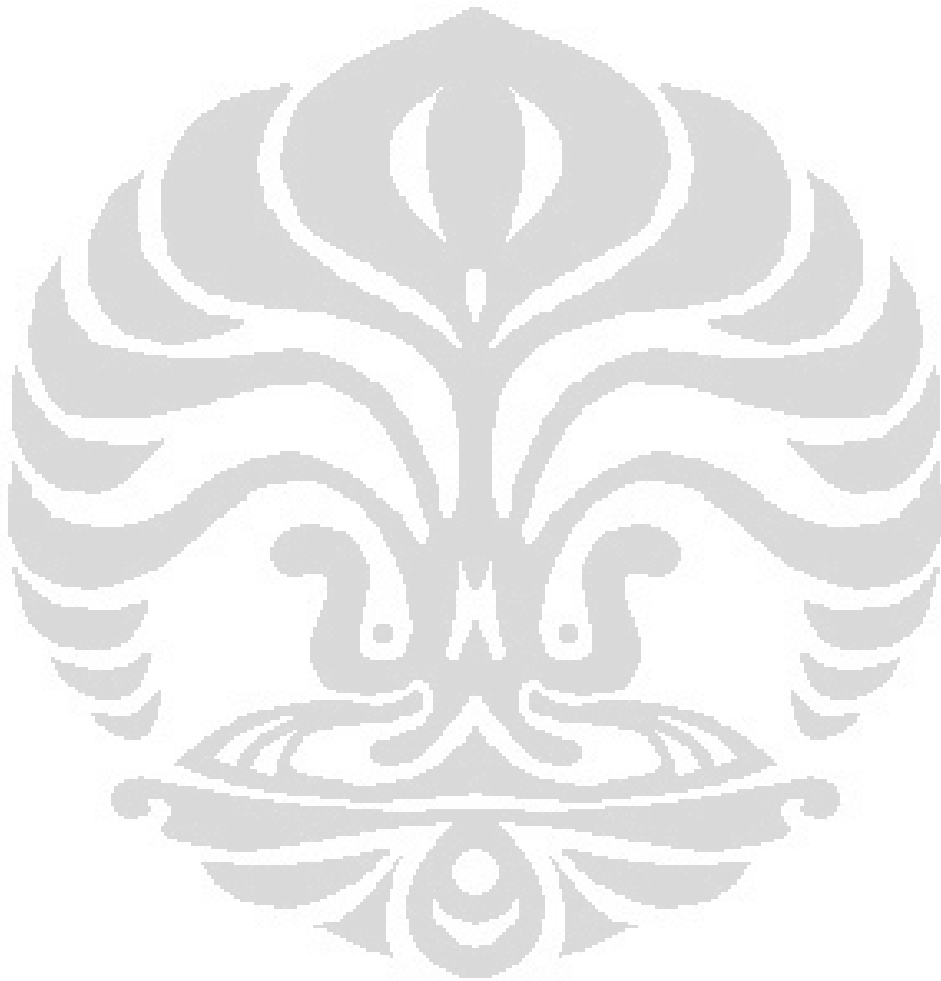
Bab ini menguraikan semua langkah dan tahapan yang dilakukan dalam penelitian.

Bab 4 Hasil dan Pembahasan

Bab ini menjelaskan data hasil penelitian, pengolahan dan analisis data, serta pembahasan dalam menentukan beban emisi CO, CH₄, NO_x, SO_x, kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah secara terbuka di Kota Depok, hubungan antara luas lantai rumah dengan kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah, dan penghitungan beban emisi total CO, CH₄, NO_x, SO_x yang dihasilkan dari pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka di Kota Depok.

Bab 5 Kesimpulan

Bab ini berisi kesimpulan yang ditarik berdasarkan hubungannya dengan hasil penelitian serta proses yang dilakukan.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah Rumah Tangga

Sesuai dengan UU RI Nomor 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah, yang dimaksud dengan sampah rumah tangga sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a adalah berasal dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga, tidak termasuk tinja dan sampah spesifik.

Pengelompokkan sampah rumah tangga yang banyak digunakan di Indonesia⁷ adalah sebagai berikut :

- Sampah organik atau sampah basah, yaitu sampah yang terdiri atas daun-daunan, kayu, kertas, karton, tulang, sisa-sisa makanan ternak, sayur, buah, dan lain sebagainya;
- Sampah anorganik atau sampah kering, yaitu sampah yang terdiri dari kaleng, plastik, besi, dan logam lainnya, gelas, dan lain sebagainya.

2.2 Timbulan Sampah

Menurut SNI 19-2454-2002 Tentang Tata Cara Teknik Operasional Pengelolaan Sampah Perkotaan, timbulan sampah adalah banyaknya sampah yang timbul dari masyarakat dalam satuan volume maupun berat per kapita, per hari, atau per luas bangunan, atau per panjang jalan.

Sementara itu, yang dimaksud dengan laju timbulan sampah adalah jumlah total sampah yang dihasilkan per orang setiap harinya yang dinyatakan dalam satuan volume maupun berat. Pengukuran laju timbulan ini dapat dilakukan secara langsung dari beberapa sumber-sumber penghasil sampah yang dianggap representatif terhadap suatu wilayah.

Selain pengukuran langsung, terdapat data laju timbulan sampah menurut SNI 19-3964-1995, bila pengamatan lapangan memang belum tersedia. Adapun laju timbulan menurut SNI 19-3964-1995 adalah sebagai berikut :

- a. Satuan timbulan limbah padat pada kota besar: 2-2,5 L/orang/hari atau 0,4-0,5 kg/orang/hari;

⁷ Damanhuri dan Padmi, 2010, Diktat Kuliah TL-3104-Pengelolaan Sampah, p. 8

- b. Satuan timbulan limbah padat pada kota sedang/kecil: 1,5-2 L/orang/hari atau 0,3-0,4 kg/orang/hari.

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung laju timbulan sampah adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung laju timbulan sampah dalam satuan kg/orang/hari

$$\text{kg/orang/hari} = \frac{\text{berat total timbulan (kg)dalam 1 hari}}{\text{jumlah sumber timbulan (orang)/hari}} \quad (2.1)$$

dimana berat total timbulan berupa jumlah total timbulan limbah padat yang ditimbang pada hari yang sama dalam satuan kg.

- b. Menghitung laju timbulan sampah dalam satuan m³/orang/hari

$$\text{m}^3/\text{orang/hari} = \frac{\text{volume total timbulan (m}^3\text{)dalam 1 hari}}{\text{jumlah sumber timbulan (orang)/hari}} \quad (2.2)$$

dimana volume total timbulan berupa jumlah total timbulan limbah padat yang ditimbang pada hari yang sama dalam satuan m³.

Adapun hal-hal yang mempengaruhi timbulan sampah adalah sebagai berikut⁸ :

- Pengurangan sampah langsung dari sumber dan kegiatan daur ulang sampah yang dilakukan;
- Perilaku masyarakat dalam mengurangi timbulan sampah dan juga peraturan atau kebijakan pemerintah yang mengatur tentang 3R (*reuse, reduce, recycle*);
- Kondisi geografis dan fisik yang meliputi :
 - Lokasi geografis, misalnya saja pada daerah selatan yang lebih hangat dimana musim seminya lebih lama, sampah pekarangan akan menjadi lebih banyak dan juga terkumpul dalam waktu yang lama;
 - Musim tahunan, misalnya saja pada musim semi, jumlah sampah sisa makanan, berupa buah-buahan menjadi lebih banyak jumlahnya dibandingkan pada musim lain;
 - Penggunaan mesin pencacah sisa makanan menjadikan volume sampah menjadi lebih kecil;

⁸ Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil, 1993, *Integrated Solid Waste Management*, p. 142-146

- Frekuensi pengangkutan sampah, misalnya saja apabila pemilik rumah dibatasi oleh satu atau dua truk pengangkut setiap minggu, maka ia akan menyimpan material yang masih dapat digunakan karena keterbatasan kapasitas truk pengangkut sampah, namun jika tidak dibatasi pengangkutannya, maka pemilik rumah mungkin akan memilih untuk membuang saja seluruh sampah tersebut;
- Karakteristik area pelayanan, misalnya saja daerah dengan tingkat ekonomi yang lebih tinggi akan menghasilkan komposisi dan timbulan sampah yang berbeda dengan daerah dengan tingkat ekonomi menengah dan juga rendah.

Berikut ini merupakan beberapa data mengenai timbulan dan komposisi sampah dari negara berkembang :

Tabel 2.1 Tipikal Komposisi Sampah Pemukiman (% Berat Basah)

Komposisi Sampah	Pemukiman <i>Low Income</i>	Pemukiman <i>Middle Income</i>	Pemukiman <i>High Income</i>
Kertas	1-10	15-40	15-40
Kaca, keramik	1-10	1-10	4-10
Logam	1-5	1-5	3-13
Plastik	1-5	2-6	2-10
Kulit, karet	1-5	-	-
Kayu	1-5	-	-
Tekstil	1-5	2-10	2-10
Sisa makanan	40-85	20-65	20-50
Lain-lain	1-40	1-30	1-20

Sumber : Cointreau, 1982

Tabel 2.2 Perbandingan Timbulan Sampah Pada Perumahan Sederhana, Menengah, Mewah

No	Kelompok Rumah	Timbulan Sampah (kg/orang/hari)
1	Sederhana	0,25-0,30
2	Menengah	0,30-0,35
3	Mewah	0,35-0,40

Sumber : Hasil Penelitian Puslitbangkim Dept. PU dan LPM ITB, 1989

Secara umum, terlihat dari hasil literatur di atas, bahwa semakin tinggi tingkat perekonomian dan daya beli penduduk pada suatu wilayah, maka sampah yang dihasilkan akan semakin tinggi dan semakin anorganik apabila dibandingkan dengan penduduk dengan tingkat perekonomian yang lebih rendah. Hal ini dapat dipengaruhi oleh perbedaan gaya hidup antara kelompok masyarakat tersebut.

2.3 Komposisi Sampah

Komposisi sampah adalah sebuah istilah yang digunakan untuk menggambarkan komponen tersendiri yang membentuk suatu timbulan sampah dan distribusi hubungan, biasanya didasarkan pada persentase berat komponen tersebut terhadap total sampah. Data mengenai informasi komposisi sampah diperlukan dalam mengevaluasi kebutuhan peralatan, sistem, serta manajemen program dan perencanaan.⁹

Adapun untuk persentase berat dari komposisi sampah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

- Musim
Komposisi dan jenis sampah akan sangat ditentukan oleh musim yang sedang berlangsung, misalnya pada saat musim buah, maka komposisi sampah buah akan meningkat jumlahnya;
- Cuaca
Di daerah yang cuacanya sedang sering hujan, ataupun mendung misalnya, maka kelembaban dan kadar air sampahnya akan lebih tinggi dibanding daerah yang sedang mengalami cuaca panas/ kering;
- Frekuensi pengumpulan
Frekuensi pengumpulan sampah ini akan mempengaruhi komposisi sampah yang terbentuk, terutama sampah organik karena semakin sering pengumpulan sampah dilakukan, maka tumpukan sampah yang terbentuk akan semakin besar jumlahnya, namun sampah organik membusuk sehingga jumlahnya pun akan berkurang
- Tingkat Perekonomian
Karakteristik area pelayanan sangat mempengaruhi komposisi sampah yang terbentuk, misalnya saja daerah dengan tingkat ekonomi yang lebih tinggi akan menghasilkan sampah anorganik yang lebih besar, namun daerah dengan tingkat ekonomi rendah akan menghasilkan sampah organik yang lebih besar dibanding anorganiknya;
- Pendapatan per kapita

⁹ Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil, 1993, *Integrated Solid Waste Management*, p. 45

Masyarakat dengan pendapatan yang rendah akan menghasilkan sampah yang cenderung lebih sedikit dan homogen jenisnya;

- Kemasan produk

Kemasan produk barang kebutuhan sehari-hari di negara maju dan berkembang akan sangat berbeda jenisnya, misalnya saja di Amerika Serikat kemasan produk lebih banyak menggunakan kertas, namun di Indonesia plastik yang lebih sering digunakan sebagai kemasan produk.

2.4 Karakteristik Sampah

2.4.1 Karakteristik Fisik

Untuk karakteristik fisik sampah, juga dapat dibagi menjadi tiga bagian sebagai berikut :

- Berat jenis (*specific weight*)

Berat jenis didefinisikan sebagai berat dari material per unit volume (kg/ m^3)¹⁰. Berat jenis sampah rumah tangga di Kota Depok pada tahun 2010 adalah sebesar $222,3 \text{ kg/ m}^3$ ¹¹. Sementara pada tahun 2011, berat jenis sampah rumah tangga Kota Depok menurun menjadi $151,8 \text{ kg/ m}^3$ ¹².

- Kadar air (*moisture content*)

Kadar air biasanya dapat dinyatakan dalam dua cara, yaitu di dalam pengukuran berat basah dan berat kering¹³. Dalam metode pengukuran berat basah, kadar air sampel dinyatakan sebagai persentase dari berat basah material, sedangkan pada metode pengukuran berat kering, kadar air sampel sebagai persentase dari berat kering material. Pada umumnya, metode berat basah yang paling sering digunakan dalam pengukuran kadar air sampah. Berdasarkan data yang diperoleh, kadar air sampah UPS di Kota Depok pada tahun 2009 adalah sebesar 64,4 %¹⁴.

- Distribusi ukuran partikel

¹⁰ Tchobanoglous, Theisen, Vigil, 1993, *Integrated Solid Waste Management*, p. 69

¹¹ Novita, 2011, *Timbulan Dan Karakteristik Sampah Kota Depok-Pelatihan Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir*, p. 7

¹² Novita, 2011, *Timbulan Dan Karakteristik Sampah Kota Depok-Pelatihan Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir*, p. 7

¹³ Tchobanoglous, Theisen, Vigil, 1993, *Integrated Solid Waste Management*, p. 71

¹⁴ Novita, 2011, *Timbulan Dan Karakteristik Sampah Kota Depok-Pelatihan Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir*, p. 8

Data distribusi dan ukuran partikel sampah ini sangat penting untuk pengelolaan sampah di UPS, khususnya di dalam pengolahan secara mekanik, seperti pemisah magnet, pencacah, *conveyor*, *screen*. Satuan untuk ukuran partikel ini dinyatakan dalam mm. Distribusi ukuran partikel dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu : <8 mm, 8-40 mm, dan >40 mm .¹⁵

2.4.2 Karakteristik kimia

Karakteristik kimia sampah Kota Depok dibagi menjadi dua, yaitu berupa kadar abu dan analisis asal komponen sampah itu sendiri.

- Kadar abu

Kadar abu didefinisikan sebagai kondisi pada temperatur 1100-1200°C yang menghasilkan abu dari pembakaran sampah menjadi bentuk padatan dengan pencampuran dan penumpukan¹⁶. Kadar abu sampah di Kota Depok pada tahun 2006 adalah sebesar 44,43%¹⁷. Sementara untuk kadar abu sampah di UPS Kota Depok tahun 2011 adalah sebesar 15,62%¹⁸.

- Analisis asal komponen sampah

Pada umumnya terdiri atas penentuan dari persentase Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), Nitrogen (N), Sulfur (S), dan abu. Dalam hal ini nilai C/N rasio dari sampah di Kota Depok pada tahun 2006 adalah sebesar 61,15¹⁹. Sementara untuk nilai C/N rasio sampah di UPS Kota Depok tahun 2011 adalah sebesar 10,72.

2.5 Pembakaran Sampah Terbuka

Pembakaran sampah terbuka adalah suatu kegiatan pembakaran material dengan suatu cara yang akibat pembakarannya akan menghasilkan sebuah produk yang secara langsung diemisikan menuju ambien atau mengelilingi bagian luar udara tanpa melalui lapisan, saluran, ataupun cerobong (Estrellan dan Lino 2009).

¹⁵ Tchobanoglous, Theisen, Vigil, 1993, *Integrated Solid Waste Management*, p. 73

¹⁶ Tchobanoglous, Theisen, Vigil, 1993, *Integrated Solid Waste Management*, p. 77

¹⁷ Novita, 2011, *Timbulan Dan Karakteristik Sampah Kota Depok-Pelatihan Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir*, p. 9

¹⁸ Novita, 2011, *Timbulan Dan Karakteristik Sampah Kota Depok-Pelatihan Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir*, p. 9

¹⁹ Novita, 2011, *Timbulan Dan Karakteristik Sampah Kota Depok-Pelatihan Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir*, p. 9

Pembakaran sampah secara terbuka hanya berkisar pada temperatur 250°C hingga 700°C²⁰. Pembakaran pada temperatur ini terjadi secara tidak sempurna dan menghasilkan gas-gas beracun akibat adanya proses oksidasi senyawa, baik dari material yang terbakar maupun senyawa di udara. Pembakaran sampah terbuka dapat dilakukan di dalam keranjang, drum, lapangan, pekarangan, dan juga di lahan terbuka yang luas. Pembakaran sampah secara terbuka biasanya banyak dilakukan di negara-negara berkembang, sementara di negara maju peraturan yang sangat ketat telah ditetapkan mengenai jenis kegiatan ini (IPCC, 2006).

Untuk jenis material yang pada umumnya dibakar meliputi, sampah rumah tangga, komponen *autobody*, sampah pekarangan/ lahan, sampah pertanian, sampah kayu, sampah industri, dan dedaunan²¹.

Hasil dari gas-gas ini banyak menimbulkan kerugian, baik dari segi kesehatan manusia (menimbulkan gangguan sauran pernapasan, dapat menyebabkan kanker/ karsinogenik, gangguan hormonal) dan juga merupakan salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca. Adapun beberapa alasan mengapa pembakaran sampah secara terbuka menimbulkan masalah bagi kesehatan umum adalah :

- Emisi dari pembakaran sampah secara terbuka biasanya terlepas di dekat permukaan tanah daripada melalui cerobong yang tinggi yang dapat terdispersi;
- Emisi dari pembakaran sampah secara terbuka tidak menyebar secara luas sepanjang tahun, namun hanya episodik dalam satuan waktu, musim dan di satu wilayah;
- Sumber pembakaran sampah secara terbuka secara alamiah, tidak terpusat, namun tersebar dalam area yang luas sehingga peraturan yang efektif untuk sumber terpusat tidak dapat digunakan dalam kondisi ini;
- Penyesuaian larangan untuk pembakaran sampah secara terbuka ini sulit untuk dilaksanakan;
- Pembakaran sampah secara terbuka merupakan fenomena pembakaran yang bersifat sementara, memiliki frekuensi dengan material yang heterogen dan hal

²⁰ Yudison, 2007, Tugas Akhir Penentuan Faktor Emisi NO dan SO₂ Dari Pembakaran Sampah Terbuka Di Kota Bandung

²¹ U.S. EPA, 1995, *EPA Standard for Emissions*, p. 2.5-1

ini menjadi sulit untuk menghubungkan emisi dengan material yang tunggal/homogen.²²

2.6 Beban Emisi

Dalam setiap aktivitas pembakaran sampah di ruang terbuka, akan menghasilkan emisi gas-gas yang terlepas langsung ke ambien. Gas-gas ini akan terakumulasi dan akan menghasilkan beban emisi dalam tiap wilayah yang melakukan aktivitas pembakaran sampah di ruang terbuka. Beban emisi adalah jumlah total suatu gas yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran sampah yang dinyatakan dalam besaran ton/ tahun. Adapun persamaan matematis umum yang digunakan untuk menggambarkan emisi adalah seperti di bawah ini²³ :

$$E = A \times EF \times \left(\frac{1-ER}{100}\right) \quad (2.3)$$

Dimana :

E : tingkat emisi

A : rata-rata aktivitas pembakaran

EF : faktor emisi (g/ kg)

ER : reduksi emisi keseluruhan (%)

Beban emisi ini sangat dipengaruhi oleh beberapa hal sebagai berikut :

- Faktor emisi gas yang dihasilkan (*emission factor*);
- Frekuensi pembakaran (*activity factor*);
- Komposisi dan total berat sampah yang dibakar;
- Jumlah penduduk suatu wilayah.

Menurut EIIP (*Emission Inventory Improvement Program*) Vol. III (2001), emisi yang terbentuk dari pembakaran secara terbuka bergantung pada jenis sampah yang dibakar, jenis bahan bakar, beban/ *loading* bahan bakar (berat dari material terhadap pengukuran volume material atau area yang dibakar). Selain itu, emisi juga dipengaruhi oleh konfigurasi dari material yang dibakar, efisiensi pembakaran yang merupakan proporsi dari sampah yang benar-benar terbakar dari seluruh total sampah yang akan dibakar. Faktor lain yang mempengaruhi emisi dari pembakaran sampah secara terbuka ini adalah musim,

²² Lemieux, Lutes, dan Santoianni, 2002, *Emissions of Organic Air Toxics from Open Burning : A Comprehensive Review* diakses melalui www.sciencedirect.com

²³ U.S. EPA, 2001, *Open Burning in Barrels*

dimana pada musim yang sangat kering, sebagian besar negara melarang pembakaran terbuka dilakukan, meskipun pada musim-musim dengan cuaca yang normal hal tersebut dapat diizinkan di beberapa negara. Oleh karena itu, inventori emisi pada musim kering biasanya lebih kecil nilainya dibanding pada periode normal. Hal penting lainnya yang perlu diperhatikan dalam pembakaran sampah secara terbuka ini adalah teknik pengendalian yang dilakukan. Metode paling efektif dalam pengendalian emisi dari pembakaran sampah terbuka ini adalah dengan melarang aktivitas tersebut dan merancang metode pembuangan sampah lainnya yang lebih baik, seperti misalnya pengomposan sampah pekarangan, peningkatan pengangkutan sampah rumah tangga di suatu wilayah, pengembangan tingkat daur ulang akan mengurangi aktivitas pembakaran ini. Metode lain dari pembakaran, seperti penggunaan insinerator juga dapat digunakan meskipun tetap menghasilkan emisi, namun pada umumnya insinerator ini menghasilkan emisi yang jauh lebih kecil dari pembakaran sampah secara terbuka karena lebih dapat dikendalikan (*Eastern Research Group Inc.*, 2001).

2.6.1 Faktor emisi (*emission factor*)

Faktor emisi adalah satuan dari polutan yang diemisikan per unit massa dari material yang dibakar. Faktor emisi ini sangat berguna untuk menghitung beban emisi yang dihasilkan oleh suatu wilayah dari sumber material spesifik yang dibakar. Persamaan untuk penentuan faktor emisi menurut U.S. EPA *Open Burning in Barrels* (2001) adalah sebagai berikut :

$$EF = \frac{C_{sample} \times Q_{OBTf} \times \tau}{m_{burned}} \quad (2.4)$$

Dimana :

EF : faktor emisi (mg/kg sampah yang dibakar)

C_{sample} : konsentrasi pencemar dalam sampel sampah (mg/ m³)

Q_{OBTf} : *flowrate of dilution air into the Open Burning Test Facility in (m³/ min)*

τ : waktu pembakaran (menit)

m_{burned} : massa sampah yang dibakar (kg)

Inventarisasi emisi adalah suatu basis data mengenai sumber-sumber pengemisi pencemar udara yang komprehensif yang dilengkapi dengan nilai beban pencemar untuk tiap-tiap parameter yang diinventarisasi yang terdapat pada

suatu lokasi geografis dan pada periode waktu tertentu, serta pada umumnya meliputi beberapa kriteria pencemar udara, seperti : TSP, PM₁₀, HC, NO_x, SO₂, dan CO²⁴. Beberapa negara di dunia, seperti Cina, Jerman, Belgia, Ceko, Amerika Serikat dan lain sebagainya telah membuat inventori emisi di wilayahnya. Tujuan dengan adanya inventori emisi ini adalah sebagai alat untuk pengambilan kebijakan dalam pengendalian pencemaran udara, pembuatan regulasi, dan juga untuk memprediksi dispersi dan penyebaran emisi polutan di ambien. Menurut Swesty (2007), inventarisasi data emisi ini perlu diperbaharui secara berkala dengan tujuan untuk : pengkajian kualitas udara, pengamatan trend emisi, input pemodelan kualitas udara, dan mengevaluasi skenario di masa yang akan datang, seperti memprediksi dampak suatu rencana aksi pengelolaan terhadap perbaikan kualitas udara, dampak adanya sumber pengemisi baru, atau skenario penurunan emisi.

Salah satu badan yang menyediakan inventori untuk emisi dari pembakaran sampah secara terbuka adalah U.S. EPA (*United States Environmental Protection Agency*). Berikut ini adalah contoh faktor emisi dari pembakaran sampah terbuka yang dikeluarkan oleh U.S. EPA.

Tabel 2.3 Faktor Emisi Pembakaran Sampah Secara Terbuka U.S. EPA

U.S. EPA			Sumber
Polutan	Emisi (lb/ton sampah yang dibakar)	Emission (g/kg sampah yang dibakar)	
Sulfur oxides	1	0,45	AP-42 (EPA, 1995a)
Carbon monoxide	85	38,25	AP-42 (EPA, 1995a)
Methane	13	5,85	AP-42 (EPA, 1995a)
Nitrogen oxide	6	2,7	AP-42 (EPA, 1995a)
PCDD/F	0	0,00003969	EPA, 1997

Sumber : *Open Burning, EPA, Revised Final 2001*

²⁴ Swesty, 2007, Tugas Akhir Penentuan Faktor Emisi CO dan HC Hasil Pembakaran Terbuka Sampah Domestik Kota Bandung

Tabel 2.4 Perbandingan Faktor Emisi Dari Berbagai Sumber

Source	USEPA	ITB	Belgium Inventory	Czech Inventory	China	Mexico
Polutant	Emission (kg/Mg entire refused weight and actually burned)	Emission (g/kg wet waste burned)	Emission (g/kg waste)	Emisi (g/kg waste)	Emisi (g TEQ/kg waste)	Emisi (g TEQ/kg waste)
Sulfur oxides (SOx)	0,4535924	8,1	-	-	-	-
Carbon monoxide	38,555354	230,81	-	-	-	-
Methane	5,8967012	11,56	-	-	-	-
Nitrogen oxide (NOx)	2,7215544	2,85	-	-	-	-
PCDD/F	4,00068E-05	-	0,1	0,045	0,000000013	0,00000012

Sumber : Hasil Analisis, 2011

Faktor emisi ini juga digolongkan menjadi ranking A-E oleh U.S. EPA. Penggolongan ini dilihat berdasarkan keakuratan dan kesesuaian data tersebut dengan realisasi di lapangan. Faktor emisi dengan ranking A merupakan peringkat terbaik dan E adalah yang paling buruk. Faktor emisi yang diukur dengan menggunakan metode yang tepat dan dapat divalidasi akan memperoleh peringkat yang lebih tinggi dibandingkan dengan faktor emisi yang didapat dari hasil ekstrapolasi faktor emisi di tempat lain dengan proses yang sama dan penelitian tunggal dari salah satu parameter.

Berikut ini adalah uraian mengenai ranking faktor emisi dari A (*excellent*) hingga E (*poor*) berdasarkan U.S. EPA.

- A = *Excellent*

Faktor ini ditentukan dari sumber tes data dengan ranking A dan B yang diambil secara acak dari fasilitas populasi industri. Sumber jenis populasi ini cukup spesifik untuk mengurangi variasi.

- B = *Above average*

Faktor ini ditentukan dari sumber tes data dengan ranking A atau B dari jumlah fasilitas yang sesuai. Meskipun tidak ada kesalahan spesifik yang ditemukan, tidak ada kejelasan fasilitas yang diuji yang menggambarkan sampel acak dari industri. Sama dengan ranking A, sumber dari kategori populasi cukup spesifik untuk mengurangi keragaman.

- C = *Average*

Faktor ini ditentukan dari sumber tes data dengan ranking A, B, dan/ atau C dari jumlah fasilitas yang sesuai. Meskipun tidak ada kesalahan spesifik yang

terbukti, tidak ada kejelasan fasilitas yang diuji yang menggambarkan sampel acak dari industri. Sama dengan ranking A, sumber dari kategori populasi cukup spesifik untuk mengurangi keragaman.

- *D = Below Average*

Faktor ini ditentukan dari sumber tes data dengan ranking A, B, dan/ atau C dari jumlah fasilitas yang kecil dan mungkin ada alasan untuk menduga bahwa fasilitas ini tidak merepresentasikan sampel acak dari industri. Di sana juga ada bukti variabilitas dalam sumber kategori populasi.

- *E = Poor*

Faktor ini ditentukan dari sumber tes data dengan ranking C dan D dan mungkin ada alasan untuk menduga bahwa fasilitas ini tidak merepresentasikan sampel acak dari industri. Di sana juga ada bukti variabilitas dalam sumber kategori populasi.

2.6.2 Faktor aktivitas (*activity factor*)

Dalam menentukan beban emisi dalam suatu wilayah, AF (*activity factor*) ini didefinisikan sebagai jumlah massa sampah yang dibakar per unit waktu atau per unit area dalam suatu wilayah atau fasilitas (Paul Lemieux, *et. al.*, 2003). Nilai AF ini sangat diperlukan untuk menentukan beban emisi karena sangat mempengaruhi perolehan emisi yang dihasilkan dalam proses pembakaran sampah secara terbuka. Semakin sering frekuensi pembakaran di suatu wilayah, maka emisi gas yang dihasilkan akan semakin besar, begitupun sebaliknya.

2.6.3 Komposisi, karakteristik dan berat total sampah yang dibakar

Komposisi dan berat total sampah yang dibakar sangat mempengaruhi emisi gas yang dihasilkan. Semakin besar jumlah sampah yang dibakar maka beban emisi yang dihasilkan juga akan semakin besar, begitu juga sebaliknya. Selain jumlah sampah yang dibakar, komposisi dan karakteristik sampah di suatu wilayah akan sangat mempengaruhi nilai faktor emisi dari gas polutan yang dihasilkan.

2.7 Sulfur Oksida

Sulfur oksida (SO_x) adalah komponen dari molekul sulfur dan oksigen. SO_x merupakan gas yang tidak berwarna dan terbentuk dari pembakaran sulfur. Sementara Sulfur Dioksida (SO_2) merupakan bentuk dominan yang dapat ditemukan di atmosfer yang lebih rendah, serta merupakan kriteria polutan sebagai indikator keberadaan konsentrasi SO_x di udara ambien. SO_2 dapat larut dalam uap air untuk membentuk asam, kemudian berinteraksi dengan gas lainnya dan partikel di udara untuk membentuk sulfat dan produk lainnya yang dapat merugikan bagi manusia dan lingkungan. Gas ini tidak berwarna, namun dapat dideteksi dari rasa dan bau pada interval 1000-3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada konsentrasi sebesar 10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, memiliki bau yang tidak sedap dan menusuk. Sulfur dioksida larut dengan mudah di dalam atmosfer dengan keberadaan air untuk membentuk asam sulfat (H_2SO_4). Sekitar 30% sulfur dioksida di atmosfer diubah menjadi sulfat aerosol (asam aerosol), dimana akan hilang melalui proses endapan basah atau kering. Kemudian bentuk lain sulfur oksida, yaitu sulfur trioksida (SO_3), diemisikan secara langsung ke atmosfer atau dihasilkan dari sulfur dioksida yang secara cepat diubah menjadi asam sulfat (H_2SO_4). Adapun reaksi pembentukan SO_2 yang terjadi adalah sebagai berikut :



Berdasarkan Buku Panduan Parameter Pencemaran Udara dan Dampaknya terhadap Kesehatan (www.depkes.go.id) menyatakan bahwa SO_3 di udara dalam bentuk gas hanya mungkin ada jika konsentrasi uap air sangat rendah. Jika uap air terdapat dalam jumlah cukup, SO_3 dan uap air akan segera bergabung membentuk droplet asam sulfat (H_2SO_4) dengan reaksi seperti terlihat di bawah ini :



Komponen yang normal terdapat di udara bukan SO_3 melainkan H_2SO_4 . Tetapi jumlah H_2SO_4 di atmosfer lebih banyak daripada yang dihasilkan dari emisi SO_3 hal ini menunjukkan bahwa produksi H_2SO_4 juga berasal dari mekanisme lainnya.

Setelah berada di atmosfer sebagai SO_2 akan diubah menjadi SO_3 (kemudian menjadi H_2SO_4) oleh proses-proses fotolitik dan katalitik. Jumlah SO_2

yang teroksidasi menjadi SO_3 dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk jumlah air yang tersedia, intensitas, waktu dan distribusi spektrum sinar matahari, Jumlah bahan katalik, bahan sorptif dan alkalin yang tersedia.

Keberadaan sulfur dioksida di ambien sangat erat kaitannya dengan penurunan fungsi paru-paru, meningkatkan penyakit pernapasan, iritasi mata, hidung, tenggorokan, dan juga kematian janin. Dampak kesehatan akan sangat signifikan terlihat dengan konsentrasi sulfur dioksida di atas $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (di atas 10 menit).

Dampak kesehatan dari keberadaan sulfur oksida berasal dari sulfur dioksida, sulfat aerosol, dan sulfur dioksida yang terserap ke dalam material partikulat. Sulfur dioksida secara tunggal akan larut di dalam cairan sistem pernapasan bagian atas dan terserap ke dalam aliran darah. Sulfur dioksida bereaksi dengan substansi lainnya di dalam atmosfer untuk membentuk sulfat aerosol. Sebagian besar dari sulfat aerosol adalah bagian dari $\text{PM}_{2,5}$ (material partikulat halus, dengan diameter aerodinamis sebesar $< 2,5$ mikron). Konsentrasi rerata dari sulfat aerosol adalah sekitar 40% dari konsentrasi rerata material partikulat halus di wilayah dengan bahan bakar yang tinggi kandungan sulfurnya digunakan. Sulfur dioksida terserap di dalam partikel yang dapat terbawa ke dalam sistem paru-paru. Asam aerosol juga dapat mempengaruhi fungsi pernapasan dan sensor.

Emisi sulfur oksida dapat menyebabkan dampak merugikan bagi tanaman, termasuk hutan dan tanaman pertanian. Studi di Amerika Serikat dan beberapa tempat lainnya menunjukkan bahwa tanaman yang berada di daerah dimana terdapat konsentrasi sulfur dioksida yang tinggi di ambiennya dapat kehilangan daun-daunnya, turunnya produktivitas, dan kematian. Selain itu, asam sulfit yang terbentuk dari reaksi sulfur dioksida dengan kelembaban, dapat mengakibatkan korosi besi, baja, dan seng. Sulfur oksida yang bereaksi dengan tembaga dapat menghasilkan lapisan hijau di atas permukaan tembaga. Selain itu, asam dalam bentuk gas, aerosol, atau presipitasi dapat secara kimiawi mengikis material bangunan. Asam sulfit dan sulfat yang terbentuk dari sulfur dioksida dan

sulfur trioksida saat bereaksi dengan kelembaban dapat merusak material dari kertas dan kulit.²⁵

Tabel 2.5 Standard Referensi dan Panduan Level Ambien Untuk Sulfur Dioksida

Standard or guideline	Annual average		Winter		24-hour		1-hour, sulfur dioxide
	Sulfur dioxide	Associated particulate levels	Sulfur dioxide	Associated particulate levels	Sulfur dioxide	Associated particulate levels	
EU limit values	80 ^a	> 40 ^b	130 ^c	> 60 ^b	250 ^d	> 150 ^b	
	120 ^a	≤ 40 ^b	180 ^c	≤ 60 ^b	350 ^d	≤ 150 ^b	
	80 ^a	> 150 ^e	130 ^c	> 200 ^e	250 ^d	> 350 ^e	
	120 ^a	≤ 150 ^e	180 ^c	≤ 200 ^e	350 ^d	≤ 350 ^e	
USEPA standards	80 ^f				365 ^g		
WHO guidelines	40–60 ^f				100–150 ^d		
WHO guidelines for Europe	50 ^f				125 ^g		350
ECE critical value	10/20/30		20/30				

Sumber : *Pollution Prevention and Abatement Handbook World Bank Group-Sulfur Oxides, 1998*

2.8 Karbon Monoksida

Senyawa karbon monoksida (CO) dapat terbentuk dari reaksi karbon dan oksigen sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO₂) sebagai hasil dari pembakaran sempurna (EPA, 2000). Karbon monoksida adalah gas yang tidak berbau, tidak berasa dan pada temperatur udara normal tersedia di atmosfer dalam bentuk gas yang tidak berwarna. CO sendiri memiliki potensi bahaya yang tinggi dan sering disebut sebagai *silent killer* karena bersifat racun/ toksik dan dapat membentuk ikatan yang kuat dengan pigmen darah, yaitu hemoglobin. Adapun karakteristik biologis yang paling penting dari CO adalah kemampuannya untuk dapat berikatan dengan hemoglobin yang merupakan pigmen dari sel darah merah yang bertugas mengangkut dan membawa oksigen keseluruh tubuh. Karakteristik ini akan menghasilkan pembentukan karboksihemoglobin (HbCO) yang 200 kali lebih stabil dibandingkan oksihemoglobin (HbO₂). Penguraian HbCO yang relatif lambat dapat menyebabkan terhambatnya kerja molekul sel pigmen/ hemoglobin tersebut dalam fungsinya untuk membawa oksigen ke seluruh tubuh. Kondisi seperti ini dapat berakibat serius, bahkan fatal, karena dapat menyebabkan sistem transportasi darah terganggu dan mengakibatkan keracunan. Metabolisme otot dan juga

²⁵ World Bank Group, 1998, *Pollution Prevention and Abatement Handbook World Bank Group-Sulfur Oxides*, p. 231-234

fungsi enzim intra-seluler akan terganggu dengan adanya ikatan CO yang relatif stabil. Karbon monoksida memiliki peranan penting dalam reaksi fotokimia di atmosfer dalam lingkungan perkotaan dan suatu wilayah²⁶. Di area perkotaan, CO dapat memproduksi atau menghancurkan ozon, tergantung dari konsentrasi nitrogen oksida dan senyawa hidrokarbon. Dalam simulasi numerik, setidaknya dalam satu wilayah udara, CO menemukan formasinya mencapai 10-20% dari ozon yang ditemukan disana.

Kadar dari CO di udara bervariasi dan dapat dipengaruhi oleh cuaca, topografi jalan dan bangunan disekitarnya. Pemaparan CO dari udara ambien dapat direfleksikan dalam bentuk kadar karboksihemoglobin (HbCO) dalam darah yang terbentuk dengan sangat perlahan karena membutuhkan waktu 4-12 jam untuk tercapainya keseimbangan antara kadar CO di udara dan HbCO dalam darah.

Sumber karbon monoksida di lingkungan, terdiri atas dua bagian besar, yaitu : terbentuk secara alami dan buatan. Adapun karbon monoksida yang terdapat di lingkungan dapat terbentuk secara alamiah, tetapi sumber utamanya adalah dari kegiatan manusia (terutama dari kegiatan pembakaran). Untuk karbon monoksida yang berasal dari alam/ natural dapat berasal dari lautan, oksidasi logam di atmosfer, pegunungan, kebakaran hutan dan badai listrik alam. Sumber CO buatan yang berasal dari kegiatan manusia meliputi : asap pada kendaraan bermotor, terutama yang menggunakan bahan bakar bensin. Berdasarkan estimasi, jumlah CO dari sumber buatan diprediksi telah mendekati 60 juta ton per tahun, dengan sebagian besar berasal dari asap kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan sepertiganya berasal dari sumber tidak bergerak seperti pembakaran batubara dan minyak dari industri dan pembakaran sampah rumah tangga. Menurut WHO (1992), yang dikutip oleh www.depkes.go.id, setidaknya 90% keberadaan dari CO di udara ambien perkotaan berasal dari emisi kendaraan bermotor dan juga asap rokok.

Dampak dari CO bervariasi tergantung dari status kesehatan seseorang pada saat terpajan, misalnya saja CO dapat bersifat sangat berbahaya bagi orang yang telah menderita gangguan pada otot jantung atau sirkulasi darah perifer

²⁶ EPA, 2000, *Air Quality Criteria for Carbon Monoxide*

yang akut. Pada beberapa orang yang berbadan gemuk, mereka dapat mentolerir pajanan CO hingga kadar HbCO dalam darahnya mencapai 40% dalam waktu singkat. Kasus akan berbeda bagi orang yang menderita sakit jantung atau paru-paru, dampaknya akan menjadi lebih parah apabila kadar HbCO dalam darahnya mencapai sebesar 5–10%. Selain itu, CO dengan kadar tinggi juga sangat berbahaya dan berpengaruh terhadap sistem syaraf pusat dan kardiovaskular.²⁷

2.9 Metana

CH₄ adalah molekul sederhana yang terdiri dari satu karbon dikelilingi oleh 4 atom hidrogen dan dibentuk hampir sebagian besar oleh bakteri yang memakan material organik. Dalam kondisi kering, banyak terdapat oksigen dan bakteri aerob yang menghasilkan karbon dioksida. Akan tetapi, di area yang basah, seperti rawa, tanah basah, dan lautan, tidak ada oksigen yang cukup dan juga hidrokarbon akan hancur menjadi metana dengan bantuan bakteri anaerob. Beberapa dari gas metana ini akan terperangkap sebagai gas, padatan, terlarut, atau termakan) dan beberapa akan menuju ke atmosfer dimana akan pecah menjadi CO₂ dan uap air (H₂O) dalam serangkaian reaksi kimia.

Pembakaran sempurna dari metana dengan keberadaan oksigen menghasilkan karbon dioksida dan air. Metana merupakan gas yang ada pada temperatur ambien tertentu dan juga sangat mungkin untuk berpindah dengan jarak yang jauh. Karakteristik utama dari gas ini adalah bersifat *flammable* (mudah terbakar) dan juga rentan meledak saat bercampur dengan udara dengan konsentrasi di atas 5%²⁸.

Sumber alami dari metana ini adalah tanah basah, rayap, dekomposisi material organik di lautan dan air tawar, serta hidrat metana. Sementara itu, faktor antropogenik yang mempengaruhi keberadaan metana, termasuk kotoran ternak, tanaman padi, pembakaran biomassa, TPA, pertambangan batubara, dan lokasi produksi gas.

Adapun dampak kesehatan dari gas metana itu adalah pusing, mual, muntah, kehilangan kesadaran, dan juga kematian pada saat keberadaan oksigen

²⁷ <http://www.depkes.go.id>, Buku Panduan Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya Terhadap Kesehatan

²⁸ Air Products, 1999, *Material Safety Data Sheet*, p. 1-5

di atmosfer kurang dari 19,5%. Pada konsentrasi oksigen yang sangat rendah, yaitu dibawah 12%, ketidaksadaran dan juga kematian dapat langsung terjadi tanpa timbul gejala.

Selain itu, gas metana memiliki potensi terhadap pemanasan global sebesar 21-23 *CO₂-equivalent*, yang berarti setiap kg dari metana yang diemisikan ke atmosfer memiliki efek yang ekuivalen terhadap iklim bumi sebesar 21-23 kali lebih besar dari karbon dioksida selama periode waktu 100 tahun. Gas metana menyerap sebagian frekuensi dari radiasi inframerah (yang diemisikan dari permukaan bumi) yang seharusnya diteruskan ke luar angkasa.

2.10 Nitrogen Oksida

Nitrogen oksida (NO_x) merupakan bentuk umum yang digunakan untuk menggambarkan jumlah dari gas NO , NO_2 dan bentuk oksida nitrogen lainnya, seperti N_2O , N_2O_2 , N_2O_3 , N_2O_4 , dan N_2O_5 . Diantara beberapa bentuk tersebut, N_2O_2 , N_2O_3 dan N_2O_5 konsentrasinya dapat diabaikan, serta efek dan keberadaannya tidak membawa dampak yang signifikan dalam proses pembakaran sampah. N_2O juga tidak termasuk bentuk gas yang signifikan dalam proses pembakaran sampah. Berdasarkan hal tersebut, umumnya NO_x dalam proses pembakaran sampah merupakan representatif dari keberadaan gas NO dan NO_2 . Sekitar 90% bentuk NO_x dari hasil proses pembakaran sampah adalah berupa NO . NO terbentuk dari oksidasi dengan nitrogen (N_2) pada atmosfer (*European Commission, 2000*). NO biasanya terbentuk pada temperatur yang lebih tinggi, dimana temperatur yang lebih rendah biasanya menstimulasi pembentukan NO_2 . Pada kenyataannya, seluruh NO yang terbentuk selama pembakaran akan teroksidasi menjadi NO_2 di atmosfer, sebagai hasil akhir yang lebih stabil pada temperatur yang lebih rendah. Sebaliknya, pada temperatur yang lebih rendah, molekul gas NO_2 akan berubah menjadi NO . Oleh karena itu, akan ada kesetimbangan dinamis antara NO dan NO_2 dimana temperatur merupakan parameter utama yang akan mengendalikan arah dari transformasi bentuk kimia kedua molekul gas tersebut.

NO_x merupakan kelompok gas yang reaktif dan berperan penting dalam pembentukan lapisan ozon. Sebagian besar NO_x tidak berwarna dan tidak berbau. NO_x terbentuk pada saat terjadi proses pembakaran bahan bakar pada temperatur

tinggi. Nitrogen oksida (NO_x) di dalam udara ambien sebagian besar terdiri dari nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO_2).

Kedua bentuk gas nitrogen oksida merupakan polutan yang signifikan pada atmosfer yang lebih rendah. Bentuk lainnya adalah nitrous oksida (N_2O) adalah gas rumah kaca. NO adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, serta merupakan bentuk dominan dari nitrogen oksida. NO dengan cepat akan berubah menjadi nitrogen dioksida yang lebih beracun dengan adanya reaksi kimia dengan keberadaan ozon di atmosfer. Nitrogen dioksida adalah gas berwarna jingga kekuningan hingga coklat kemerahan dengan bau menusuk dan oksidan yang sangat kuat. Bagian nitrogen dioksida di dalam atmosfer akan diubah menjadi asam nitrat (HNO_3) dan garam amonia. Nitrat aerosol akan dihilangkan dari atmosfer melalui pengendapan basah atau kering yang sama dengan penghilangan sulfat aerosol.

Ada 3 cara dimana akan terjadi pembentukan NO_x , yaitu : oksidasi nitrogen pada atmosfer di temperatur yang tinggi (termal NO_x), oksidasi nitrogen atmosfer dalam keberadaan rantai hidrokarbon pada sampah (*prompt* NO_x), dan oksidasi dari bentuk nitrogen dalam sampah (*fuel* NO_x). NO_x yang terjadi akibat dari proses pembakaran terbentuk dari tiga mekanisme (EPA, 1999), yaitu :

- *Fuel* NO_x

Hal ini terjadi karena adanya oksidasi senyawa nitrogen organik yang terkandung di dalam sampah yang dibakar. Gas ini terbentuk ketika terjadi reaksi antara N_2 organik yang terdapat di dalam sampah dengan oksigen ditambah dengan keberadaan dari nyala api. Adapun laju reaksi dari pembentukan gas ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : ketersediaan oksigen, besarnya kandungan N_2 dalam sampah, struktur kimia N_2 dan senyawa lain dalam sampah. *Fuel* NO_x dapat terbentuk pada temperatur yang rendah, $<1100^\circ\text{C}$, dan tergantung dari keberadaan oksigen pada nyala api. Senyawa yang mengandung N_2 akan bereaksi membentuk N_2 atau NO_x . Disaat keberadaan oksigen menurun jumlahnya, maka N_2 akan menjadi produk reaksi utama. Dan ketika oksigen menurun, maka fraksi N_2 organik yang menjadi NO_x akan meningkat. Senyawa N_2 yang terdapat pada senyawa *volatile* akan

lebih muda membentuk NO_x dibandingkan N_2 yang terikat pada senyawa *non volatile*.

- *Thermal NO_x*

Thermal NO_x ini terjadi pada pembakaran dengan temperatur tinggi yang terjadi akibat adanya reaksi antara N_2 dan O_2 radikal. Adapun laju reaksinya dipengaruhi oleh beberapa hal seperti : temperatur, ketersediaan O_2 dan N_2 , serta waktu tinggal. Adapun reaksi keseluruhan dari pembentukan oksida nitrogen adalah sebagai berikut :



Kesetimbangan reaksi pada 2.8 memiliki nilai yang amat kecil pada temperatur di bawah 727°C dan mengakibatkan pada temperatur ini, konsentrasi NO akan menjadi sangat kecil. Akan tetapi, kesetimbangan NO akan meningkat dengan cepat seiring dengan kenaikan temperatur. Konstanta kesetimbangan pada pembentukan gas NO_2 akan menurun seiring dengan meningkatnya temperatur dan dapat dikatakan pembentukan NO_2 akan terjadi pada temperatur yang rendah. NO_2 ini akan kembali menjadi NO pada temperatur tinggi. NO yang diemisikan ke atmosfer akan menjadi tidak stabil karena menurunnya temperatur. Hal ini akan menyebabkan kemungkinan terjadinya dua reaksi yaitu : dekomposisi NO menjadi N_2 dan O_2 atau reaksi antara NO dengan O_2 membentuk NO_2 . Akan tetapi, dekomposisi NO menjadi N_2 dan O_2 memerlukan energi aktivasi yang lebih besar, sementara reaksi antara NO dengan O_2 membentuk NO_2 hanya bergantung pada laju reaksinya sehingga menyebabkan NO yang terbentuk pada temperatur tinggi menjadi lebih berpotensi bereaksi dengan O_2 dan kemungkinan pembentukan NO_2 di atmosfer menjadi lebih besar karena temperaturnya lebih rendah dibanding temperatur pembakaran.

Beban emisi tahunan global dari emisi nitrogen oksida antropogenik diprediksi mencapai sekitar 50 juta metrik ton (*World Resources Institute, 1994*). Konsentrasi rerata tahunan di area perkotaan di dunia adalah sekitar $20\text{-}90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tingkat nitrogen dioksida bervariasi sesuai dengan lamanya siang hari, musim, dan kondisi meteorologi.

- *Prompt NO_x*

Peningkatan bentuk NO dapat dipengaruhi dengan keberadaan spesies hidrokarbon. Laju pembentukan NO selama proses pembakaran dari substansi hidrokarbon dapat melebihi dari jumlah yang diprediksi dalam mekanisme Zeldovich (pembentukan NO akibat adanya reaksi kimia, dimana molekul nitrogen dari udara memisahkan diri ke dalam atom nitrogen dan bereaksi dengan oksigen di dalam kamar pembakaran membentuk NO).

Tabel 2.6 Bentuk-Bentuk NO_x

COMPOUND	NAME	PROPERTIES
N ₂ O	Nitrous oxide	Colourless gas, water soluble
NO	Nitric oxide	Colourless gas, slightly water soluble
N ₂ O ₂	Dinitrogen dioxide	
N ₂ O ₃	Dinitrogen trioxide	Black solid, water soluble
NO₂	Nitrogen dioxide	Red-brown gas, very water soluble
N ₂ O ₄	Dinitrogen tetroxide	
N ₂ O ₅	Dinitrogen pentoxide	White solid, very water soluble

Sumber : *European Commission, 2000*

Tabel 2.7 Analisis Komponen Elemen Sampah Domestik (wt.%)

Material	Carbon (%)	Hydrogen (%)	Oxygen (%)	Nitrogen (%)	Chlorine (%)	Sulphur (%)	Moisture	Ash
Mixed Waste	27,5	3,7	20,6	0,45	0,5	0,83	23,2	23,4
Corrugated	36,79	5,08	35,41	0,11	0,12	0,23	20	2,26
Newsprint	36,62	4,66	31,76	0,11	0,11	0,19	25	1,55
Magazines	32,93	4,64	32,85	0,11	0,13	0,21	16	13,13
Other Paper	32,41	4,51	29,91	0,31	0,61	0,19	23	9,06
Plastics	56,43	7,79	8,05	0,85	3	0,29	15	8,59
Rubber/Leather	43,09	5,37	11,57	1,34	4,97	1,17	10	22,49
Wood	41,2	5,03	34,55	0,24	0,09	0,07	16	2,82
Textiles	37,23	5,02	27,11	3,11	0,27	0,28	25	1,98
Yard Waste	23,29	2,93	17,54	0,89	0,13	0,15	45	10,07
Food Waste	17,93	2,55	12,85	1,13	0,38	0,06	60	5,1

Sumber : *European Commission, 2000*

Nitrogen dioksida menyebabkan gangguan pernapasan manusia, meningkatkan produksi dahak, efek merugikan dan gangguan pada paru-paru, serta perubahan biokimia. Pengaruh nitrogen dioksida terhadap reaksi pada pewarnaan tekstil dapat mengakibatkan warna bahan memudar/ berwarna kekuningan, serta dapat menurunkan kualitas material tersebut. Nitrogen dioksida juga dapat menyebabkan penyakit pada tanaman, penyebab hujan asam,

menurunkan pH air, memusnahkan ekosistem perairan dan membentuk smog dengan oksidan fotokimia.²⁹

Tabel 2.8 Standard Referensi dan Panduan Level Ambien Untuk Nitrogen Dioksida

Standard or guideline	Annual average	24-hour average	1-hour average
EU limit values (1985)	200 ^a		
USEPA standards (1992)	100 ^b		
WHO guidelines (1977)			190–320 ^c
WHO guidelines for Europe (1987)		150	400

Sumber : *Pollution Prevention and Abatement Handbook World Bank Group, 1998*

Nitrit oksida sendiri adalah suatu molekul yang penting yang mempengaruhi sistem kardiovaskuler³⁰. Nitrit oksida merupakan senyawa yang bersifat toksik dan berumur pendek, berupa molekul gas yang diproduksi oleh enzim *inducible NO synthase*, dengan cara mengubah asam amino arginin menjadi NO dan sitrulin (Becker et al. 2000 yang dikutip Samsi, 2007). Molekul NO berperan penting sebagai regulator kardiovaskuler, meningkatkan tekanan darah, diproduksi oleh neuron dan makrofag. Nitrit oksida memiliki jumlah elektron ganjil dan sebagai radikal bebas, molekul ini relatif stabil namun bereaksi cepat bila bertemu dengan senyawa yang mengandung elektron yang tidak berpasangan, misalnya molekul oksigen, anion superoksida dan ion logam (Cambel dan Smith, 2001 yang dikutip Samsi, 2007).

2.11 *Global Warming Potential dan Potential Acid Equivalent Index*

Global Warming Potential (GWP) merupakan satu jenis indeks yang cukup sederhana yang dapat digunakan untuk memperkirakan dampak emisi yang potensial di masa mendatang untuk berbagai jenis gas terkait dengan sistem iklim. GWP adalah sebuah pengukuran relatif dampak radiatif dari sebuah substansi yang ada terhadap substansi yang lain, yang tergabung dalam sebuah periode waktu yang telah ditentukan. Menurut IPCC (1990), GWP ini dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan kekuatan radiatif dalam satuan waktu dari 1 kg substansi yang

²⁹ World Bank, 1998, *Pollution Prevention and Abatement Handbook World Bank Group-Nitrogen Oxide*, p. 223-226

³⁰ Samsi, 2007, Disertasi Ekstra Benalu Teh (*Scurulla oortiana*) Sebagai Imunomodulator Dan Antitumor Infeksi Marek's Disease Virus (MDV) Serotipe 1 Onkogenik Pada Ayam

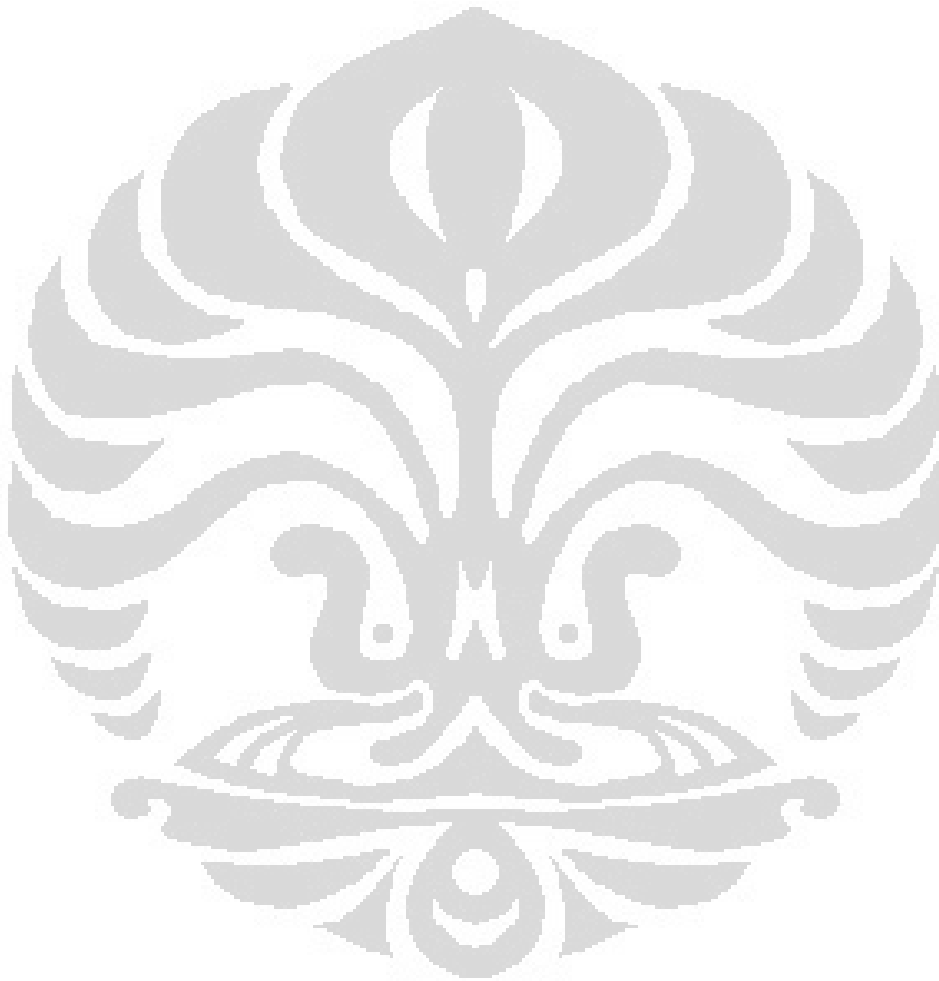
dicari relatif terhadap 1 kg gas referensi (biasanya berupa gas *CO₂-equivalent*). Pada umumnya pemilihan periode waktu tergantung pada pengguna yang menginginkan untuk prediksi dalam jangka waktu panjang atau pendek (sesuai kebutuhan yang diinginkan), dapat dihitung berdasarkan periode waktu 20 tahun, 100 tahun, dan 500 tahun.

CO₂-equivalent (*CO₂-e*) merupakan standar unit untuk mengukur *carbon footprints* (jejak karbon). Dalam hal ini satuan tersebut merupakan sebuah angka untuk mengekspresikan dampak dari masing-masing gas rumah kaca dalam bentuk jumlah *CO₂-e* yang dapat menciptakan jumlah yang setara dengan gas *CO₂* tersebut untuk pemanasan global. Selain itu, unit ini juga dapat membuat pelacakan jejak karbon menjadi lebih sederhana dengan membuat berbagai jenis gas rumah kaca yang berbeda-beda dikonversi menjadi sebuah unit yang sama, yaitu *CO₂-e* sehingga lebih memudahkan untuk mengetahui potensi dampak dari masing-masing gas tersebut. Sebagai contoh, gas metana memiliki nilai GWP sebesar 25 kali lipat setara gas *CO₂* dalam periode waktu 100 tahun, hal ini berarti gas dalam 1 kg gas metana yang dilepaskan memiliki nilai dan potensi dampak pemanasan yang sama dengan 25 kg gas *CO₂* dalam jangka waktu 100 tahun. Di dalam penelitian ini, nilai faktor GWP yang digunakan adalah untuk periode waktu 100 tahun berdasarkan *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, 2001.

Berdasarkan *Air Emissions Accounts*, Portugal, 2010, yang disebut dengan *Potential Acid Equivalent* (PAE) indeks adalah sebuah angka yang digunakan untuk memperkirakan potensi kandungan sebuah substansi tertentu dalam pembentukan asam. Nilai PAE indeks ini ditulis dalam satuan mol H^+ dalam setiap 1 unit (pada umumnya ton) dari gas yang diemisikan. Dengan mengetahui PAE indeks dari sebuah gas, maka dapat diperkirakan potensi atau kemampuan gas tersebut dalam memproduksi sebuah senyawa asam dengan melihat jumlah molekul H^+ di dalam gas tersebut.

Dengan adanya derajat atau potensi nilai asam yang tinggi dalam suatu gas, maka gas tersebut memiliki kemampuan yang besar sebagai kontributor hujan asam. Hujan asam merupakan sebuah bentuk dari proses presipitasi seperti hujan, kabut, salju, yang mengandung senyawa merugikan seperti nitrogen dan sulfur

oksida (www.acidrain.org)³¹. Hujan asam ini terjadi saat gas-gas bereaksi di atmosfer dengan air, oksigen, dan zat kimia lainnya untuk membentuk berbagai senyawa asam. Hasil dari hujan asam ini adalah larutan halus dari asam sulfur dan nitrit (EPA, 2007). Dampak dari hujan asam ini adalah merugikan bagi tanaman, bersifat korosif, merusak material bangunan, dan juga dapat membawa efek merugikan bagi kesehatan manusia.



³¹ <http://www.acidrain.org>, *Acid Rain (Air Quality, Air Control, and Climate Change)*, diakses pada tanggal 28 Mei 2012, pukul 13:45

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Umum

Bab ini menguraikan tentang langkah-langkah secara mendetail dan spesifik tentang metode penelitian yang akan digunakan dalam menghitung beban emisi total CO, CH₄, NO_x, SO_x yang dihasilkan dari pembakaran sampah Kota Depok. Secara umum, penelitian ini dimulai dari studi pendahuluan, pengukuran jumlah timbunan dan komposisi sampah berdasarkan luas lantai rumah, dan penyebaran kuisioner. Tahapan dan algoritma metodologi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.2 Tujuan Penelitian

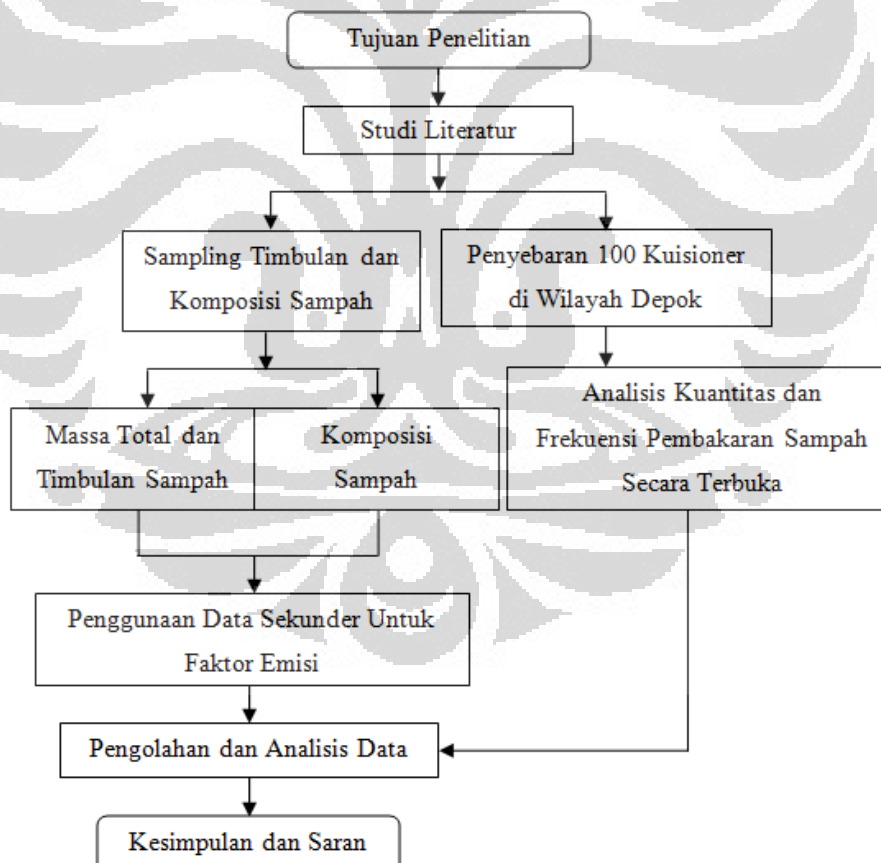
Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk memprediksi beban emisi total dari CO, CH₄, NO_x, SO_x yang dihasilkan Kota Depok, membandingkan berat total, timbunan, dan komposisi sampah berdasarkan luasan rumah yang dihasilkan di Kota Depok, mengetahui kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah di Kota Depok, dan mengetahui hubungan antara luas lantai rumah dengan kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah.

3.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, dimana dalam proses penelitiannya yang dimulai dari usulan penelitian, proses, hipotesis, turun ke lapangan, analisis data dan kesimpulan data sampai dengan penulisannya mempergunakan aspek pengukuran, perhitungan, rumus dan kepastian data numerik. Untuk analisis yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif. Metode analisis deskriptif adalah suatu metode dalam meneliti sekelompok kasus manusia, suatu objek, suatu kondisi, suatu sistem pemikiran ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang. Tujuan dari penelitian deskriptif ini adalah untuk membuat deskripsi, gambaran atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diselidiki³².

³² Nazir, Moh. , PhD, 1983, Metode Penelitian, p.63

Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah melakukan penghitungan jumlah total, timbulan dan komposisi sampah yang dihasilkan dari rumah mewah, rumah menengah, dan rumah sederhana, beserta dengan penyebaran kuisisioner untuk menentukan kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka di Kota Depok. Setelah itu, penentuan faktor emisi akan dilakukan dengan pengambilan data dari penelitian sebelumnya dengan membandingkan komposisi sampah dengan berbagai sumber literatur dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Kemudian, menghitung beban emisi total dari parameter CO, CH₄, NO_x, SO_x yang dihasilkan dari pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka di Kota Depok. Selain itu, akan dianalisis juga hubungan antara luas lantai rumah dengan kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah di Kota Depok. Berikut ini adalah algoritma metodologi yang akan dilakukan dalam penelitian ini :



Gambar 3.1 Algoritma Penelitian

Sumber : Hasil Analisis, 2011

3.4 Studi Literatur

Studi literatur didapatkan dari berbagai sumber yang akan menjadi dasar teori penunjang dalam penelitian ini. Studi literatur dapat berupa data dari buku, jurnal online, website resmi, dan instansi terkait. Dari studi literatur ini, maka metode penelitian, penghitungan data, dan analisis dapat lebih mudah untuk dilakukan. Selain dari studi literatur, data juga didapatkan dari hasil penelitian sebelumnya, khususnya dalam hal karakterisasi sampah Kota Depok dan faktor emisi dari pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka. Dengan adanya hasil dari penelitian sebelumnya, maka hasil yang didapat dalam penelitian ini dapat dibandingkan dengan hasil dari penelitian yang sebelumnya untuk dianalisis lebih lanjut.

3.5 Teknik Sampling

Di dalam penelitian ini, metode sampling yang utama dilakukan adalah berupa karakterisasi sampah Kota Depok dan juga penyebaran kuisioner. Sampel sampah rumah tangga akan diambil secara *stratified random sampling*. Dalam metode *stratified random sampling*, populasi dikelompokkan dalam kelompok yang homogen, ditarik sampel dari masing-masing kelompok tersebut, lalu pengambilan sampling dari kelompok yang homogen tersebut dilakukan secara *random*³³. Suatu *stratified random sample* merupakan sampel yang ditarik dengan memisahkan elemen-elemen populasi dalam kelompok-kelompok yang tidak *overlapping* yang disebut *strata*, dan kemudian memilih sebuah sampel secara random dari tiap stratum.

Dalam penelitian ini, pengidentifikasian 3 kelompok rumah akan didasarkan pada UU RI No.1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dikelompokkan 3 golongan rumah sesuai dengan asumsi luas lantai, yaitu :

- a. Kelompok Rumah A yang setara dengan luas lantai $<20 - 39 \text{ m}^2$
- b. Kelompok Rumah B yang setara dengan luas lantai $40 - 99 \text{ m}^2$
- c. Kelompok Rumah C yang setara dengan luas lantai $100 - >300 \text{ m}^2$

³³ Nazir, Moh. , PhD, 1983, Metode Penelitian, p.346

Kemudian, rumah yang diambil sampel sampahnya akan diberikan kuisioner untuk dijawab dan akan didapatkan kuantitas dan frekuensi pembakaran sampahnya.

3.6 Lokasi Sampling

Keseluruhan sampel ini diambil dari lingkup wilayah studi, yakni di sekitar Kota Depok, Jawa Barat. Setelah itu, rumah yang dipilih untuk dijadikan objek penelitian didasarkan pada asumsi dan kriteria yang telah dijelaskan di atas sesuai dengan UU RI No.1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman, yaitu :

- a. Kelompok Rumah A yang setara dengan luas lantai $<20 - 39 \text{ m}^2$
- b. Kelompok Rumah B yang setara dengan luas lantai $40 - 99 \text{ m}^2$
- c. Kelompok Rumah C yang setara dengan luas lantai $100 - >300 \text{ m}^2$

3.7 Penentuan Jumlah dan Populasi Sampel

Untuk penghitungan jumlah titik sampel dilakukan berdasarkan prosedur SNI-19-3694-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan, sebagai berikut :

$$S = C_d \sqrt{P_x} \quad (3.1)$$

Dimana :

S = Jumlah contoh (jiwa)

C_d = Koefisien kota, asumsi Kota Depok merupakan kota besar dengan koefisien 1

P_x = Populasi (jiwa)

$$K = \frac{S}{N} \quad (3.2)$$

Dimana :

K = Jumlah sampel (KK)

N = Rata-rata jumlah jiwa per keluarga = 5

Maka pengambilan jumlah titik sampel tersedia dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 3.1 Proyeksi Jumlah Penduduk Kota Depok Tahun 2012

No.	Kota	Laju Pertumbuhan Penduduk 2000-2010	Jumlah Penduduk			
			2010	2011	2012	Pembulatan
1.	Depok	0,0427	1736565	1810716,326	1888033,913	1888034

Sumber : Hasil Analisis, 2011

Data jumlah penduduk dan laju pertumbuhan penduduk Kota Depok, didapatkan dari BPS Depok 2010 dan Depok dalam angka 2010. Untuk proyeksi jumlah penduduk hingga tahun 2012, menggunakan proyeksi secara geometri. Pertumbuhan geometri adalah pertumbuhan penduduk bertahap, yaitu dengan memperhitungkan pertumbuhan penduduk hanya pada akhir tahun dari suatu periode. Pertumbuhan penduduk secara geometri dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P_n = P_o (i + r)^n \quad (3.3)$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada n tahun;

P_o = Jumlah penduduk pada awal tahun;

r = Tingkat pertumbuhan penduduk;

n = Periode waktu dalam tahun

Tabel 3.2 Penentuan Jumlah Sampel

No	Kota	Jumlah Penduduk 2012	Cd	Rata-Rata Anggota RT	Besar Sampel Jiwa	Besar Sampel KK	Pembulatan
1.	Depok	1888034	1	5	1374.057463	274.8114927	275
Total Sampel							275

Sumber : Hasil Analisis, 2011

Menurut perhitungan di atas, jumlah seluruh sampel yang seharusnya diambil adalah sebanyak 275 KK. Akan tetapi, karena keterbatasan alat, waktu, tenaga kerja, dan biaya, maka pengambilan jumlah titik sampel direduksi menjadi 30 sampel. 30 sampel ini didapatkan berdasarkan sampel ideal (Gay dan Diehl, 1992 yang dikutip oleh Busnawir)³⁴ yang mengatakan bahwa untuk jenis analisis

³⁴ Busnawir, Penentuan Sampel Dalam Penelitian (Artikel), p. 64 diakses melalui <http://isjd.pdii.lipi.go.id>

deskriptif, minimal sampel adalah dapat diambil 30 sampel saja apabila populasinya sangat besar.

Untuk masing-masing kelompok rumah, akan diambil sampel sebanyak masing-masing sebagai berikut :

Tabel 3.3 Jumlah Sampel Rumah Tangga

No	Luas Lantai	Jumlah Rumah Tangga	Proporsi	Jumlah Sampel (RT)
1.	< 20-39 m ²	130981	0,297585347	9
2.	40-99 m ²	203710	0,462823699	14
3.	100->300 m ²	105455	0,239590954	7
	Total	440146	1	30

Sumber : BPS, SP 2010 dan Hasil Analisis, 2011

3.8 Penentuan Waktu Sampling

Waktu pengambilan sampel sampah dilakukan selama 8 hari berturut-turut sesuai SNI 19-3964-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan, dimana akan dilakukan pengambilan sampel mulai dari sampah hari Senin hingga hari Senin pada minggu berikutnya.

3.9 Pemilihan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah untuk menghitung kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah rumah tangga di Kota Depok, yaitu kuisisioner. Sementara untuk karakterisasi sampah, alat yang diperlukan adalah timbangan 5-10 kg, *box/ container* 20 liter, dan *trash bag*.

3.10 Pengambilan Data

3.10.1 Data Primer

Sampling dan pengambilan data primer dalam penelitian ini, adalah berupa karakterisasi sampah dan penyebaran kuisisioner. Berikut ini akan dijelaskan lebih lanjut mengenai hal tersebut.

3.10.1.1 Karakterisasi Sampah

Penelitian ini meninjau karakter sampah berdasarkan luas lantai rumah, yang dibagi ke dalam tiga kelompok rumah. Tujuan sampling karakter sampah ini adalah untuk melihat korelasi antara luas lantai rumah dengan komposisi sampah

dan beban emisi CO, CH₄, NO_x, SO_x yang dihasilkan. Pengukuran komposisi dan timbulan sampah yang dilakukan di dalam penelitian tertera di bawah ini :

- Massa sampah total

Penghitungan massa sampah total akan dilakukan sesuai dengan prosedur SNI-19-3694-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan seperti tertera di bawah ini :

- Membagikan kantong plastik yang sudah diberi tanda kepada sumber sampah 1 hari sebelum dikumpulkan;
- Mencatat jumlah unit masing-masing penghasil sampah;
- Mengumpulkan kantong plastik yang sudah terisi sampah;
- Mengangkut seluruh kantong plastik ke tempat pengukuran;
- Menimbang kotak pengukur;
- Menuang secara bergiliran contoh tersebut ke kotak pengukur ± 20 l;
- Menghentak 3 kali kotak contoh dengan mengangkat kotak setinggi 20 cm. Lalu menjatuhkan ke tanah;
- Mengukur dan mencatat volume sampah (Vs);
- Menimbang dan mencatat berat sampah (Bs).

- Timbulan sampah rumah tangga

Timbulan sampah rumah tangga tiap rumah akan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\frac{\text{Massa total sampah tiap rumah dalam 1 hari (kg)}}{\text{Jumlah orang dalam rumah tersebut (orang)}} \times 1 \text{ hari} = a \frac{\text{kg}}{\text{orang /hari}} \quad (3.4)$$

- Komposisi sampah

Untuk pengukuran komposisi sampah akan dilakukan sesuai dengan prosedur SNI-19-3694-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan seperti tertera di bawah ini :

- Memilah contoh berdasarkan komponen komposisi sampah, yaitu berupa sampah organik yang terdiri atas sisa makanan, dedaunan, dan kayu, serta sampah anorganik yang terdiri atas plastik, kertas, kain, logam, dan kaca;
- Menimbang dan mencatat berat sampah;
- Menghitung komponen komposisi sampah seperti contoh dalam Lampiran A SNI-19-3694-1994.

Adapun komposisi sampah yang dimaksud dalam penelitian ini adalah sampah organik yang berupa, sisa makanan, dedaunan, dan kayu, serta sampah anorganik yang terdiri atas plastik, kertas, kain, logam, kaca, dan lain-lain (pembalut wanita, pampers, batu, keramik, kulit/karet, debu).

3.10.1.2 Kuisisioner

Pembagian kuisisioner akan dilakukan secara acak di lingkup wilayah Kota Depok dengan jumlah responden sebanyak 100 responden. Responden dalam penelitian ini adalah 30 responden merupakan pemilik rumah yang sampahnya disampling, dan 70 responden diambil secara acak di lingkup wilayah Kota Depok. Penghitungan jumlah sampel kuisisioner dilakukan dengan menggunakan rumus Slovin, yaitu :

$$n = \frac{N}{1+N(d^2)} \quad (3.5)$$

Dimana : n = jumlah sampel, N = populasi, d = error yang diperbolehkan (0,1) atau 90% tingkat kepercayaan. Dari persamaan ini didapatkan jumlah kuisisioner yang harus disebar adalah sebanyak 100 kuisisioner untuk 100 responden.

Berikut ini adalah tabel penentuan jumlah kuisisioner untuk masing-masing kelompok rumah A :

Tabel 3.4 Penentuan Jumlah Sampel Kuisisioner

No	Luas Lantai	Jumlah Rumah Tangga	Proporsi	Jumlah Kuisisioner
1.	< 20-39 m ²	130981	0,297585347	30
2.	40-99 m ²	203710	0,462823699	46
3.	100->300 m ²	105455	0,239590954	24
	Total	440146	1	100

Sumber : BPS, SP 2010 dan Hasil Analisis, 2011

3.10.2 Data Sekunder

Adapun data sekunder yang dibutuhkan untuk pengolahan data dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Faktor emisi : didapatkan dari hasil data penelitian yang telah ada sebelumnya (penelitian Yudison dan Swesty, 2007) dan U.S. EPA;
- b. Persentase penduduk yang membakar sampah di Kota Depok : Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok .

3.11 Pengolahan Data

Di dalam penelitian ini, pengolahan data akan dilakukan dengan menggunakan Microsoft Excel.

Untuk menentukan faktor emisi akan diambil data dari penelitian yang telah ada sebelumnya, yaitu dari penelitian U.S. EPA (1995), Swesty dan Yudison (2007).

Sementara itu, kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah rumah tangga Kota Depok didapatkan dari hasil wawancara dan kuisisioner dengan beberapa KK (Kepala Keluarga) yang dijadikan objek sampling.

Setelah itu, penghitungan beban emisi masing-masing parameter akan dihitung dengan menggunakan rumus yang sudah ada dari teori sebelumnya. Adapun contoh untuk perhitungan beban emisi berdasarkan metode U.S. EPA dan Paul Lemieux, *et.al.*, (2001) adalah sebagai berikut :

$$\text{Emisi} = \text{Faktor emisi} \times \text{Faktor aktivitas} \quad (3.6)$$

3.12 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini berupa analisis yang dimaksudkan untuk menjawab tujuan penelitian. Analisis data tersebut berupa, hubungan antara luas lantai rumah dengan kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah rumah tangga di Kota Depok, penghitungan timbulan sampah, dan prediksi beban emisi dari polutan CO, CH₄, NO_x, dan SO_x di Kota Depok.

3.13 Kesimpulan dan Saran

Untuk penarikan kesimpulan dan pemberian saran di dalam penelitian ini akan dilakukan berdasarkan pengolahan data dan analisis hasil yang telah dilakukan.

BAB 4

GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI

4.1 Pengelolaan Sampah Kota Depok

Menurut Bappeda Kota Depok (2011)³⁵, adapun kondisi pengelolaan persampahan di Kota Depok terbagi dalam komponen-komponen/ subsistem sebagai berikut :

- Subsistem kelembagaan dan organisasi;
- Subsistem teknik operasional;
- Subsistem pembiayaan;
- Subsistem peraturan;
- Komponen peran serta masyarakat

Keseluruhan kondisi eksisting pengelolaan sampah Kota Depok akan dijelaskan lebih rinci di bawah ini.

4.1.1 Subsistem kelembagaan dan organisasi

Adapun subsistem untuk kelembagaan dan organisasi yang terkait dengan pengelolaan persampahan di Kota Depok terlihat dari tabel di bawah ini :

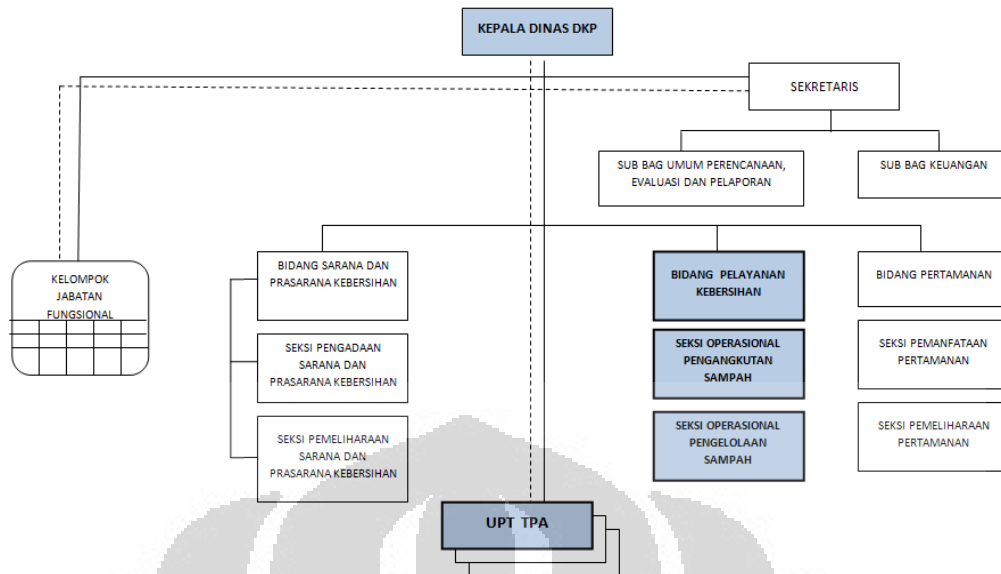
Tabel 4.1 Unsur Kelembagaan Pengelolaan Persampahan Kota Depok

Unsur	Lembaga
Pemerintah Kota Depok	Dinas Bina Marga dan Sumber Daya Air, Satuan Polisi Pamong Praja, Diskominfo, Kelurahan dan Kecamatan.
Masyarakat	Kader Lingkungan, Kader Posyandu, PKK, Sub-Klinik Desa (SKD), RW Siaga, Tokoh Masyarakat
Swasta	Developer, Radar Depok/Media, Kelompok Pemulung, Pengusaha Pengepul, Pengusaha daur ulang

Sumber : Bappeda Kota Depok, 2011

Selain itu, berikut ini merupakan gambar struktur organisasi instansi pengelola persampahan di Kota Depok :

³⁵ Bappeda Kota Depok, 2011, Rencana Program Investasi Jangka Menengah Kota Depok



Gambar 4.1 Struktur Instansi Pengelola Persampahan di Kota Depok

Sumber : Bappeda Kota Depok, 2011

4.1.2 Subsistem teknik operasional

Berdasarkan Bappeda Kota Depok, diperkirakan bahwa timbulan sampah di Kota Depok pada tahun 2010 adalah sebesar 2,65 l/org/ hari. Berdasarkan jumlah penduduk Kota Depok 2010, yaitu sebesar 1.736.565 jiwa, maka diperkirakan bahwa timbulan sampah di Kota Depok mencapai 4602 m³/ harinya. Sampah yang terangkut ke TPA adalah sebesar 1200 m³/ hari, dan yang sudah diolah di 19 UPS sebesar 475 m³/ hari, sedangkan yang tidak terangkut mencapai 2927 m³/hari. Secara umum, sistem pengelolaan persampahan di Kota Depok terbagi menjadi tiga, yaitu :

1. Pengelolaan sampah terpadu dengan menggunakan tempat penampungan sampah;
2. Unit pengelolaan sampah (UPS) untuk pengelolaan sampah di tingkat kawasan;
3. Pengelolaan sampah di tempat pembuangan akhir.

Untuk sistem pengangkutan sampah di Kota Depok dilaksanakan dengan pemindahan langsung sampah tersebut dari beberapa TPS yang ada, kontainer atau lokasi tertentu yang belum ada TPS, langsung dari rumah ke rumah, atau dari toko/bangunan ke toko/bangunan dengan dump truk yang selanjutnya dibawa ke

TPA sampah. Berikut ini merupakan diagram pengelolaan sampah yang terdapat di Kota Depok :



Gambar 4.2 Diagram Pengelolaan Sampah Kota Depok

Sumber : Bappeda Kota Depok, 2011

Adapun beberapa sistem pelayanan pengangkutan sampah yang digunakan di Kota Depok adalah sebagai berikut :

1. Sistem Transfer depo, yaitu suatu sistem pengangkutan sampah dengan menggunakan truk sampah dimana sampah yang akan diangkut dikumpulkan terlebih dahulu di suatu tempat, kemudian diambil oleh truk sampah (tukang gerobak menunggu truk yang hendak mengangkut sampah). Sistem ini lebih banyak digunakan untuk melayani wilayah perkotaan, kantpr-kantor, rumah sakit, sekolah, dan perumahan, misalnya yang ada di ruas Jalan Merdeka.
2. Sistem pengangkutan sampah melalui TPS adalah suatu sistem pengangkutan sampah yang hanya melayani wilayah yang memiliki TPS.
3. Sistem *door to door* adalah suatu sistem pengangkutan sampah dimana truk sampah akan mengambil sampah ke tiap permukiman warga. Metode ini biasanya digunakan untuk melayani masyarakat baik yang berada di wilayah perumahan maupun non perumahan yang berada di jalur layanan.

Adapun fasilitas, sarana dan prasarana yang telah dimiliki oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok untuk mengangkut sampah, serta jumlah ritasi setiap kendaraan adalah sebagai berikut :

1. Diangkut dengan dump truk
 - a. Volume dump truk = 8 m^3
 - b. Volume efektif = 10 m^3

- c. Jumlah dump truk = 55 unit
 - d. Jumlah Transfer Depo = 4 unit
 - e. Jumlah TPS = 42 unit
 - f. Bak sampah = 527 unit
 - g. Gerobak sampah = 458 unit
 - h. Gerobak motor sampah = 13 unit
 - i. Ritasi dump truk = 2-3 rit/hari/unit
2. Diangkut dengan Arm Roll
- a. Volume container = 6 m³
 - b. Volume efektif = 8 m³
 - c. Jumlah kontainer = 41 unit
 - d. Jumlah Arm Roll = 10 unit
 - e. Ritasi Arm Roll = 2 - 3 rit/hari/unit
3. Diangkut dengan Compactor Truck
- a. Volume compactor truck = 10 m³
 - b. Volume efektif = 10 m³
4. Diangkut dengan Pick-up
- a. Volume pick-up = 4-6 m³
 - b. Volume efektif = 6 m³

Berikut ini adalah daftar fasilitas, sarana dan prasarana yang dimiliki oleh Kota Depok :

Tabel 4.2 Fasilitas Sarana dan Prasarana Persampahan di Kota Depok

No	Fasilitas	Jumlah (unit)
1	TPA	1 (luas 11,6 Ha)
2	TPS	42
3	Kontainer	41
4	Transfer Depo	4
5	Truk sampah	55
6	Arm roll	11
7	Alat berat	8
8	Gerobak sampah	458
9	Gerobak motor sampah	13
10	Tong sampah terpisah	527
11	UPS (yang beroperasi)	19
12	UPS mandiri	5

Sumber : DKP Kota Depok, 2011

4.1.3 Subsistem peraturan

Adapun landasan hukum pengelolaan persampahan di Kota Depok berdasarkan pada beberapa hal sebagai berikut:

1. Undang-undang No. 25 tahun 2004 tentang Sistem Perencanaan Pembangunan Nasional;
2. Undang-undang No. 32 tahun 2004 tentang Pemerintah Daerah dan Undang-undang No 12 tahun 2008 mengenai Revisi UU No. 32 tahun 2004;
3. Undang-undang No. 33 Tahun 2004 tentang Perimbangan Keuangan antara Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah;
4. Undang-undang No. 17 tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional 2005-2025;
5. Undang-undang No. 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang;
6. Undang-undang No. 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah;
7. Undang-undang No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup;
8. Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun;

9. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air;
10. Peraturan Pemerintah Nomor 58 tahun 2005 tentang Pengelolaan Keuangan Daerah;
11. Peraturan Pemerintah Nomor 65 tahun 2005 tentang Standar Pelayanan Minimum;
12. Peraturan Pemerintah Nomor 38 tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintah Daerah Provinsi dan Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota;
13. Peraturan Pemerintah Indonesia No 41 tahun 2007 mengenai Organisasi Perangkat Daerah;
14. Peraturan Presiden RI Nomor 5 tahun 2010 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2010-2014;
15. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010 tentang Standar Pelayanan Minimal bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang;
16. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 21/PRT/M/2006 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Pengembangan Sistem Pengelolaan Persampahan;
17. Peraturan Daerah Kota Depok No 8 tahun 2008 tentang Organisasi Perangkat Daerah sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Daerah Kota Depok No 6 tahun 2010;
18. Peraturan Walikota Depok No 24 tahun 2008 tentang Rincian Tugas, Fungsi dan Tata Kerja Dinas Kebersihan dan Pertamanan;
19. Peraturan Walikota Depok No 36 tahun 2008 tentang Rincian Tugas, Fungsi dan Tata Kerja Badan Lingkungan Hidup;
20. Peraturan Walikota Depok No 24 tahun 2008 tentang Rincian Tugas, Fungsi dan Tata Kerja UPT TPA;
21. Peraturan Daerah Kota Depok Nomor 22 tahun 2004 tentang Retribusi Pelayanan Persampahan

4.1.4 Subsistem Pembiayaan

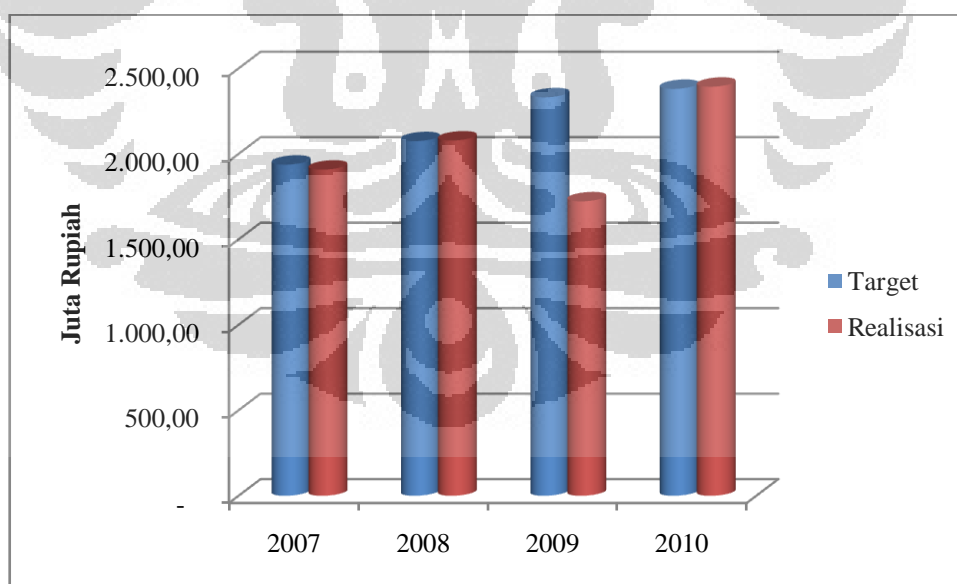
Untuk subsistem pembiayaan di Kota Depok terbagi menjadi beberapa hal sebagai berikut :

4.1.4.1 Sumber Dana

Berdasarkan data Bappeda Kota Depok 2011, pembiayaan pengelolaan persampahan di Kota Depok sebagian besar bergantung pada PAD (Pendapatan Asli Daerah) Kota Depok, salah satu di antaranya adalah dari hasil pengumpulan retribusi persampahan. Selama periode waktu 4 tahun terakhir (2008-2011) tidak ada bantuan pembiayaan yang berasal dari dana APBN maupun APBD Provinsi dialokasikan yang secara langsung untuk sektor persampahan, hanya pada tahun 2009 terdapat bantuan 1 set mesin pengolah sampah menjadi kompos dengan kapasitas 15 m³/hari. Mesin ini ditempatkan di Perumahan Laguna, yang tempat penyimpanannya dibangun oleh Pemda Kota Depok. Untuk saat ini pengelolaan mesin tersebut diserahkan kepada masyarakat.

4.1.4.2 Retribusi

Retribusi persampahan Kota Depok hingga tahun 2011, dikumpulkan oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan, dengan memanfaatkan loket-loket untuk pembayaran listrik dan telepon. Retribusi yang berhasil dikumpulkan dari tahun ke tahun mengalami peningkatan walaupun tidak terlalu besar, seperti yang tampak pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Target dan Realisasi Retribusi Persampahan Kota Depok

Sumber : Bappeda Kota Depok, 2011

Berdasarkan Peraturan Daerah Kota Depok Nomor 22 tahun 2004 tentang Retribusi Pelayanan Persampahan, besarnya tarif retribusi sampah Kota

Depok dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu : tarif pengambilan, pengangkutan, pengelolaan dan pemusnahan sampah untuk :

- 1) Rumah Non Real Estate, total biaya yang dipungut per bulan dilakukan berdasarkan kategori luas bangunan;
- 2) Rumah Real Estate, total biaya yang dipungut per bulan dilakukan berdasarkan kategori luas bangunan;
- 3) Perkantoran, Pasar, Pertokoan, Mal, Gedung Pertunjukan, Apotik, Klinik, Usaha Pertukangan / Pengolahan Bahan, total biaya yang dipungut per bulan dilakukan berdasarkan kategori volume sampah yang dihasilkan;
- 4) Lembaga Pendidikan / Kursus, Rumah Sewaan (Tempat Kost), Rumah Makan / Restoran, Hotel / Apartemen, Pabrik / Industri, Rumah Sakit / Rumah Bersalin, total biaya yang dipungut per bulan dihitung per m³ berdasarkan jenis kegiatan;
- 5) Pasar, total biaya yang dipungut dihitung per m³ per hari berdasarkan pada kegiatan usaha pedagang

Jika pengambilan dan pengangkutan tidak dapat memberlakukan tarif seperti di atas, maka retribusi pelayanan dapat diperkirakan dengan melakukan perhitungan rit, yang telah ditetapkan sebesar Rp. 85.000,-/rit.

Untuk penggunaan TPA Cipayang oleh swasta baik pribadi maupun suatu Badan yang berasal dari wilayah Depok dikenakan retribusi pembuangan sebesar Rp. 6.000,-/m³.

Sementara itu untuk alokasi anggaran sektor persampahan dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, yang hasilnya dialokasikan untuk membiayai :

- 1) Biaya Operasional pengangkutan
- 2) Biaya Operasional di TPA
- 3) Biaya operasional pengelolaan UPS
- 4) Biaya pengadaan dan pembangunan UPS
- 5) Biaya pengelolaan sampah lainnya

Tabel 4.3 Alokasi Anggaran Sektor Persampahan Kota Depok 2007-2011

Tahun	Anggaran (Rp)	% terhadap Belanja Langsung APBD
2007	23.187.420.520,00	3,70 %
2008	43.738.983.520,00	8,30 %
2009	37.975.970.700,00	6,34 %
2010	39.924.787.730,00	6.36 %
2011	51.636.003.500,00	6.80 %

Sumber : Bappeda Kota Depok, 2011

4.1.5 Subsistem peran serta masyarakat

Pemerintah Kota Depok telah melakukan berbagai kegiatan untuk mendorong partisipasi masyarakat untuk mengurangi volume sampah dari sumber serta dalam mengelola sampah dengan cara 3R dan telah dilaksanakan di tahun 2011. Berikut ini adalah beberapa kegiatan dan sosialisasi yang dilakukan oleh Pemkot Depok untuk mendorong partisipasi masyarakat dalam pelaksanaan 3R :

Tabel 4.4 Kegiatan untuk Mendorong Partisipasi Masyarakat dalam Pelaksanaan 3R

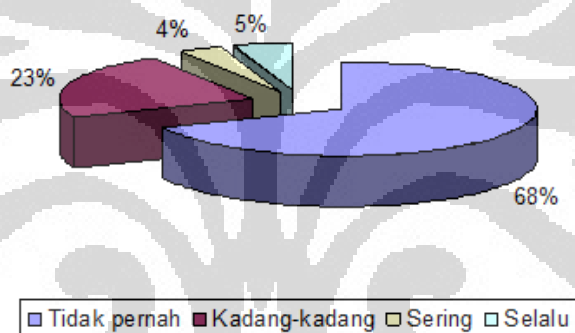
No.	Nama Kegiatan	Tahun	Lokasi
1	Sosialisasi dan Komposting Sampah Rumah Tangga	2009	6 Kecamatan @ 1 RW
2	Sosialisasi dan Komposting Sampah Rumah Tangga	2010	11 Kecamatan @ 11 RW
3	Komposting Sampah di Sekolah	2010	7 SD dan 4 SMP
4	Gerakan Depok Memilah	2010	Kel. Ratu Jaya dan Tanah Baru
5	Pelatihan 3R	2010	6 Lokasi
6	Gerakan Depok Memilah	2011	11 kawasan

Sumber : Bappeda Kota Depok, 2011

Selain itu, rencana Pemkot Depok untuk membangun UPS di tiap kelurahan cukup mendapat dukungan dari masyarakat di tingkat kelurahan. Berdasarkan hasil survey rumah tangga yang dilaksanakan pada bulan November 2007,

terlihat bahwa sebesar 96% rumah tangga sampel menyetujui dibangunnya UPS di kelurahan masing-masing.

Berdasarkan data yang diperoleh dari studi EHRA (*Environmental Health Risk Assessment*) tentang pemilahan sampah, sebesar 68% warga Kota Depok tidak pernah memilah sampah, sebesar 23% hanya kadang-kadang saja melakukan pemilahan sampah organik dan non organik, plastik, kertas, logam dan lain-lain, sebesar 4% yang sering memilah sampah, dan hanya sebesar 5% yang mengatakan selalu memilah sampah. Angka ini memang belum cukup signifikan untuk usaha pemilahan sampah di tingkat rumah tangga, namun sudah dapat dikatakan cukup baik untuk dapat menjadi acuan program pemilahan dan daur ulang sampah. Di bawah ini merupakan grafik persentase pemilahan sampah yang telah dilakukan di Kota Depok :



Gambar 4.4 Pemilahan Sampah Kota Depok

Sumber : Bappeda Kota Depok, 2011

Aspek tingkat partisipasi masyarakat juga dapat terlihat dari banyaknya jumlah pemulung dan pelapak yang beroperasi di Kota Depok, meskipun jumlahnya belum terdata dengan jelas dan pasti. Di TPA Cipayung diperkirakan sebesar 150-200 orang pemulung telah beroperasi setiap harinya. Di Depok juga sudah terdapat pelapak besar yang mengolah sampah plastik menjadi biji plastik dan mengekspornya ke luar negeri. Banyaknya produsen-produsen kerajinan daur ulang yang berskala rumah tangga di Kota Depok juga menunjukkan tingkat peran serta masyarakat. Adapun salah satu kelompok lingkungan yang cukup menonjol adalah PokLili (Kelompok Peduli Lingkungan) yang terdapat di Perumahan Griya Lembah Depok, Poli Sekar Asri di Komplek Perumahan Dosen PNJ, serta Wanita

Peduli Lingkungan (WPL). Pada kelompok-kelompok ini juga telah dijalankan praktek Bank Sampah.

4.2 Timbulan dan Karakteristik Sampah Kota Depok

4.2.1 Timbulan Sampah Kota Depok

Berdasarkan data Bappeda Depok 2011, timbulan sampah Kota Depok pada tahun 2010 diperkirakan mencapai 4601 m³/hari. Berikut ini adalah tabel perkiraan timbulan sampah pada tiap kecamatan di Kota Depok berdasarkan asumsi timbulan 2,65 liter/orang/hari.

Tabel 4.5 Jumlah Penduduk dan Perkiraan Timbulan Sampah Setiap Hari

No.	Nama Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	Timbulan Sampah (m ³ /hari)
1.	Sawangan	123.356	326,9
2.	Bojongsari	99.768	264,2
3.	Pancoran Mas	210.204	557,0
4.	Cipayung	127.707	338,4
5.	Sukmajaya	232.895	617,2
6.	Cilodong	123.713	327,8
7.	Cimanggis	242.214	641,9
8.	Tapos	216.581	573,9
9.	Beji	164.682	436,4
10.	Limo	87.615	232,2
11.	Cinere	107.830	285,7
Total		1.736.565	4.601

Sumber : Bappeda Kota Depok, 2011

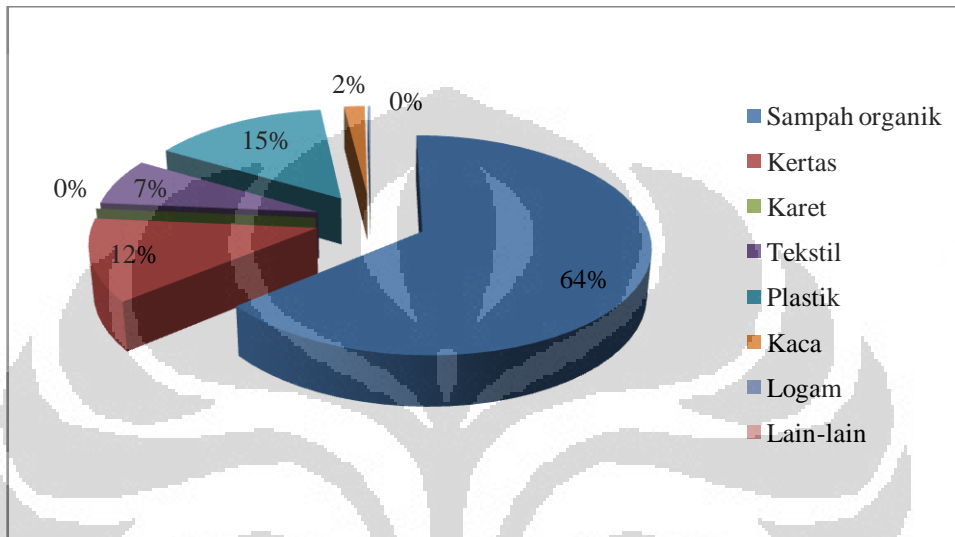
Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, laju timbulan sampah Kota Depok pada tahun 2010 adalah sebesar 0,42 kg/ orang/ hari dengan volume 1,88 l/ orang/ hari³⁶. Sementara itu, pada tahun 2011, laju timbulan sampah Kota Depok menurun menjadi 0,24-0,32 kg/ orang/ hari dengan volume sebesar 1,5-2,5 l/ orang/ hari³⁷. Pengambilan sampel sampah ini dilakukan pada perumahan mewah, menengah, dan sederhana.

³⁶ Novita, 2011, Timbulan Dan Karakteristik Sampah Kota Depok-Pelatihan Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir, p. 2

³⁷ Novita, 2011, Timbulan Dan Karakteristik Sampah Kota Depok-Pelatihan Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir, p. 2

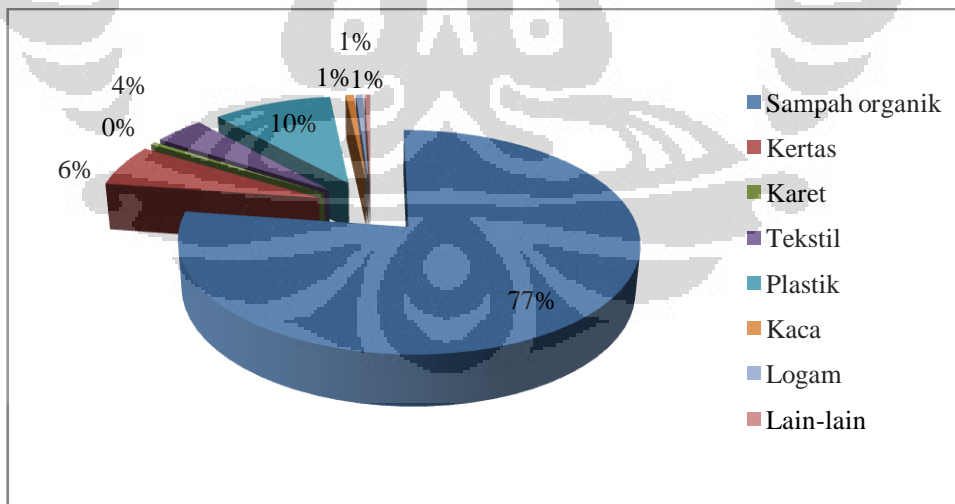
4.2.2 Karakteristik Sampah Kota Depok

Komposisi sampah rumah tangga Kota Depok dari tahun 2010 ke 2011 juga cenderung berubah, dimana sampah organik mengalami penurunan, sedangkan sampah plastik dan kertas cenderung meningkat. Berikut ini adalah grafik komposisi sampah rumah tangga di Kota Depok menurut perumahan mewah, menengah, dan sederhana ³⁸ :



Gambar 4.5 Grafik Komposisi Sampah Perumahan Mewah Kota Depok

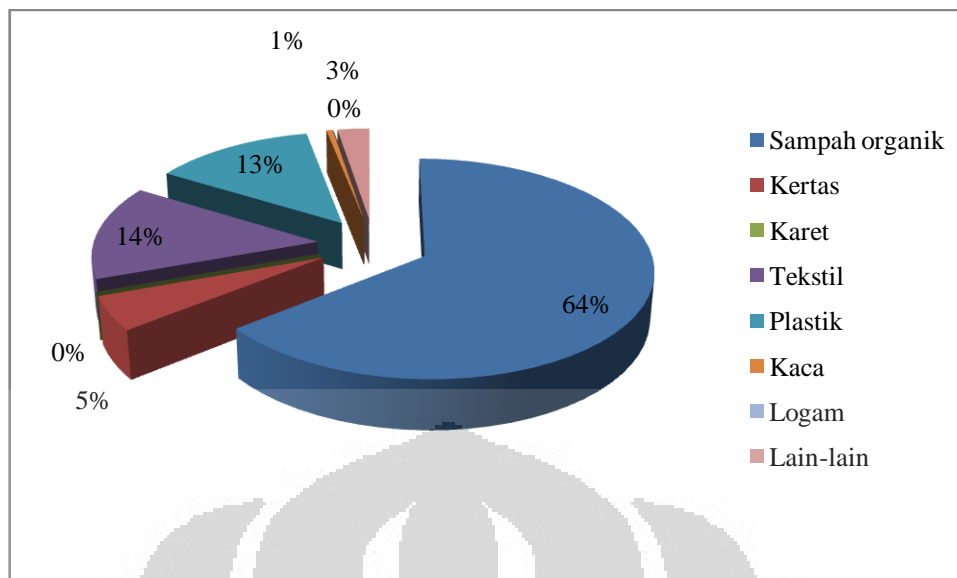
Sumber : Ramandhani, 2011



Gambar 4.6 Grafik Komposisi Sampah Perumahan Menengah Kota Depok

Sumber : Ramandhani, 2011

³⁸ Ramandhani, 2011, Analisis Timbulan dan Komposisi Sampah Rumah Tangga di Kelurahan Mekarjaya (Depok) Dihubungkan dengan Tingkat Pendapatan-Pendidikan-Pengetahuan-Sikap-Perilaku Masyarakat



Gambar 4.7 Grafik Komposisi Sampah Perumahan Sederhana Kota Depok

Sumber : Ramandhani, 2011

4.3 Pembakaran Sampah Rumah Tangga Secara Terbuka di Kota Depok

Berdasarkan data yang didapatkan dari Bappeda Kota Depok 2011, berikut ini adalah tabel cara pengelolaan sampah yang dilakukan penduduk Kota Depok pada tiap kecamatan :

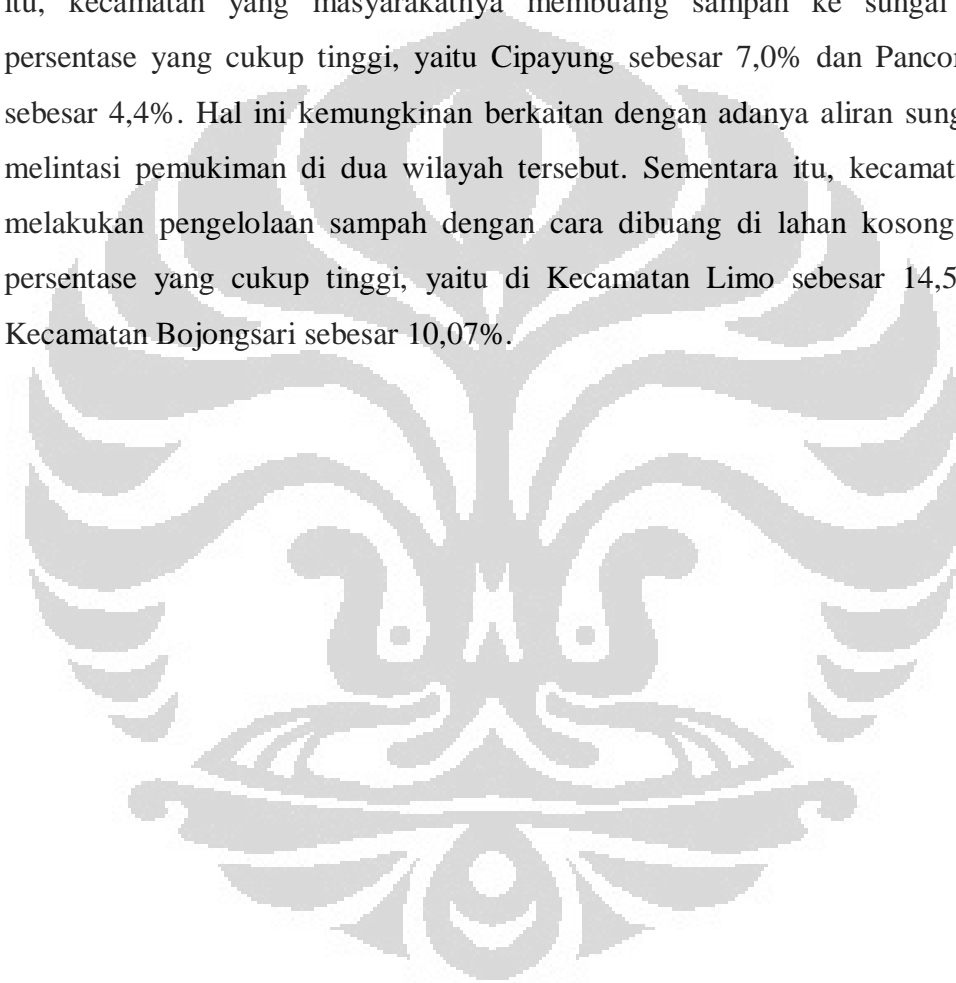
Tabel 4.6 Jumlah Rumah Tangga Menurut Cara Pembuangan Sampah

No.	Kecamatan	Jumlah RT	Cara Pembuangan				
			Angkut	Timbun	Bakar	Ke Kali	Lainnya
1.	Sawangan	29.900	21.243	4.919	3.205	-	533
2.	Bojongsari	14.951	10.622	2.459	1.603	-	266
3.	Pancoran Mas	44.916	30.800	10.623	1.790	-	1.701
4.	Cipayung	22.458	15.400	5.312	895	-	851
5.	Sukmajaya	23.356	11.002	4.490	2.813	380	4.671
6.	Cilodong	46.710	22.003	8.979	5.626	760	9.341
7.	Cimanggis	63.987	47.846	4.071	6.136	245	5.689
8.	Tapos	31.994	23.924	2.035	3.068	122	2.844
9.	Beji	37.848	26.311	3.839	106	-	7.595
10.	Limo	13.384	10.243	805	1.326	126	884
11.	Cinere	26.768	26.768	1.610	2.652	251	1.767

Sumber : Status Lingkungan Hidup Kota Depok, 2010

Data survey dari Status Lingkungan Hidup Kota Depok pada tahun 2010 tersebut menunjukkan cara pengelolaan sampah di tingkat kecamatan. Dari

perkiraan total 356.372 RT di Kota Depok, sekitar 29.220 RT mengelola sampahnya dengan cara dibakar. Kecamatan yang paling tinggi persentase pembakaran sampahnya adalah Kecamatan Sawangan sebesar 68,33%, Kecamatan Tapos sebesar 62,77%, Kecamatan Bojongsari sebesar 60,67%, dan Kecamatan Cilodong sebesar 47,83%. Menurut analisis Bappeda Kota Depok, hal ini kemungkinan diakibatkan karena tingkat kepadatan penduduk yang masih rendah sehingga masih ada ruang untuk melakukan pembakaran sampah. Selain itu, kecamatan yang masyarakatnya membuang sampah ke sungai dengan persentase yang cukup tinggi, yaitu Cipayung sebesar 7,0% dan Pancoran Mas sebesar 4,4%. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan adanya aliran sungai yang melintasi pemukiman di dua wilayah tersebut. Sementara itu, kecamatan yang melakukan pengelolaan sampah dengan cara dibuang di lahan kosong dengan persentase yang cukup tinggi, yaitu di Kecamatan Limo sebesar 14,58% dan Kecamatan Bojongsari sebesar 10,07%.



Tabel 4.7 Pengelolaan Sampah Rumah Tangga per Kecamatan

Kecamatan		Dibuang dan dikubur dilobang	Diangkut tukang sampah, di TPS	Dibakar	Dibuang ke sungai	Dibiarkan saja	Dibuang ke lahan kosong	Lainnya	Total
Beji	Count	213	25	80	6	1	23	11	359
	% within Kec.	59.33	6.96	22.28	1.67	0.28	6.41	3.06	100.00
Bojong Sari	Count	102	8	253	2	1	42	9	417
	% within Kec.	24.46	1.92	60.67	0.48	0.24	10.07	2.16	100.00
Cilodong	Count	122	12	143	2	0	14	6	299
	% within Kec.	40.80	4.01	47.83	0.67	0.00	4.68	2.01	100.00
Cimanggis	Count	8	212	89	5	1	32	12	359
	% within Kec.	2.23	59.05	24.79	1.39	0.28	8.91	3.34	100.00
Cinere	Count	5	191	32	2	0	10	0	240
	% within Kec.	2.08	79.58	13.33	0.83	0.00	4.17	0.00	100.00
Cipayung	Count	139	11	111	21	0	14	4	300
	% within Kec.	46.33	3.67	37.00	7.00	0.00	4.67	1.33	100.00
Limo	Count	95	8	94	8	0	35	0	240
	% within Kec.	39.58	3.33	39.17	3.33	0.00	14.58	0.00	100.00
Pancoran Mas	Count	261	4	59	16	0	17	3	360
	% within Kec.	72.50	1.11	16.39	4.44	0.00	4.72	0.83	100.00
Sawangan	Count	40	60	287	2	3	28	0	420
	% within Kec.	9.52	14.29	68.33	0.48	0.71	6.67	0.00	100.00
Sukmajaya	Count	161	105	57	2	0	22	8	355
	% within Kec.	45.35	29.58	16.06	0.56	0.00	6.20	2.25	100.00
Tapos	Count	124	3	263	12	2	15	0	419
	% within Kec.	29.59	0.72	62.77	2.86	0.48	3.58	0.00	100.00
Total	Count	1270	639	1468	78	8	252	53	3768
	% within Kec.	33.70	16.96	38.96	2.07	0.21	6.69	1.41	100.00

Sumber : Laporan EHRA Kota Depok, 2011

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengelompokan Rumah

Sampling sampah dilakukan selama 8 hari berturut-turut dengan mengambil sampel 3 jenis kelompok rumah yang berbeda, yaitu :

- a. Kelompok Rumah A yang setara dengan luas lantai $20 - 39 \text{ m}^2$
- b. Kelompok Rumah B yang setara dengan luas lantai $40 - 99 \text{ m}^2$
- c. Kelompok Rumah C yang setara dengan luas lantai $100 - >300 \text{ m}^2$

Penentuan 3 kelompok rumah ini didasarkan pada UU RI Nomor 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Pemukiman, pasal 22 ayat 3 dimana dikatakan bahwa : “Luas lantai rumah tunggal dan rumah deret memiliki ukuran paling sedikit 36 (tiga puluh enam) meter persegi.” Oleh karena adanya peraturan ini, yang mengatakan bahwa rumah paling kecil yang diperbolehkan dibangun adalah yang memiliki luas lantai seluas 36 m^2 (termasuk rumah sederhana), maka dasar asumsi pengambilan data untuk tipe rumah sederhana adalah rumah yang memiliki luas lantai sekitar $21-39 \text{ m}^2$, menengah yang memiliki luas lantai $40-99 \text{ m}^2$, dan mewah yang memiliki luas lantai $100->300 \text{ m}^2$.

5.2 Hasil Pengolahan dan Analisis Data Timbulan

Pengambilan data timbulan sampah ini dilakukan selama 8 hari berturut-turut sesuai dengan SNI 19-3964-1994 tentang metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan, dimana pengambilan sampel dimulai dari sampah hari Senin hingga hari Senin pada minggu berikutnya. Untuk penghitungan data timbulan sampah dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\text{Massa total sampah tiap rumah dalam 1 hari (kg)}}{\text{jumlah orang dalam rumah tersebut (orang)}} \times 1 \text{ hari} = a \frac{\text{kg}}{\text{orang /hari}} \quad (5.1)$$

Contoh penghitungan timbulan sampah untuk masing-masing rumah adalah sebagai berikut :

- Massa total sampah rumah 1 pada Hari Senin = 352 gram = 0,352 kg
- Jumlah penghuni rumah 1 = 4 orang

- Timbulan rumah 1 pada Hari Senin = $\frac{0,352 \text{ kg}}{4 \text{ orang}} \times 1 \text{ hari} = 0,088 \frac{\text{kg}}{\text{orang /hari}}$

Nilai timbulan yang disediakan dalam bentuk grafik di bawah ini merupakan nilai timbulan rerata pada masing-masing kelompok rumah selama 8 hari sampling.

5.2.1 Timbulan Kelompok Rumah A

Tabel 5.1 Timbulan Sampah Kelompok Rumah A

Hari	Timbulan (kg/orang/hari)
Senin	0,321
Selasa	0,265
Rabu	0,350
Kamis	0,266
Jumat	0,240
Sabtu	0,205
Minggu	0,381
Senin	0,219
Rerata	0,281

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Timbulan pada kelompok rumah A yang setara dengan luas lantai <20-39 m² adalah sebesar 0,281 kg/orang/hari, angka ini merupakan yang paling kecil dibandingkan dengan 2 kelompok rumah lainnya yang memiliki luas lantai lebih besar. Hal ini disebabkan karakteristik penghuni pada rumah kelompok A, yang terutama dilihat dari segi ekonomi memiliki tingkat perekonomian yang lebih rendah dibandingkan dengan 2 jenis kelompok rumah lainnya sehingga daya beli mereka cenderung lebih kecil dibandingkan 2 kelompok rumah lainnya. Berdasarkan hal ini, maka timbulan sampah yang dihasilkan oleh kelompok A merupakan yang paling kecil. Sesuai dengan literatur yang ada, angka ini masih termasuk pada kisaran literatur tersebut, yaitu berada pada angka 0,25-0,30 kg/orang/hari (Hasil Penelitian Puslitbangkim Dept. PU dan LPM ITB, 1989) untuk timbulan sampah di perumahan sederhana.

Dari tabel 5.1, terlihat bahwa nilai berat sampah paling tinggi berada pada hari Minggu, yaitu sebesar 0,381 kg yang merupakan hari libur dimana sebagian besar penghuni rumah berkumpul di rumah sehingga sampah yang dihasilkan juga paling besar jumlahnya dibandingkan hari lain. Sementara itu, timbulan paling

rendah ada pada hari ke-6, yaitu hari Sabtu dengan timbulan sebesar 0,205 kg/orang/hari.

5.2.2 Timbulan Kelompok Rumah B

Tabel 5.2 Timbulan Sampah Kelompok Rumah B

Hari	Timbulan (kg/orang/hari)
Senin	0,409
Selasa	0,343
Rabu	0,342
Kamis	0,364
Jumat	0,308
Sabtu	0,344
Minggu	0,385
Senin	0,359
Rerata	0,357

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Pada kelompok rumah B dengan luas lantai 40-99 m² memiliki timbulan rerata sebesar 0,357 kg/orang/hari dimana angka ini merupakan timbulan yang paling besar dibandingkan dengan 2 kelompok rumah lainnya. Hal ini dikarenakan penghuni pada kelompok rumah ini sebagian besar memiliki tingkat perekonomian menengah dan sebagian besar masih memiliki balita sehingga pada rumah tangga ini banyaknya pampers dan sampah organik mempengaruhi berat dan timbulan dari kelompok perumahan ini sehingga paling tinggi nilainya dari ketiga jenis kelompok rumah yang disampling. Berdasarkan literatur yang ada (Hasil Penelitian Puslitbangkim Dept. PU dan LPM ITB, 1989), yaitu 0,30-0,35 kg/orang/hari, angka ini sedikit berada di atas kisaran literatur untuk timbulan sampah di perumahan menengah.

Dari tabel 5.2, terlihat bahwa nilai berat sampah paling tinggi berada pada hari Senin, yaitu sebesar 0,409 kg. Sementara itu, nilai timbulan paling rendah ada pada hari ke-5, yaitu hari Jumat dengan timbulan sebesar 0,308 kg/orang/hari.

5.2.3 Timbulan Kelompok Rumah C

Tabel 5.3 Timbulan Sampah Kelompok Rumah C

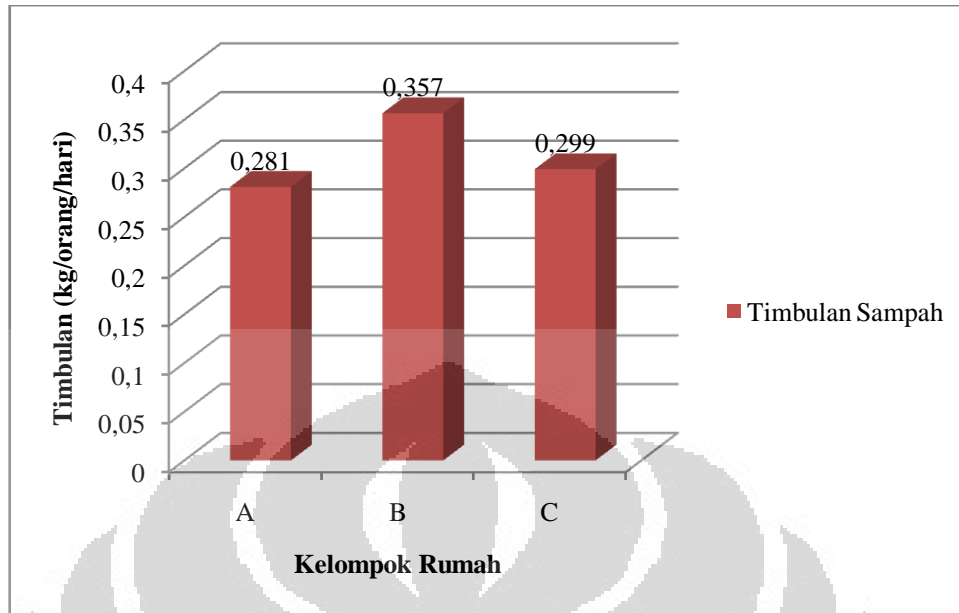
Hari	Timbulan (kg/orang/hari)
Senin	0,316
Selasa	0,340
Rabu	0,288
Kamis	0,299
Jumat	0,190
Sabtu	0,342
Minggu	0,366
Senin	0,253
Rerata	0,299

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Pada kelompok rumah C dengan luas lantai 100->300 m² sampah yang dihasilkan sebesar 0,299 kg/orang/hari. Berdasarkan literatur yang ada, angka ini berada di bawah kisaran 0,35-0,40 kg/orang/hari (Hasil Penelitian Puslitbangkim Dept. PU dan LPM ITB, 1989) untuk timbulan sampah di perumahan mewah. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan karakteristik wilayah sampling, musim, dan juga perkembangan perekonomian penduduknya.

Dari tabel 5.3, terlihat bahwa nilai berat sampah paling tinggi berada pada hari Minggu, yaitu sebesar 0,366 kg yang merupakan hari libur dimana sebagian besar penghuni rumah berkumpul di rumah sehingga sampah yang dihasilkan juga paling besar jumlahnya dibandingkan hari lain. Untuk titik minimum timbulan, ada pada hari ke-5, yaitu hari Jumat dengan nilai timbulan sebesar 0,190 kg/orang/hari.

5.2.4 Perbandingan Timbulan Kelompok Rumah A, B, dan C



Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Timbulan Ketiga Kelompok Rumah

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Dari grafik di atas, terlihat bahwa kelompok rumah A memiliki timbulan sampah yang paling kecil dibandingkan dengan kelompok rumah B dan C, yaitu sebesar 0,281 kg/orang/hari. Hal ini disebabkan karena kecenderungan daya beli masyarakat pada kelompok rumah ini lebih kecil dan tingkat perekonomian yang lebih rendah.

Sementara itu, kelompok rumah B memiliki timbulan yang paling tinggi, yaitu sebesar 0,357 kg/orang/hari. Hal ini dikarenakan penghuni pada kelompok rumah ini sebagian besar memiliki tingkat perekonomian menengah dan sebagian besar masih memiliki balita sehingga pada rumah tangga ini banyaknya pampers dan sampah organik mempengaruhi berat dan timbulan dari kelompok perumahan ini sehingga paling tinggi nilainya dari ketiga jenis kelompok rumah yang disampling.

Pada kelompok rumah C sampah yang dihasilkan cenderung cukup besar, yaitu sebesar 0,299 kg/orang/hari dibandingkan dengan kelompok rumah A karena daya beli yang lebih tinggi serta sebagian besar penghuninya berada tingkat perekonomian menengah ke atas, dan anggota keluarga yang cenderung lebih besar jumlahnya dan daya beli yang lebih tinggi sehingga timbulan sampah

yang dihasilkan juga menjadi lebih besar dibandingkan dengan kelompok rumah A. Sementara itu, apabila dibandingkan dengan kelompok rumah B, timbulan sampah kelompok rumah C ini lebih kecil karena sebagian besar penghuni pada kelompok rumah C sering berada di luar rumah pada hari dan jam kerja sehingga hanya ada pembantu rumah tangga dan sampah yang dihasilkan tidak sebanyak pada kelompok rumah B yang sebagian besar penghuninya merupakan ibu rumah tangga yang memiliki balita sehingga lebih sering tinggal di rumah, baik pada hari kerja maupun hari libur.

Apabila dibandingkan dengan literatur yang ada di atas, hasil untuk timbulan kelompok rumah A dan B sudah sesuai dengan literatur, yaitu masih berada pada kisaran 0,25-0,30 kg/orang/hari untuk perumahan sederhana. Akan tetapi, pada kelompok rumah B dan C, hasil yang didapatkan kurang sesuai dengan literatur yaitu 0,357 kg/orang/hari yang berada sedikit di atas 0,30-0,35 kg/orang/hari untuk kelompok rumah B, dan 0,299 kg/orang/hari yang berada di bawah kisaran 0,35-0,40 kg/orang/hari untuk kelompok rumah C. Hal ini dapat disebabkan karakteristik wilayah sampel yang berbeda, perbedaan musim saat pengambilan sampel sampah, serta peningkatan laju perekonomian di masing-masing daerah sampling.

5.2.5 Timbulan Kota Depok

Untuk data hasil timbulan sampah rumah tangga dan komposisinya akan disajikan dalam bentuk tabel dan diagram lingkaran seperti terlihat di bawah ini.

Tabel 5.4 Timbulan Sampah Rumah Tangga Kota Depok

Hari	Timbulan (kg/orang/hari)
Senin	0,361
Selasa	0,319
Rabu	0,331
Kamis	0,319
Jumat	0,260
Sabtu	0,302
Minggu	0,380
Senin	0,292
Rerata	0,320

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Dari tabel di atas, didapatkan nilai timbulan sampah untuk Kota Depok sebesar 0,320453323 kg/orang/hari. Angka ini berada di bawah standard apabila dibandingkan dengan SNI 19-3964-1995 dimana untuk timbulan sampah berdasarkan klasifikasi kota besar (berpenduduk 500.000-1.000.000) adalah sebesar 0,4-0,5 kg/orang/hari. Sementara itu, jika meninjau dari Cointreau-Levine, S. (1999), timbulan sampah Kota Depok yang sebesar 0,32 kg/orang/hari juga masih berada di bawah rata-rata literatur tersebut yang menyebutkan kisaran 0,35-0,65 kg/orang/hari untuk timbulan sampah perumahan di negara berkembang.

Perbedaan angka ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti : karakteristik wilayah dan musim. Dalam hal ini, lokasi tempat yang disampling memiliki timbulan sampah yang lebih ringan dibandingkan dengan SNI karena penduduknya yang cenderung menghasilkan sampah anorganik dalam jumlah yang cukup besar, meskipun tidak melebihi berat sampah organiknya. Indikasi ini dapat menunjukkan peningkatan pertumbuhan ekonomi penduduk Kota Depok yang wilayahnya disampling karena daya beli yang lebih tinggi apabila timbulan yang dibandingkan dengan SNI 19-3964-1995 sehingga konsumsi penggunaan plastik dan kertas cenderung meningkat. Selain itu, musim pada saat melakukan sampling juga dapat mempengaruhi laju timbulan sampah. Dalam hal ini, pada saat pengambilan data sampling sampah adalah pada musim peralihan antara kemarau dan hujan, namun cuacanya lebih sering cenderung panas dan tidak hujan, sehingga kadar air sampah tentunya lebih kecil dan menyebabkan berat sampah tidak sebesar pada saat musim hujan.

Angka timbulan tertinggi berada pada hari ke-7 (Minggu), yaitu sebesar 0,38 kg/orang/hari. Hal ini dikarenakan sebagian besar penduduk Kota Depok berada di rumah pada hari Minggu sehingga sampah yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan hari-hari lainnya. Sementara itu, timbulan terendah ada pada hari ke-5, yaitu Jumat dengan angka 0,26 kg/orang/hari. Hal ini dikarenakan kecenderungan, hari Jumat merupakan hari kerja menjelang akhir pekan sehingga sebagian besar penduduk berada di luar rumah dan sampah yang dihasilkan menjadi lebih kecil dibandingkan hari-hari kerja lainnya.

5.3 Hasil Pengolahan dan Analisis Data Komposisi Sampah

Dalam pengambilan dan pengolahan data komposisi sampah dari 3 kelompok rumah yang berbeda, pembagian komposisi yang didasarkan pada *Evaluation of Emissions From The Open Burning of Household Waste in Barrels* (U.S. EPA, 1997) dan disesuaikan dengan kondisi di lapangan adalah sebagai berikut :

- a. Sampah organik : sisa makanan, dedaunan, dan kayu
- b. Sampah anorganik : plastik, kertas, kain, logam, kaca, dan lain-lain (pembalut wanita, pampers, kulit/karet, batu, keramik, dan debu.)

Penghitungan persentase komposisi sampah akan dilakukan dengan rumus berikut ini :

$$\frac{\text{Massa sampah jenis } X}{\text{Massa sampah total}} \times 100\% \quad (5.2)$$

Contoh penghitungan adalah sebagai berikut :

- Massa sampah sisa makanan = 49,376 kg
- Massa sampah total = 68,25 kg
- Persentase komposisi sisa makanan = $\frac{49,376 \text{ kg}}{68,25 \text{ kg}} \times 100\% = 72,35\%$

Massa sampah yang disediakan dalam bentuk tabel di bawah ini merupakan massa sampah yang dijumlahkan secara keseluruhan berdasarkan jenis sampahnya selama 8 hari sampling.

Berikut ini adalah hasil dari pengolahan data komposisi sampah yang ditunjukkan dalam bentuk tabel dan diagram untuk masing-masing kelompok rumah.

5.3.1 Komposisi Sampah Rumah A

Tabel 5.5 Komposisi Sampah Kelompok Rumah A

No.	Komposisi Sampah	Komponen	
		Kg	%
Organik			
1.	Sisa Makanan	49,376	72,35
2.	Dedaunan	0,000	0,00
3.	Kayu	0,000	0,00
Jumlah		49,376	72,35
Anorganik			
4.	Plastik	8,680	12,72
5.	Kertas	3,338	4,89
6.	Kain	0,040	0,06
7.	Logam	0,538	0,79
8.	Kaca	0,578	0,85
9.	Lain-lain	5,700	8,35
Jumlah		18,874	27,65

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Dari data di atas terlihat bahwa, komposisi sampah selama 8 hari sampling dari 9 sampel kelompok rumah A, yaitu terdiri atas sisa makanan sebesar 72,35%, dedaunan 0%, kayu 0%, plastik 12,72%, kertas 4,89%, kain 0,06%, logam 0,79%, kaca 0,85%, dan sisanya lain-lain sebesar 8,35%. Adapun sisa sampah yang termasuk lain-lain ini adalah : pampers, pembalut wanita, karet, keramik, batu, dan kulit. Berdasarkan urutannya, maka komposisi sampah terbesar hingga terkecil adalah : sisa makanan, plastik, lain-lain, kertas, kaca, logam, kain, dedaunan, dan kayu. Oleh karena itu, berdasarkan komposisi sampah organik dan anorganiknya, maka kelompok rumah A terdiri atas 72,35% sampah organik dan 27,65% sampah anorganik. Berdasarkan dasar teori (Cointreau, 1982) dan pengamatan lapangan, maka penduduk pada kelompok rumah A ini sebagian besar cenderung termasuk ke dalam perumahan *low income* dimana sisa makanan/ sampah organiknya berada pada kisaran persentase 40-85% dan nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok rumah B dan C yang cenderung berpenduduk dengan kondisi *middle income* dan *high income*. Oleh karena itu, berdasarkan data yang didapatkan, persentase nilai sisa makanan yang sebesar

72,35% masih sesuai dengan dasar teori yang ada. Untuk persentase komposisi sampah anorganik, seperti plastik komposisinya meningkat jauh lebih besar dibandingkan dengan teori yang ada, yaitu dari 1-5% menjadi 12,72%. Hal ini disebabkan karena adanya peningkatan konsumsi masyarakat akan kemasan plastik sehingga menyebabkan persentasenya jauh bertambah dibandingkan dasar teori terdahulu, dimana konsumsi masyarakat akan penggunaan plastik terbilang masih minim dibandingkan dengan sekarang. Untuk komposisi sampah anorganik lainnya seperti kertas cenderung tidak terlalu signifikan dan masih berada pada kisaran 1-10%, yaitu sebesar 4,89%, dan sampah lain-lain sebesar 8,35% dan masih termasuk dalam kisaran 1-40% sesuai landasan teori yang ada sebelumnya untuk komposisi sampah perumahan *low income*. Selain itu, untuk komposisi sampah lainnya, seperti dedaunan, kayu, kain, logam, dan kaca jumlah yang ditemui selama 8 hari sampling tidak signifikan jumlahnya dan kecil persentasenya.

5.3.2 Komposisi Sampah Rumah B

Sementara itu, komposisi sampah dari ke 14 sampel rumah kelompok B yang disampling selama 8 hari tersedia dalam bentuk tabel dan diagram lingkaran di bawah ini.

Tabel 5.6 Komposisi Sampah Kelompok Rumah B

No.	Komposisi Sampah	Komponen	
		Kg	%
Organik			
1.	Sisa Makanan	95,500	60,61
2.	Dedaunan	2,035	1,29
3.	Kayu	0,206	0,13
Jumlah		97,741	62,03
Anorganik			
4.	Plastik	11,855	7,52
5.	Kertas	11,042	7,01
6.	Kain	1,028	0,65
7.	Logam	1,212	0,77
8.	Kaca	2,656	1,69
9.	Lain-lain	32,025	20,33
Jumlah		59,818	37,97

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Dari data diatas, terlihat bahwa komposisi sampah untuk kelompok rumah B terdiri atas : 60,61% sisa makanan, 1,29% dedaunan, 0,13% kayu, 7,52% plastik, 7,01% kertas, 0,65% kain, 0,77% logam, 1,69% kaca, dan 20,33% lain-lain. Apabila diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil, maka komposisi sampah untuk kelompok rumah B adalah : sisa makanan, lain-lain, plastik, kertas, kaca, dedaunan, logam, kain, dan kayu. Berdasarkan komposisi sampah organik dan anorganiknya, maka kelompok rumah B ini terdiri atas 62,03% sampah organik dan 37,97% sampah anorganik. Berdasarkan dasar teori yang telah ada sebelumnya, maka kelompok rumah B termasuk ke dalam kelompok perumahan *middle income* karena sebagian besar penduduknya merupakan keluarga dengan perekonomian menengah dan masih keluarga kecil. Dari teori ini disebutkan bahwa kelompok rumah ini rata-rata menghasilkan sampah sisa makanan/ sampah organik sebesar 20-65% dan data yang didapatkan sesuai dengan teori ini, bahwa sisa makanan sebesar 60,61% dihasilkan dari kelompok rumah ini. Sementara itu komposisi sampah lain-lain terhitung cukup besar dari sampling kelompok rumah ini. Komposisi sampah lain-lain ini sebagian besar terdiri atas pampers yang umumnya sangat mudah menyerap air sehingga kandungan airnya tinggi dan menambah bobot sampah. Kelompok rumah ini pada umumnya memiliki penghuni, berupa keluarga kecil menengah dan masih memiliki balita sehingga komposisi sampah pampers banyak sekali ditemui selama 8 hari sampling. Apabila dibandingkan dengan dasar teori sebelumnya, maka persentase sampah lain-lain ini masih sesuai, yaitu sebesar 20,33% dari kisaran angka 1-30%. Untuk sampah plastik, meningkat dari dasar teori yang sebesar 2-6% menjadi 7,52%. Penduduk kelompok rumah ini juga termasuk cukup besar konsumsi penggunaan plastik kemasan. Sementara itu, sampah kertas yang dihasilkan dari kelompok rumah ini cenderung kecil jika dibandingkan dengan teori, yaitu dari kisaran 15-40% hanya terdapat sebesar 7,01%. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan karakteristik daerah yang disampling antara dasar teori dengan data yang dihasilkan dari sampling ini. Selain komposisi sampah yang dijelaskan sebelumnya, komposisi sampah lainnya, seperti dedaunan, kayu, kain, logam, dan kaca cenderung tidak signifikan besarannya dan tidak selalu ditemui dalam 8 hari sampling.

5.3.3 Komposisi Sampah Rumah C

Setelah kelompok rumah A dan B, berikut ini merupakan hasil sampling data komposisi sampah kelompok rumah C yang disajikan dalam bentuk tabel dan diagram lingkaran. Adapun jumlah sampel untuk kelompok rumah C adalah sebanyak 7 sampel dan dilakukan sampling selama 8 hari.

Tabel 5.7 Komposisi Sampah Kelompok Rumah C

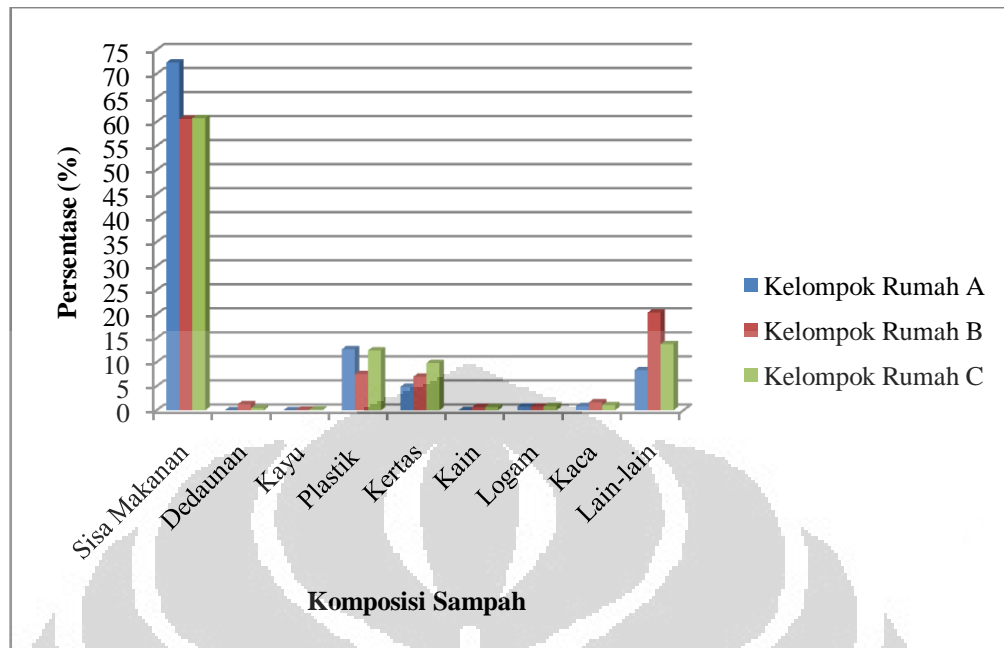
No.	Komposisi Sampah	Komponen	
		Kg	%
Organik			
1.	Sisa Makanan	57,894	60,78
2.	Dedaunan	0,400	0,42
3.	Kayu	0,136	0,14
Jumlah		58,430	61,34
Anorganik			
4.	Plastik	11,848	12,44
5.	Kertas	9,384	9,85
6.	Kain	0,654	0,69
7.	Logam	0,804	0,84
8.	Kaca	1,010	1,06
9.	Lain-lain	13,122	13,78
Jumlah		36,822	38,66

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Dari data di atas, terlihat bahwa komposisi sampah yang dihasilkan dari kelompok rumah C terdiri atas : 60,78% sisa makanan, 0,42% dedaunan, 0,14% kayu, 12,44% plastik, 9,85% kertas, 0,69% kain, 0,84% logam, 1,06% kaca, dan 13,78% lain-lain. Apabila diurutkan dari yang terbesar hingga terkecil, maka urutan komposisi sampah untuk perumahan ini adalah : sisa makanan, lain-lain, plastik, kertas, kaca, logam, kain, dedaunan, dan kayu. Apabila dilihat dari karakteristik penghuni pada kelompok rumah C ini, maka sebagian besar penduduknya berada pada tingkat perekonomian yang tinggi. Penduduk pada kelompok rumah ini biasanya memiliki daya beli yang tinggi. Oleh karena itu, komposisi sampah yang dihasilkan dari kelompok rumah ini cenderung lebih beragam dan bervariasi sehingga bobot komposisi sampah cukup signifikan jumlahnya pada beberapa jenis sampah. Berdasarkan komposisi sampah organik dan anorganiknya, kelompok rumah C terdiri atas 61,34% sampah organik dan

38,66% sampah anorganik. Apabila dibandingkan dengan dasar teori yang telah ada sebelumnya, perumahan *high income* ini biasanya menghasilkan sisa makanan pada kisaran 20-50%, namun dalam penelitian ini didapatkan sisa makanan sebesar 60,78% lebih tinggi dari kisaran yang ada. Hal ini diakibatkan karena pembantu rumah tangga yang mereka miliki umumnya lebih dari satu orang dan sering memasak di rumah, serta ada juga yang memiliki beberapa usaha *catering* sehingga sisa makanan di rumahnya masih besar jika dibandingkan dengan dasar teori yang ada. Sampah lain-lain pada kelompok rumah ini masih termasuk dalam kisaran teori yaitu sebesar 13,78% dari 1-20%. Sampah lain-lain ini sebagian besar masih terdiri atas pampers dan pembalut wanita yang bersifat mudah menyerap air sehingga mempengaruhi bobot komposisi sampah jenis ini. Untuk sampah plastik sebesar 12,44% berada lebih tinggi daripada kisaran teori, yaitu 2-10%. Hal ini disebabkan karena konsumsi penggunaan kemasan plastik pada kelompok rumah ini cenderung besar terkait dengan sebagian besar penghuninya yang bekerja dan berpola hidup cenderung modern. Untuk komposisi kertas berada di bawah kisaran teori, yaitu sebesar 9,85% dari kisaran 15-40% karena sebagian besar produk dan kemasan belanja masih lebih banyak menggunakan plastik dibandingkan dengan kertas sehingga konsumsi penggunaan kertas cenderung lebih kecil. Sementara itu, untuk komposisi sampah lainnya, seperti dedaunan, kayu, kain, logam, dan kaca cenderung kecil persentasenya dan tidak besar jumlahnya.

5.3.4 Perbandingan Komposisi Sampah Kelompok Rumah A, B, dan C

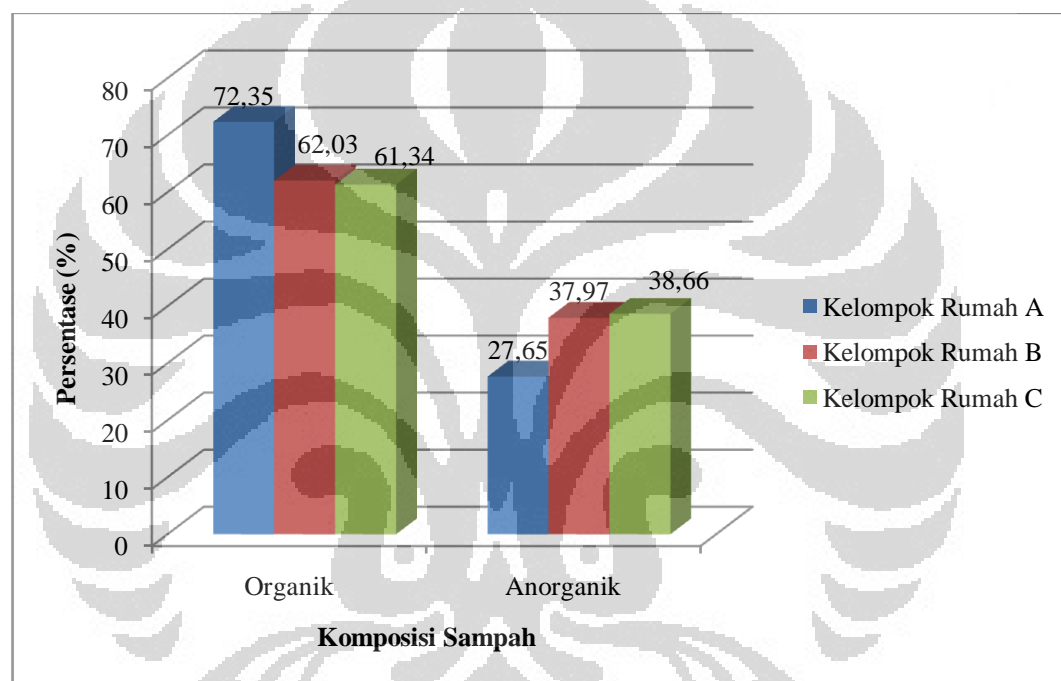


Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Komposisi Berat Sampah Ketiga Kelompok Rumah

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Dari grafik di atas terlihat komposisi sampah untuk masing-masing kelompok rumah. Untuk komposisi sisa makanan, kelompok rumah A memiliki persentase yang paling tinggi, dibandingkan dengan dua kelompok rumah lainnya, yaitu kelompok rumah B dan C. Hal ini disebabkan karena kelompok rumah A memiliki penduduk dengan pola hidup yang cenderung lebih sederhana dibandingkan dengan dua kelompok rumah lainnya sehingga sampah sisa makanan/ organik masih sangat tinggi. Sampah plastik paling tinggi terlihat dari kelompok rumah A dan berbeda sedikit sekali dengan kelompok rumah C karena banyak penduduk dari kelompok rumah A dan C menggunakan kemasan plastik, meskipun kualitasnya berbeda. Pada kelompok rumah A sampah plastiknya cenderung lebih rendah kualitasnya dan murah, sementara pada kelompok rumah C plastik yang digunakan umumnya berkualitas lebih tinggi dengan harga yang lebih mahal. Persentase komposisi sampah kertas terlihat semakin meningkat sebanding dengan peningkatan kelompok rumah dengan luas lantai yang lebih besar. Hal ini dikarenakan kelompok rumah C, penduduknya sebagian besar bekerja dan memiliki daya beli yang tinggi sehingga banyak sampah kertas yang

ditemui selama 8 hari sampling, baik berupa kertas pembungkus produk (kemasan), bekas dokumen, dll. Komposisi sampah lain-lain, yang sebagian besar terdiri atas pampers dan pembalut wanita, paling besar terdapat pada kelompok rumah B karena sebagian besar penghuninya memiliki balita sehingga pampers banyak sekali ditemui. Kemudian di kelompok rumah C pampers serta pembalut wanita juga masih banyak jumlahnya meski tidak sebesar pada kelompok rumah B. Untuk kelompok rumah A, karena daya belinya yang cenderung lebih rendah dibandingkan dua kelompok rumah lainnya, maka pampers jarang ditemui sehingga komposisi sampah lain-lain lebih sedikit jumlahnya.



Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Komposisi Berat Sampah Ketiga Kelompok Rumah

Sumber : Hasil Analisis, 2012

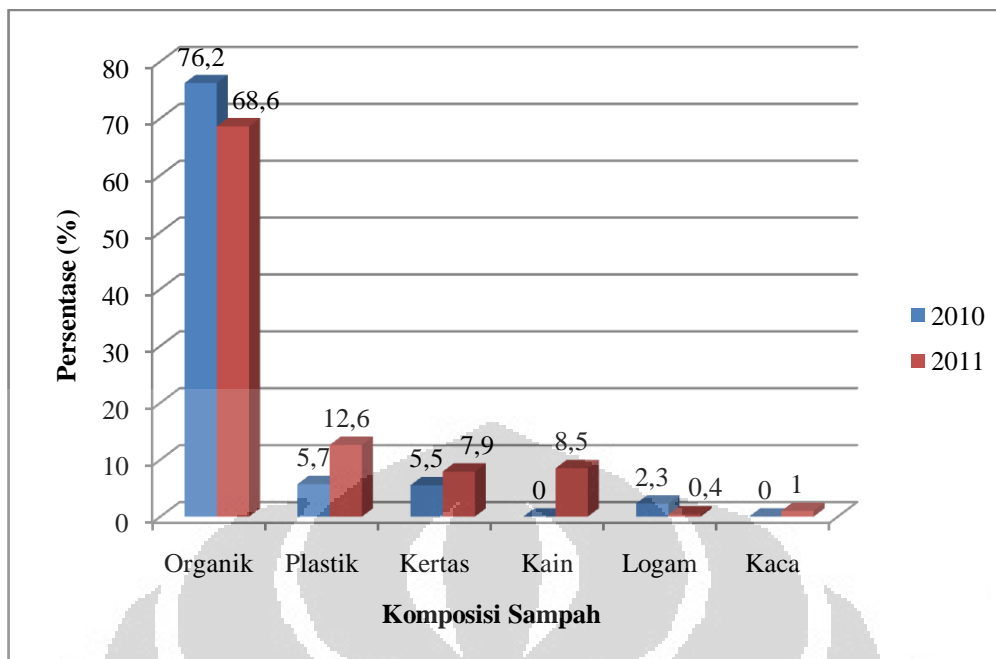
Grafik di atas menunjukkan total perbandingan sampah organik dan anorganik dari ketiga kelompok rumah. Berdasarkan analisis grafik, maka terlihat bahwa komposisi sampah organik berbanding terbalik dengan luas lantai pada kelompok rumah A, B, dan C. Dimana pada kelompok rumah A dengan luas lantai yang lebih kecil sampah organik cenderung lebih besar jumlahnya dan terus menurun sebanding dengan kenaikan luas lantai pada kelompok rumah B dan C. Sementara itu, untuk komposisi sampah anorganik sebanding dengan kelompok

luas lantai. Dimana grafik tersebut menunjukkan bahwa semakin besar luas lantai suatu rumah, maka sampah anorganik yang dihasilkan semakin besar juga. Menurut penelitian Xiao-yan Qu, *et. al.* (2009), tingkat perekonomian/pendapatan seseorang memiliki hubungan yang negatif dengan produksi sampah dapur/ sisa makanan (organik) dan memiliki hubungan yang positif dengan sampah kertas dan plastik (anorganik). Berdasarkan hal ini, maka hasil yang didapatkan dalam penelitian sudah sesuai dengan literatur yang ada.

Adapun hal ini dapat disebabkan karena pola hidup masyarakat pada kelompok rumah A, B, dan C yang cenderung berbeda. Pada kelompok rumah A pola hidupnya sederhana sehingga sampah organik cenderung besar dibandingkan sampah anorganik, pada kelompok rumah B pola hidupnya menengah sehingga perbandingan komposisi sampah organik dan anorganik tidak sebesar perbedaan komposisi pada kelompok rumah A dan C. Pada kelompok rumah C komposisi sampah anorganik yang dihasilkan cenderung meningkat dan lebih besar dibandingkan dengan kelompok rumah A dan B karena daya beli masyarakatnya yang lebih tinggi dan pola hidup modern. Adapun faktor yang memungkinkan mengakibatkan penurunan sampah organik sementara peningkatan sampah anorganik pada keluarga dengan tingkat perekonomian lebih tinggi adalah karena sebagian besar dari mereka sering berada di luar, lebih memilih makan di luar, dan tidak merasa keberatan jika harus mengeluarkan uang untuk membeli sesuatu dalam kemasan yang dibungkus oleh kertas/ plastik.

5.3.5 Komposisi Sampah Kota Depok

Di bawah ini merupakan data komposisi sampah rumah tangga pada tahun 2010 dan 2011 yang disajikan dalam bentuk diagram batang, beserta data hasil penelitian pada tahun 2012 yang disajikan dalam bentuk tabel.



Gambar 5.4 Grafik Komposisi Sampah Kota Depok Tahun 2010-2011

Sumber : Kausar, Gusniani, Novita, 2010

Ramandhani, Widanarko, Novita, 2011

Tabel 5.8 Komposisi Sampah Kota Depok

No.	Komposisi Sampah	Komponen	
		Kg	%
Organik			
1.	Sisa Makanan	202,77	63,16
2.	Dedaunan	2,435	0,76
3.	Kayu	0,342	0,11
Jumlah		205,547	64,02
Anorganik			
4.	Plastik	32,383	10,09
5.	Kertas	23,764	7,40
6.	Kain	1,722	0,54
7.	Logam	2,554	0,80
8.	Kaca	4,244	1,32
9.	Lain-lain	50,847	15,84
Jumlah		115,514	35,98

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Data komposisi sampah Kota Depok pada tahun 2010-2011 menunjukkan bahwa persentase komposisi sampah organik mengalami penurunan dari 76,2% menjadi 68,6%, plastik mengalami peningkatan dari 5,7% menjadi

12,6%, kertas 5,5% menjadi 7,9%, kain meningkat dari 0% menjadi 8,5%, logam menurun dari 2,3% menjadi 0,4%, dan kaca meningkat dari 0% menjadi 1%.

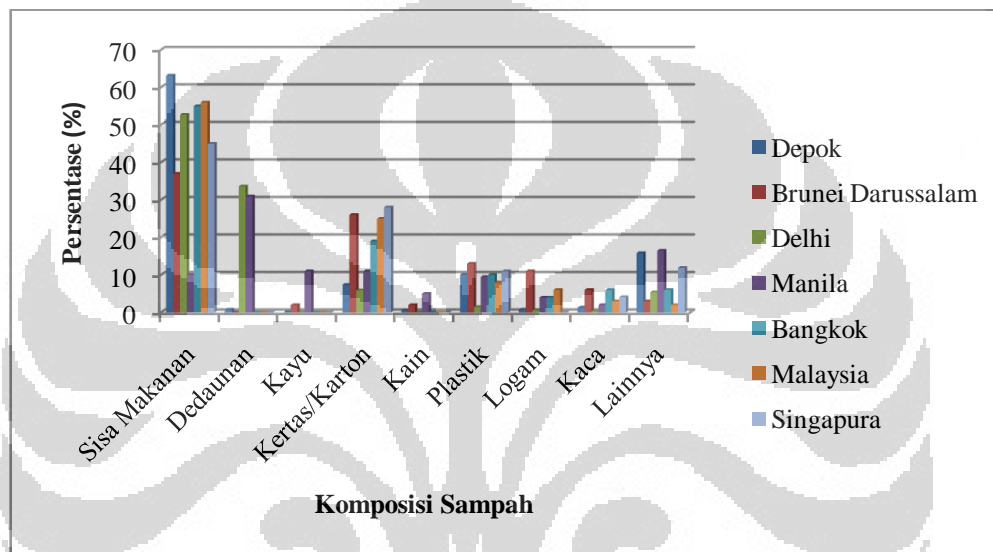
Dari data hasil penelitian yang diperoleh, komposisi sampah Kota Depok pada tahun 2012 terdiri atas : 63,16% sisa makanan, 0,76% dedaunan, 0,11% kayu, 10,09% plastik, 7,40% kertas, 0,54% kain, 0,80% logam, 1,32% kaca, 15,84% lain-lain. Perbandingan komposisi sampah organik dan anorganik Kota Depok adalah 64,02% sampah organik dan 35,98% sampah anorganik. Apabila dibandingkan dengan literatur dari sampah di Beijing (Xiao-yan Qu, *et. al.*, 2009), komposisi sampah di Kota Depok hampir menyerupai sampah di Kota Beijing dengan komposisi berupa : 69,3% sisa makanan, 10,3% kertas, 9,8% plastik, 1,3% kain, 0,8% logam, 0,6% kaca, dan sampah lain-lain sebesar 2,7%.

Hasil komposisi sampah di Kota Depok dalam penelitian ini terus mengalami penurunan pada sampah organiknya apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, yaitu dari 76,2%, lalu 68,6%, dan menjadi 64,02%. Sementara itu, sampah plastik yang meningkat dari tahun 2010 ke 2011, mengalami penurunan pada tahun 2012, yaitu 5,7% di tahun 2010, 12,6% di tahun 2011, dan 10,09% di tahun 2012. Untuk sampah kertas, juga mengalami penurunan di tahun 2012, yaitu dari 5,5% di tahun 2010, 7,9% di tahun 2011, dan 7,4% di tahun 2012. Persentase komposisi sampah kain, cenderung fluktuatif dari 0% di tahun 2010, meningkat tajam sebesar 8,5% di tahun 2011, dan menurun kembali dalam jumlah signifikan menjadi 0,54%, sampah logam dari 2,3% di tahun 2010, menurun di tahun 2011 menjadi 0,4%, dan meningkat kembali menjadi 0,8% di tahun 2012. Sampah kaca mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dari 0% di tahun 2010, 1% di tahun 2011, dan 1,32% di tahun 2012. Selain itu, ada juga sampah lain-lain yang tidak termasuk dalam komposisi sampah yang telah dijelaskan sebelumnya yang juga cukup signifikan jumlahnya di tahun 2012, yaitu sebesar 15,84%, angka ini jauh meningkat dibandingkan pada tahun 2010 dengan 10,3% dan 1% di tahun 2011.

Berdasarkan perbandingan persentase komposisi sampah dari tahun 2010, 2011, dan 2012, terlihat bahwa sampah organik cenderung mengalami penurunan, sementara sampah anorganik meningkat. Hal ini kemungkinan diakibatkan oleh peningkatan gaya hidup masyarakat Kota Depok yang lebih

modern sehingga konsumsi akan penggunaan kemasan produk menjadi bertambah. Selain itu, taraf perekonomian yang meningkat seiring dengan laju pertumbuhan ekonomi Kota Depok yang terus naik dari tahun ke tahun, yaitu sebesar 6,36% pada tahun 2010 melampaui laju pertumbuhan ekonomi Jawa Barat yang sebesar 6,22% (www.depok.go.id) menyebabkan penurunan produksi sampah organik.

Berikut ini adalah grafik perbandingan data komposisi sampah di Depok dengan beberapa kota besar di Asia :



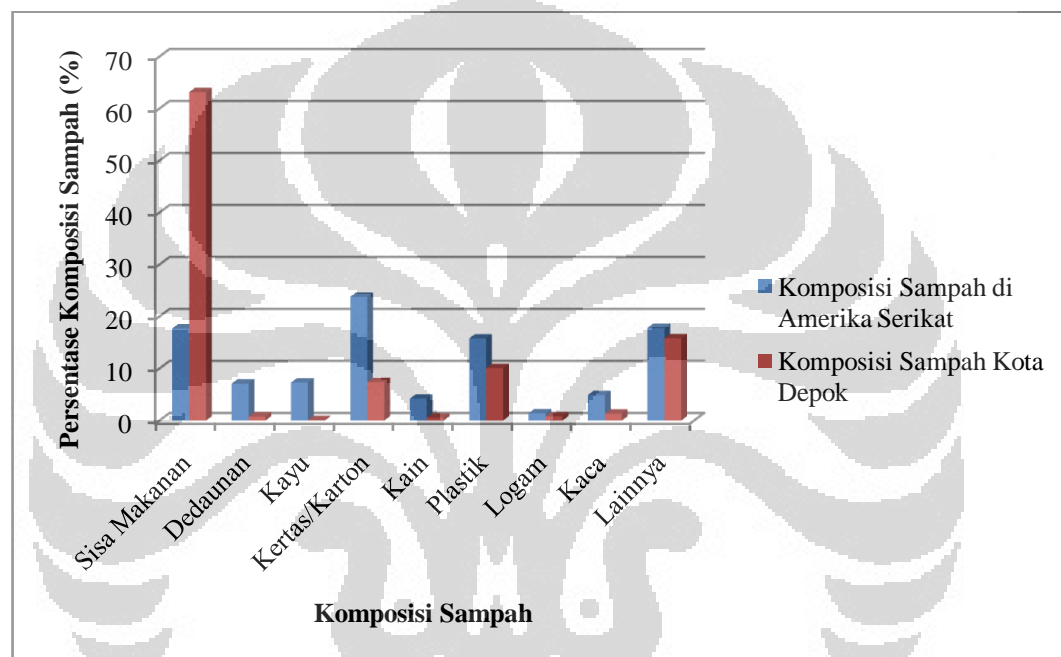
Gambar 5.5 Grafik Perbandingan Komposisi Sampah di Beberapa Kota Besar di Asia dan Depok

Sumber : Einsiedel, 1998

Berdasarkan grafik tersebut, maka dapat terlihat bahwa komposisi sampah di beberapa kota di Asia Tenggara hampir sama dengan Kota Depok karena memiliki latar belakang letak geografis dan kondisi iklim yang hampir sama, yaitu beriklim tropis. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa komposisi sampah yang cukup signifikan jumlahnya pada masing-masing kota adalah jenis sampah sisa makanan, kertas, plastik, dan jenis sampah lainnya (batu, keramik, pampers, pembalut, debu, dll).

Selain itu, berikut ini adalah data perbandingan komposisi sampah antara sampah di Kota Depok dengan di Amerika Serikat. Terlihat pada grafik di atas, sampah Kota Depok (di Negara Indonesia yang merupakan negara berkembang)

cenderung lebih organik dibandingkan dengan sampah di Amerika Serikat yang merupakan negara maju. Adapun nilai perbandingan antara komposisi sampah organik di Depok adalah sebesar 64,02% sampah organik dan 35,98% sampah anorganik. Sementara itu, sampah di Amerika Serikat adalah sebesar 32,10% sampah organik dan 67,90% sampah anorganik. Angka ini menunjukkan perbedaan karakteristik sampah antar wilayah studi, dimana masing-masing wilayah studi memiliki pola hidup dan karakteristik sosial yang berbeda sehingga menyebabkan perbedaan pada sampah yang dihasilkan.

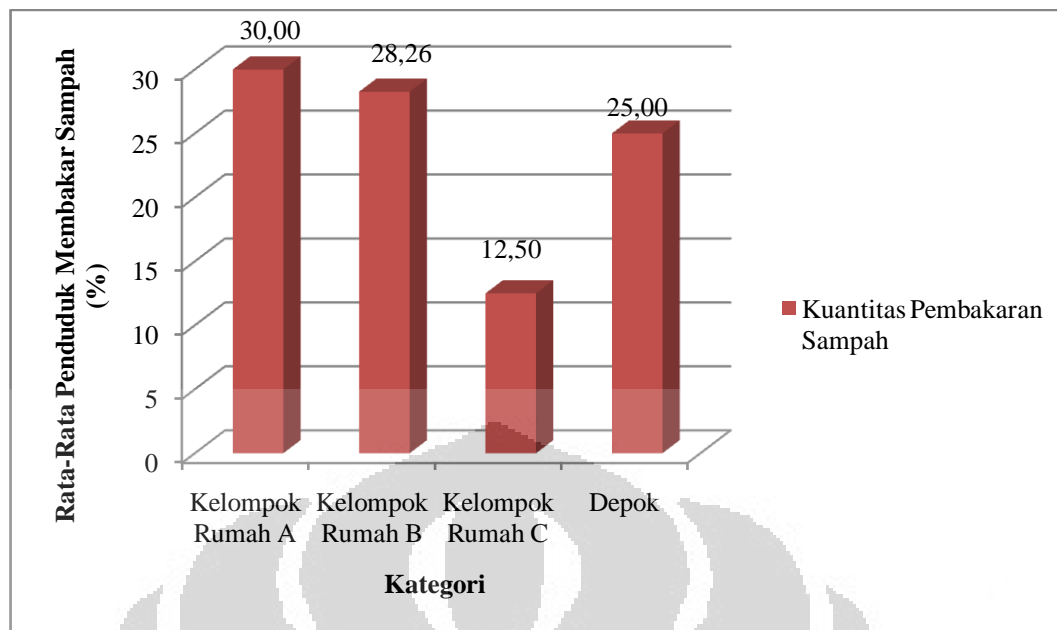


Gambar 5.6 Grafik Perbandingan Komposisi Sampah di Amerika Serikat dan Depok

Sumber : Staley, Barlaz, 2009 dan Hasil Analisis, 2012

5.4 Hasil Pengolahan dan Analisis Data Kuantitas dan Frekuensi Pembakaran Sampah Kota Depok

Berikut ini akan dianalisis hasil yang didapatkan untuk persentase penduduk yang membakar sampah beserta kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah dari 100 kuisioner yang disebar terhadap 100 responden secara acak di wilayah Kota Depok.



Gambar 5.7 Grafik Persentase Penduduk Membakar Sampah

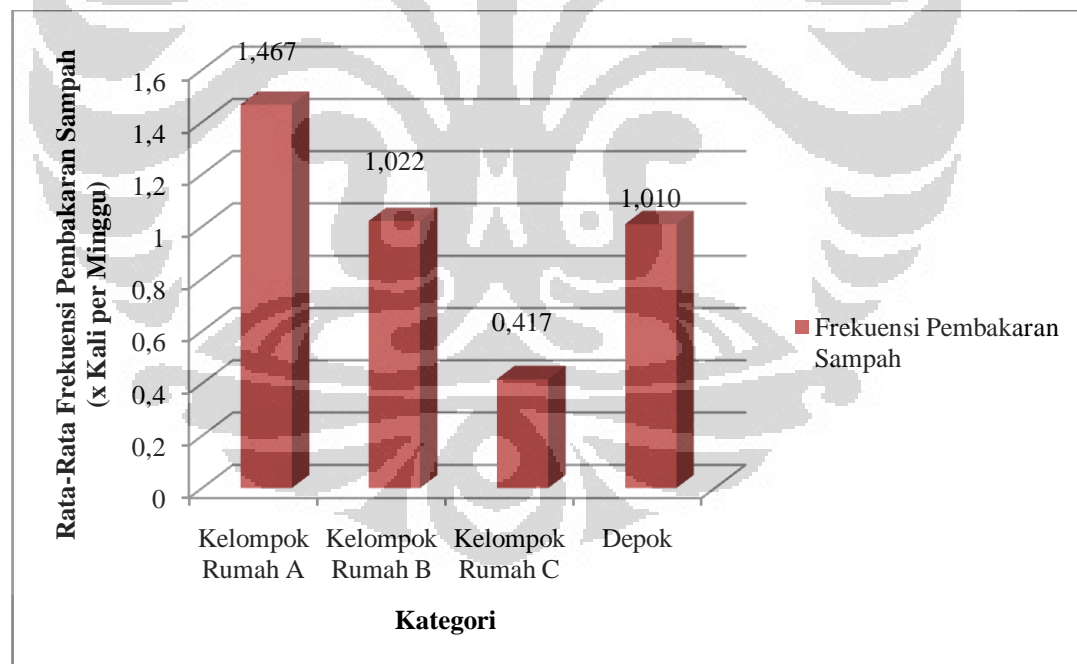
Sumber : Hasil Analisis, 2012

Terlihat dari grafik di atas, bahwa persentase penduduk yang membakar sampah pada kelompok rumah A adalah sebesar 30,00%, kelompok rumah B sebesar 28,26%, dan kelompok rumah C sebesar 12,50%. Berdasarkan hal ini terlihat hubungan yang berbanding terbalik antara luas lantai dengan persentase penduduk yang membakar sampah. Pada penduduk yang kelompok rumahnya termasuk luas lantai yang lebih besar, persentase kegiatan pembakaran sampah lebih kecil dibandingkan dengan penduduk pada kelompok rumah dengan luas lantai lebih kecil. Hal ini terjadi karena pelayanan sampah yang kurang menjangkau pemukiman penduduk kecil sehingga pada penduduk kelompok rumah dengan luas lantai kecil lebih banyak melakukan pembakaran sampah dibandingkan dengan penduduk dengan luas lantai yang lebih besar.

Pada kelompok rumah A, terdapat 9 responden yang menjawab membakar sampah dari total 30 responden. Sebagian besar warga dari kelompok rumah A yang disampling ini tinggal di perkampungan/ perumahan individual tidak teratur sehingga daerahnya belum terjamah pelayanan sampah. Kelompok rumah B terdapat 13 responden menjawab melakukan pembakaran sampah dari total 46 responden. Penduduk dari kelompok rumah B yang disampling, masih ada yang tinggal di perkampungan/ perumahan individual tidak teratur dan ada

yang tinggal di kompleks perumahan, sehingga masih ada yang membakar sampah dan ada juga yang sudah membayar retribusi pengangkutan sampah sehingga tidak lagi melakukan pembakaran sampah. Dan kelompok rumah C hanya 3 responden yang melakukan pembakaran sampah dari total 24 responden. Sebagian besar penduduk pada kelompok rumah C yang disampling tinggal di real estate/ kompleks perumahan sehingga mereka sudah pasti mendapat pelayanan sampah dan membayar retribusi, sehingga persentase pembakaran sampah cenderung kecil dibandingkan kelompok rumah lainnya.

Dari total keseluruhan seluruh kelompok rumah terdapat 25 responden yang menjawab melakukan pembakaran sampah dari 100 responden, dimana 72% menjawab tidak mendapat pelayanan pengangkutan sampah dan tidak membayar retribusi sehingga mereka melakukan pembakaran sampah, dan 28% lainnya menjawab sudah mendapat pelayanan pengangkutan sampah, namun masih melakukan pembakaran sampah karena keterlambatan pengangkutan dan untuk mempercepat reduksi sampah pekarangan/ sampah plastik.



Gambar 5.8 Grafik Frekuensi Pembakaran Sampah

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Dari grafik di atas terlihat bahwa frekuensi pembakaran sampah pada kelompok rumah dengan luas lantai lebih besar semakin kecil dibandingkan dengan kelompok rumah dengan luas lantai yang lebih kecil. Pada kelompok

rumah A, penduduknya rata-rata membakar sampah hingga 1,467 kali per minggu atau sekitar 0,210 kali per hari. Hal ini dikarenakan mereka memang kurang mendapatkan pelayanan sampah di wilayahnya sehingga untuk menghindari bau busuk dan penumpukan sampah, penduduk di kelompok rumah ini lebih sering membakar sampahnya dibandingkan penduduk pada kelompok rumah B dan C. Pembakaran sampah sering dilakukan setiap pagi dan sore hari di bak tempat pembakaran sampah yang memang sudah dibuat oleh penduduk.

Kelompok rumah B penduduknya membakar sampah dengan rata-rata sekitar 1,022 kali per minggu atau sekitar 0,146 kali per hari. Pada penduduk yang tinggal di kelompok rumah B, mereka membakar sampah dikarenakan memang ada yang wilayah rumahnya belum terjangkau pelayanan sampah dan ada yang ingin dengan cepat mereduksi sampahnya sehingga tidak menunggu diangkut sehingga mereka membakar sampah sebagian besar pada pagi atau sore hari.

Kelompok rumah C rerata penduduk membakar sampah sekitar 0,417 kali per minggu atau sekitar 0,059 kali per hari. Untuk penduduk kelompok rumah C ini mereka memilih membakar sampah hanya untuk menghindari penumpukan sampahnya saja di pekarangan, sehingga mereka memiliki frekuensi pembakaran yang kecil, yang biasanya dilakukan pada sore hari.

Berdasarkan ketiga kelompok rumah tersebut, maka dapat dihitung bahwa frekuensi pembakaran sampah kota Depok dari 100 responden adalah sebesar 1,01 kali per minggu atau sekitar 0,144 kali per hari.

5.5 Analisis Beban Emisi Untuk Setiap Kelompok Rumah dan Kota Depok

Dalam penelitian ini, beban emisi yang dihitung adalah untuk polutan SO_x , NO_x , CO, dan CH_4 . Beban emisi tersebut dihitung berdasarkan faktor emisi U.S. EPA (AP-42, 1995a), dan penelitian Swesty dan Yudison (2007).

Adapun contoh untuk perhitungan beban emisi berdasarkan metode U.S. EPA dan Lemieux, *et.al.*, (2001) sesuai dengan persamaan (3.6) adalah sebagai berikut :

$$Emisi = Faktor\ emisi \times Faktor\ aktivitas$$

Dan dapat ditulis dengan lebih detail dalam persamaan berikut :

$$Beban\ emisi = FE \times Timbulan\ sampah \times Jumlah\ penduduk \times \%Pembakaran\ sampah \times Frekuensi\ pembakaran\ sampah \times 365 \frac{hari}{tahun} \quad (5.3)$$

Dengan :

- Beban emisi : Total beban emisi dari polutan x
(ton/ tahun)
- FE : Faktor emisi dari polutan x (gr/ kg)
- Timbulan sampah rerata : Timbulan sampah rata-rata wilayah studi
(kg/ orang/ hari)
- Jumlah penduduk : Jumlah penduduk di wilayah studi (Jiwa)
- % Pembakaran sampah : Persentase penduduk yang membakar
sampah di wilayah studi (%)
- Frekuensi pembakaran sampah : Pembakaran sampah di wilayah studi (a kali
dalam sehari).

Contoh penghitungan beban emisi CO untuk kelompok rumah A :

- FE (Faktor Emisi) CO = 230,81 g/kg sampah yang dibakar
- Timbulan sampah kelompok rumah A = 0,281 kg/orang/hari
- Jumlah penduduk Depok tahun 2012 = 1.888.034 orang
- % Pembakaran sampah = 30%
- Faktor aktivitas = 0,210 kali/hari
- Sampah yang dibakar = 0,281 kg/orang/hari x 1.888.034 orang x 30% x
0,210 kali /hari = 33339,449 kg/hari
- Beban emisi CO = 33339,449 kg/hari x 230,81 g CO/kg sampah yang
dibakar x 365 hari/tahun = 2808,703 ton/tahun.

Di bawah ini merupakan hasil pengolahan data beban emisi dan GWP, serta PAE indeks untuk masing-masing kelompok rumah dan Kota Depok :

Tabel 5.9 Beban Emisi

Kelompok Rumah	Frekuensi Pembakaran Sampah (x kali per hari)*	Persentase Pembakaran Sampah (%)**	Pencemar	Faktor Emisi (g/kg Sampah yang dibakar)		Beban Emisi (ton/tahun)	
				U.S. EPA	Swesty dan Yudison (2007)	U.S. EPA	Swesty dan Yudison (2007)
A	0,210	30,00	SO _x	0,454	8,1	5,520	101,617
			CO	38,555	230,81	469,176	2808,703
			CH ₄	5,897	11,56	71,756	140,672
			NO _x	2,722	2,85	33,118	38,535
B	0,146	28,26	SO _x	0,454	8,1	4,598	84,640
			CO	38,555	230,81	390,791	2339,457
			CH ₄	5,897	11,56	59,768	117,170
			NO _x	2,722	2,85	27,585	32,097
C	0,060	12,50	SO _x	0,454	8,1	0,696	12,805
			CO	38,555	230,81	59,122	353,933
			CH ₄	5,897	11,56	9,042	17,727
			NO _x	2,722	2,85	4,173	4,856
Kota Depok	0,144	25,00	SO _x	0,454	8,1	3,613	66,519
			CO	38,555	230,81	307,125	1838,592
			CH ₄	5,897	11,56	46,972	92,085
			NO _x	2,722	2,85	21,679	25,225

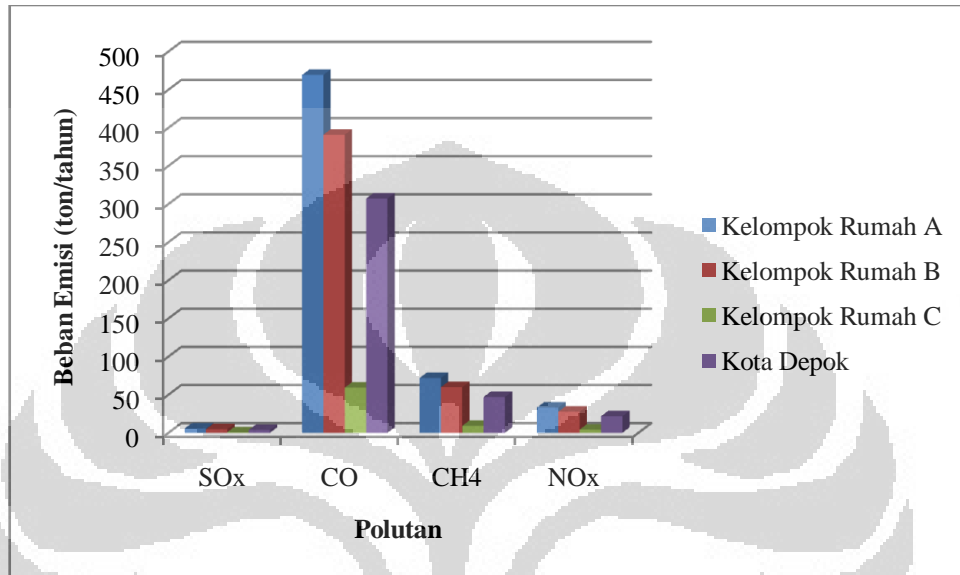
Sumber : Hasil Analisis, 2012

Keterangan :

* Hasil Kuisisioner

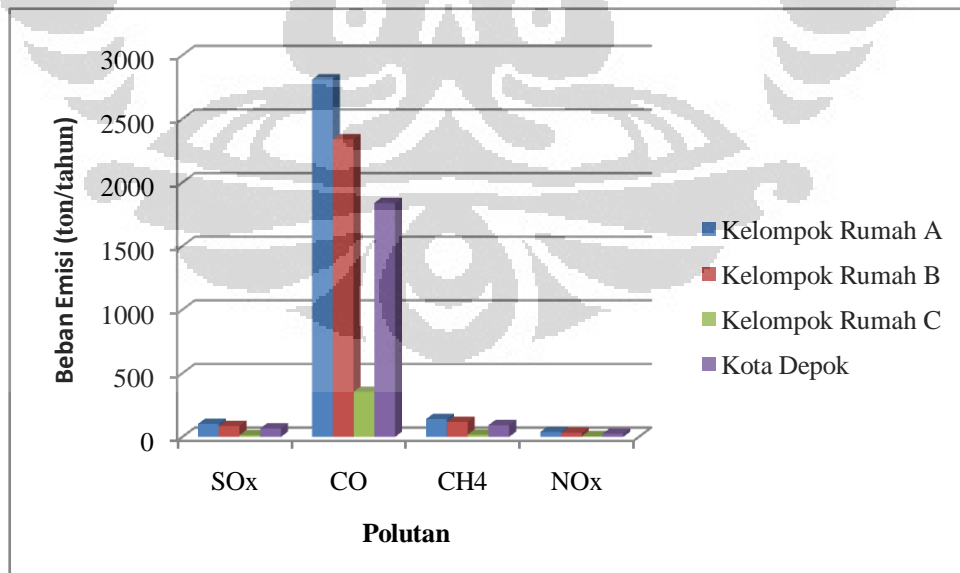
** Hasil Kuisisioner

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari tabel di atas, maka akan dilakukan analisis untuk masing-masing beban emisi bagi tiap polutan, yaitu SO_x , CO, CH_4 , dan NO_x . Di bawah ini merupakan grafik perbandingan beban emisi untuk masing-masing polutan berdasarkan faktor emisi U.S. EPA (1995), Swesty dan Yudison (2007) :



Gambar 5.9 Grafik Beban Emisi Berdasarkan Faktor Emisi U.S. EPA

Sumber : Hasil Analisis, 2012



Gambar 5.10 Grafik Beban Emisi Berdasarkan Faktor Emisi Swesty dan Yudison

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Berdasarkan grafik 5.9 dan 5.10 dengan menggunakan faktor emisi U.S. EPA, beban emisi tertinggi dihasilkan oleh polutan CO, kemudian CH₄, lalu NO_x, dan terakhir SO_x merupakan polutan terkecil yang dihasilkan. Sementara itu, pada grafik dengan menggunakan faktor emisi Swesty dan Yudison, beban emisi terbesar dihasilkan oleh polutan CO, CH₄, NO_x, dan SO_x. Melihat kedua hasil tersebut, urutan beban pencemar terbesar sedikit berbeda pada polutan NO_x dan SO_x. Pada faktor emisi U.S. EPA faktor emisi NO_x bernilai lebih tinggi dibandingkan dengan faktor emisi SO_x. Sementara itu, pada faktor emisi Swesty dan Yudison nilai faktor emisi SO_x bernilai lebih tinggi dibandingkan dengan faktor emisi NO_x. Hal inilah yang menyebabkan urutan beban pencemar dari terbesar hingga terkecil sedikit berbeda pada penelitian ini.

EPA (2000) menyebutkan bahwa, CO merupakan senyawa yang terbentuk dari reaksi karbon dengan oksigen sebagai hasil/produk dari pembakaran tidak sempurna. Pembakaran sampah secara terbuka merupakan suatu jenis pembakaran tanpa adanya pengendalian terhadap suplai udara untuk menjaga temperatur yang sesuai dan tidak dapat menyediakan waktu tinggal yang cukup untuk mencapai pembakaran sempurna, sehingga pembakaran sampah secara terbuka cenderung menghasilkan pembakaran yang bersifat tidak sempurna (IPCC, 2006). CO memiliki karakteristik tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berwarna pada temperatur udara normal di atmosfer. CO memiliki potensi bahaya yang tinggi dan sering disebut sebagai *silent killer* karena sifatnya yang toksik dan dapat membentuk ikatan yang kuat dengan hemoglobin sehingga mengganggu sistem transportasi sel darah merah yang mengangkut oksigen ke seluruh tubuh.

Berdasarkan grafik 5.9 dan 5.10, didapatkan beban emisi CO yang dihitung dari faktor emisi U.S. EPA adalah sebesar 469,176 ton/tahun dan dari penelitian Swesty adalah sebesar 2.808,703 ton/tahun untuk kelompok rumah A, 390,791 dan 2.339,457 ton/tahun untuk kelompok rumah B, serta 59,122 dan 353,933 ton/tahun untuk kelompok rumah C. Terlihat dari hasil tersebut, bahwa beban emisi CO untuk kelompok rumah A memiliki nilai yang paling tinggi diantara ketiga kelompok rumah. Hal ini dikarenakan persentase (30%) dan aktivitas pembakaran (1,467 kali per minggu) di wilayah kelompok rumah A memiliki nilai yang paling besar dibandingkan dengan kelompok rumah B

(28,26% dan 1,022 kali per minggu) dan C (12,50% dan 0,417 kali per minggu). Dengan menganalisis ketiga jenis data beban emisi tersebut, maka nilai beban emisi CO untuk Kota Depok adalah sebesar 307,125 ton/tahun berdasarkan faktor emisi U.S. EPA dan 1838,592 ton/tahun berdasarkan faktor emisi dari penelitian Swesty.

Pada proses pembakaran, penggunaan sampah domestik yang cenderung bersifat organik dan basah tidak disarankan karena dapat mengganggu proses pembakaran tersebut (<http://nortech oulu.fi/eng>)³⁹ dan menghasilkan pembakaran yang cenderung tidak sempurna dan menghasilkan gas CO daripada CO₂ pada pembakaran sempurna. Menurut U.S. EPA (1996), CO terbentuk saat seluruh komponen karbon di dalam sampah tidak teroksidasi menjadi CO₂. Tingginya kadar CO mengindikasikan bahwa gas pembakaran tidak terbentuk pada temperatur yang cukup tinggi dalam keberadaan O₂ pada waktu yang cukup lama untuk mengubah gas CO menjadi CO₂.

Berdasarkan data Staley, Barlaz (2009) dan hasil analisis dalam penelitian ini, komposisi sampah di Indonesia cenderung lebih organik, seperti halnya sampah di Kota Depok sehingga cenderung lebih basah dibandingkan dengan sampah di Amerika Serikat, dimana komposisi anorganiknya lebih tinggi seperti yang terlihat pada Gambar 5.6. Komponen anorganik sampah lebih mudah terbakar secara sempurna karena sampah jenis ini cenderung lebih kering dibandingkan dengan sampah organik sehingga menghasilkan nilai CO yang lebih kecil dibandingkan dengan komponen organik sampah yang cenderung lebih basah dan sulit terbakar yang pada akhirnya akan menghasilkan nilai CO yang juga lebih besar sebagai akibat dari pembakaran yang tidak sempurna. Kadar air yang tinggi dapat menghambat tercapainya temperatur maksimum dan meningkatkan waktu proses pembakaran sehingga emisi yang dihasilkan lebih tinggi (Loo dan Koopejan, 2008).

CH₄ adalah sebuah molekul sederhana yang terdiri dari satu atom karbon dan dikelilingi oleh 4 atom hidrogen. Pembakaran CH₄ yang sempurna akan menghasilkan CO₂ dan air. Gas metana merupakan gas yang ada pada temperatur

³⁹ NorTech Oulu, 2011, http://nortech oulu.fi/eng/MicrE_W2E_Combustion.html, *Waste to Energy Technology*, diakses pada 31 Mei 2012, pukul 23:09.

ambien tertentu dan memiliki kemampuan untuk berpindah dengan jarak yang jauh. Karakteristik utama dari gas ini adalah mudah terbakar dan meledak saat bercampur dengan udara dengan konsentrasi di atas 5%. Gas ini memiliki potensi yang besar terhadap pemanasan global, yaitu sebesar 21-23 *CO₂-equivalent*.

Berdasarkan grafik 5.9 dan 5.10, didapatkan beban emisi CH₄ yang dihitung dari faktor emisi U.S. EPA adalah sebesar 71,756 ton/tahun dan dari faktor emisi pada penelitian Swesty adalah sebesar 140,672 ton/tahun untuk kelompok rumah A, 59,768 dan 117,170 ton/tahun untuk kelompok rumah B, serta 9,042 dan 17,727 ton/tahun untuk kelompok rumah C. Terlihat dari hasil tersebut, bahwa beban emisi CH₄ untuk kelompok rumah A memiliki nilai yang paling tinggi diantara ketiga kelompok rumah. Hal ini dikarenakan persentase penduduk yang membakar sampah dan frekuensi, serta aktivitas pembakaran di wilayah kelompok rumah A memiliki nilai yang paling besar dibandingkan dengan kelompok rumah B dan C, seperti halnya yang terjadi pada hasil penghitungan beban emisi pada CO. Dilihat dari ketiga data ini, maka beban emisi CH₄ untuk Kota Depok adalah sebesar 46,972 ton/tahun berdasarkan faktor emisi U.S. EPA dan 92,085 ton/tahun berdasarkan faktor emisi Swesty.

Berdasarkan *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (2006), emisi dari CH₄ dalam pembakaran sampah secara terbuka merupakan hasil dari pembakaran tidak sempurna. Faktor penting yang mempengaruhi emisi CH₄ ini adalah temperatur, waktu tinggal, dan rasio udara (perbandingan volume udara dengan jumlah sampah yang dibakar). Emisi CH₄ ini sangat relevan dengan pembakaran sampah secara terbuka, dimana fraksi yang besar dari karbon di dalam sampah tidak dapat teroksidasi. Kondisi ini pun sangat bervariasi, dimana komposisi sampah biasanya heterogen dan juga bahan bakar yang rendah kualitasnya sangat mempengaruhi variasi nilai kalornya.

Nitrogen oksida (NO_x) adalah sebuah bentuk umum yang digunakan untuk menggambarkan jumlah dari gas NO, NO₂ dan bentuk oksida nitrogen lainnya, seperti N₂O, N₂O₂, N₂O₃, N₂O₄, dan N₂O₅. Pada umumnya NO_x dalam proses pembakaran sampah merupakan nilai representatif dari konsentrasi gas NO dan NO₂. NO_x merupakan kelompok gas yang reaktif dan berperan penting dalam pembentukan lapisan ozon. Sebagian besar NO_x tidak berwarna dan tidak berbau.

NO_x terbentuk pada saat terjadi proses pembakaran bahan bakar pada temperatur tinggi. Berdasarkan *European Commission*, 2011, sekitar 90% bentuk NO_x dari hasil proses pembakaran sampah adalah berupa NO. Oleh karena itu, maka nilai beban emisi NO yang didapat dari penghitungan faktor emisi NO Swesty, Yudison dapat diubah ke dalam bentuk NO_x dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Beban emisi NO}_x = \text{Beban emisi NO} \times \frac{1}{0,9} \quad (5.4)$$

Berdasarkan grafik 5.9 dan 5.10, didapatkan beban emisi NO_x yang dihitung dari faktor emisi U.S. EPA adalah sebesar 33,118 ton/tahun dan Yudison adalah sebesar 38,535 ton/tahun untuk kelompok rumah A, 27,585 dan 32,097 ton/tahun untuk kelompok rumah B, serta 4,173 dan 4,856 ton/tahun untuk kelompok rumah C. Terlihat dari hasil tersebut, bahwa beban emisi NO_x untuk kelompok rumah A memiliki nilai yang paling tinggi diantara ketiga kelompok rumah. Hal ini dikarenakan persentase dan aktivitas pembakaran di wilayah kelompok rumah A memiliki nilai yang paling besar dibandingkan dengan kelompok rumah B dan C, seperti halnya yang terjadi pada hasil penghitungan beban emisi pada SO_x, CO, dan CH₄. Dilihat dari ketiga data ini, maka beban emisi NO_x untuk Kota Depok adalah sebesar 21,679 ton/tahun berdasarkan faktor emisi U.S. EPA dan 25,225 ton/tahun berdasarkan faktor emisi Yudison.

Berdasarkan IPCC, *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (2006), NO_x yang diemisikan dalam proses pembakaran pada umumnya terbentuk pada temperatur rendah, sekitar 500-950°C. Faktor penting lainnya yang mempengaruhi emisi NO_x dalam pembakaran sampah adalah jenis alat kontrol pencemaran udara yang digunakan, jenis dan kandungan nitrogen dari sampah, serta fraksi dari udara berlebih. NO_x yang terbentuk dalam proses ini kemungkinan besar diakibatkan oleh 2 mekanisme pembentukan NO_x, yaitu *fuel* NO_x dan *prompt* NO_x. Dalam hal ini *thermal* NO_x memiliki kemungkinan yang kecil dalam proses pembentukan emisi NO_x dikarenakan pembakaran sampah secara terbuka terjadi dalam temperatur pembakaran yang relatif tidak tinggi, hanya sekitar 700°C atau dibawah 1100°C sehingga laju reaksi untuk pembentukan NO_x dalam proses *thermal* NO_x tidak signifikan jumlahnya. Sementara itu, *fuel* NO_x yang terbentuk adalah sebagai hasil dari proses oksidasi senyawa nitrogen organik yang terkandung di dalam sampah sehingga gas ini

terbentuk ketika N₂ organik di dalam sampah bereaksi dengan oksigen yang dibantu dengan nyala api. Kemudian untuk *prompt* NO_x dihasilkan akibat adanya senyawa hidrokarbon dalam sampah (HC), dimana molekul nitrogen dari udara memisahkan diri dan masuk ke dalam atom nitrogen yang akan bereaksi dengan oksigen membentuk gas ini (*European Commission, 2000* dan *EPA, 1999*).

Sulfur oksida merupakan salah satu polutan yang paling umum berada di udara ambien. Sulfur oksida muncul sebagai salah satu polutan akibat reaksi pembakaran pada sampah rumah tangga. Sulfur oksida ini memiliki beberapa bentuk, yaitu : SO₂, SO₃, H₂SO₃, H₂SO₄. Bentuk paling dominan dari sulfur oksida ini adalah SO₂. Berdasarkan *Air Resources Board State of California* yang dikeluarkan oleh *California Environmental Protection Agency* (2011), emisi untuk pembakaran yang menghasilkan SO_x, 97% komposisinya berada dalam bentuk SO₂, sehingga beban emisi SO₂ dapat diubah menjadi SO_x dengan cara :

$$\text{Beban emisi SO}_x = \text{Beban emisi SO}_2 \times \frac{1}{0,97} \quad (5.5)$$

Berdasarkan grafik 5.9 dan 5.10, didapatkan beban emisi SO_x yang dihitung dari faktor emisi U.S. EPA adalah sebesar 5,520 ton/tahun dan dari penelitian Yudison adalah sebesar 101,617 ton/tahun untuk kelompok rumah A, 4,598 dan 84,640 ton/tahun untuk kelompok rumah B, serta 0,696 dan 12,805 ton/tahun untuk kelompok rumah C. Nilai beban emisi SO_x untuk kelompok rumah A memiliki nilai paling tinggi dibandingkan kelompok rumah B dan C. Hal ini disebabkan persentase penduduk dan aktivitas pembakaran sampah di wilayah kelompok rumah A memiliki nilai yang jauh lebih besar dibandingkan dua kelompok rumah lainnya sehingga beban emisi SO_x yang dihasilkan juga lebih tinggi. Dengan menganalisis ketiga jenis kelompok rumah tersebut, maka dapat dihitung untuk nilai beban emisi SO_x yang dihasilkan oleh Kota Depok adalah sebesar 3,613 ton/tahun berdasarkan U.S. EPA dan 66,519 ton/tahun berdasarkan faktor emisi Yudison. Perbedaan beban emisi terlihat jelas pada masing-masing kelompok rumah. Pada kelompok rumah dengan luas lantai yang lebih besar, nilai beban emisi SO_x yang dihasilkan cenderung lebih kecil dibandingkan pada kelompok rumah dengan luas lantai yang lebih kecil.

Menurut U.S. EPA (1996), nilai emisi SO₂ bergantung pada jenis komposisi sampah yang mengandung sulfur, seperti aspal, gypsum, dan karet.

Menurut *Montgomery County Division of Solid Waste Services, Department of Environmental Protection* (2009), emisi sulfur pada pembakaran sampah terbentuk saat jenis sampah yang memiliki kandungan sulfur terbakar dan sulfur menjadi teroksidasi selama pembakaran, kemudian lepas ke udara dan menghasilkan emisi SO_2 (pada umumnya dapat diukur sebagai SO_x).

Sesuai dengan persamaan (4.3) untuk penghitungan beban emisi, beberapa faktor yang dapat mempengaruhi besaran nilai beban emisi antara kelompok rumah A, B, dan C, antara lain adalah : faktor emisi, timbulan sampah, serta frekuensi dan kuantitas pembakaran sampah. Sesuai dengan grafik di atas, beban emisi CO , CH_4 , NO_x , dan SO_x , pada kelompok rumah A adalah yang paling besar dibandingkan dengan kelompok rumah B dan C. Hal ini disebabkan karena persentase penduduk dan tingkat aktivitas pembakaran sampah pada kelompok rumah ini adalah yang paling tinggi, yaitu sebesar 30% penduduk yang membakar sampah dan melakukan pembakaran sampah hingga 1,467 kali dalam seminggu dibandingkan dengan kelompok rumah B yang memiliki persentase penduduk membakar sampah sebesar 28,26% penduduk dengan tingkat pembakaran sampah sebesar 1,022 kali per minggu dan kelompok rumah C dengan persentase pembakaran sampah hanya sekitar 12,50% dengan frekuensi pembakaran sebesar 0,417 kali per minggu. Berdasarkan data DKP Kota Depok 2010, adapun tingkat pelayanan persampahan di Kota Depok baru mencapai 36,4%, dengan 26,1% tingkat layanan ke TPA, dan 10,3% di 19 unit UPS yang telah beroperasi. Hal ini mengakibatkan beberapa wilayah di Kota Depok, khususnya daerah perkampungan kecil penduduk belum terjamah pelayanan sampah, baik tempat sampah komunal, maupun pengangkutan sampahnya yang masih belum ada. Hal ini membuat nilai beban emisi keempat polutan CO , CH_4 , SO_x , dan NO_x pada kelompok rumah A berada di atas melebihi beban emisi pada kelompok rumah B dan C, meskipun angka timbulan sampah tertinggi ada pada kelompok rumah B, yaitu sebesar 0,357 kg/orang/hari. Apabila dibandingkan dengan literatur menurut Mendes & Imura (2004); IPCC 2006); World Bank (2000); OECD (2002), didapatkan nilai rata-rata timbulan untuk kota dengan pendapatan menengah, seperti contohnya Manila, Kuala Lumpur, Shanghai, dan Beijing adalah sekitar 0,5-1,5 kg/orang/hari. Berdasarkan literatur tersebut, maka angka timbulan pada masing-

masing kelompok rumah dan Kota Depok masih berada di bawah kisaran rata-rata tersebut, yakni 0,281 kg/orang/hari untuk kelompok rumah A, 0,357 kg/orang/hari untuk kelompok rumah B, 0,299 kg/orang/hari untuk kelompok rumah C, serta 0,320 kg/orang/hari untuk Kota Depok.

Sementara itu apabila dibandingkan dengan timbulan pada kota menengah di negara Asia, rata-rata timbulan sampah di Kota Chittagong, Bangladesh untuk tingkat ekonomi rendah adalah sekitar 0,08 -0,20 kg/orang/hari, untuk tingkat ekonomi menengah adalah sekitar 0,17-0,18 kg/orang/hari, dan untuk tingkat ekonomi tinggi adalah berkisar 0,55 kg/orang/hari (Mohammad Sujauddin, *et. al.*, 2008). Jika melihat hasil timbulan sampah pada studi tersebut, terdapat perbedaan yang besar dengan timbulan sampah pada kelompok-kelompok rumah di Kota Depok. Dimana pada kelompok rumah A yang penduduknya cenderung berada di tingkat ekonomi rendah memiliki timbulan sampah di atas rata-rata studi tersebut, yaitu sebesar 0,281 kg/orang/hari, kelompok rumah B dengan penduduk yang pada umumnya berada pada tingkat ekonomi menengah memiliki timbulan melebihi rata-rata studi tersebut, yaitu sebesar 0,357 kg/orang/hari, dan kelompok rumah C yang sebagian besar penduduknya berada pada tingkat perekonomian tinggi memiliki timbulan sampah di bawah studi tersebut, yaitu sebesar 0,299 kg/orang/hari.

5.6 Analisis *Global Warming Potential* dan *Potential Acid Equivalent*

Sesuai dengan uraian pada Bab 2, *Global Warming Potential* (GWP) merupakan satu jenis indeks yang cukup sederhana yang dapat digunakan untuk memperkirakan dampak emisi yang potensial di masa mendatang untuk berbagai jenis gas terkait dengan sistem iklim. GWP adalah sebuah pengukuran relatif dampak radiatif dari sebuah substansi yang ada terhadap substansi yang lain, yang tergabung dalam sebuah periode waktu yang telah ditentukan. Menurut IPCC (1990), GWP ini dapat didefinisikan sebagai rasio perbandingan kekuatan radiatif dalam satuan waktu dari 1 kg substansi yang dicari relatif terhadap 1 kg gas referensi (biasanya berupa gas *CO₂-equivalent*).

CO₂-equivalent (*CO₂-e*) merupakan standar unit untuk mengukur *carbon footprints* (jejak karbon). Dalam hal ini satuan tersebut merupakan sebuah angka untuk mengekspresikan dampak dari masing-masing gas rumah kaca dalam

bentuk jumlah CO₂-e yang dapat menciptakan jumlah yang setara dengan gas CO₂ tersebut untuk pemanasan global.

Sebagai contoh, gas metana memiliki nilai GWP sebesar 25 kali lipat setara gas CO₂ dalam periode waktu 100 tahun, hal ini berarti gas dalam 1 kg gas metana yang dilepaskan memiliki nilai dan potensi dampak pemanasan yang sama dengan 25 kg gas CO₂ dalam jangka waktu 100 tahun. Di dalam penelitian ini, nilai faktor GWP yang digunakan adalah untuk periode waktu 100 tahun berdasarkan *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, 2001.

Sementara itu, yang dimaksud dengan *Potential Acid Equivalent* (PAE) indeks adalah sebuah angka yang digunakan untuk memperkirakan potensi kandungan sebuah substansi tertentu dalam pembentukan asam (*Air Emissions Accounts*, Portugal, 2010). Nilai PAE indeks ini ditulis dalam satuan mol H⁺ dalam setiap 1 unit (pada umumnya ton) dari gas yang diemisikan. Dengan mengetahui PAE indeks dari sebuah gas, maka dapat diperkirakan potensi atau kemampuan gas tersebut dalam memproduksi sebuah senyawa asam dengan melihat jumlah molekul H⁺ di dalam gas tersebut.

Dengan adanya derajat atau potensi nilai asam yang tinggi dalam suatu gas, maka gas tersebut memiliki kemampuan yang besar sebagai kontributor hujan asam. Hujan asam ini terjadi saat gas-gas bereaksi di atmosfer dengan air, oksigen, dan zat kimia lainnya untuk membentuk berbagai senyawa asam. Hasil dari hujan asam ini adalah larutan halus dari asam sulfur dan nitrit (EPA, 2007). Dampak dari hujan asam ini adalah merugikan bagi tanaman, bersifat korosif, merusak material bangunan, dan juga dapat membawa efek merugikan bagi kesehatan manusia.

Tabel 5.10 GWP dan PAE Indeks

Kelompok Rumah	Pencemar	Faktor GWP*	PAE**	GWP (kg CO ₂ /kg Emisi)		PAE Indeks (Mol H ⁺ /Ton emisi/Tahun)	
				U.S. EPA	Swesty dan Yudison (2007)	U.S. EPA	Swesty dan Yudison (2007)
A	SO _x	-	0,031	-	-	0,172	3,176
	CO	3	-	1407528,54	8426110,216	-	-
	CH ₄	21	-	1506883,495	2954121,739	-	-
	NO _x	8	0,022	264946,549	277450,880	0,720	0,838
B	SO _x	-	0,031	-	-	0,144	2,645
	CO	3	-	1172374,437	7018370,103	-	-
	CH ₄	21	-	1255130,280	2460580,169	-	-
	NO _x	8	0,022	220682,247	231097,495	0,600	0,698
C	SO _x	-	0,031	-	-	0,022	0,400
	CO	3	-	177366,705	1061798,297	-	-
	CH ₄	21	-	189886,708	372257,347	-	-
	NO _x	8	0,022	33386,674	34962,381	0,091	0,106
Depok	SO _x	-	0,031	-	-	0,113	2,079
	CO	3	-	921375,643	5515776,414	-	-
	CH ₄	21	-	986413,924	1933783,750	-	-
	NO _x	8	0,022	173435,415	181620,817	0,471	0,548

Sumber : Hasil Analisis, 2012

Keterangan :

* *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (100 years), 2001*** *Air Emissions Accounts, Portugal, 2010*

Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan dari tabel di atas, maka dapat dihitung nilai *Global Warming Potential* dan *Potential Acid Equivalent* untuk masing-masing polutan di Kota Depok.

5.6.1 SO_x

Beban emisi SO_x ini di lingkungan berpotensi menghasilkan membentuk senyawa yang bersifat asam dan polutan tersebut merupakan kontributor hujan asam. Adapun indeks PAE (*Potential Acid Equivalent*) untuk Kota Depok tersebut dapat dihitung berdasarkan *Air Emissions Accounts*, Portugal, 2010 sebagai berikut :

- $SO_x \text{ equivalent} = 1/32 \text{ mol H}^+ \times 3,613 \text{ ton SO}_x/\text{tahun} = 0,113 \text{ mol H}^+$ dari beban ton SO_x/tahun (U.S. EPA)
- $SO_x \text{ equivalent} = 1/32 \text{ mol H}^+ \times 66,519 \text{ ton NO}_x/\text{tahun} = 2,079 \text{ mol H}^+$ dari beban ton SO_x/tahun (Swesty dan Yudison)

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa beban emisi SO_x di Kota Depok memiliki indeks potensial ekuivalen asam setara dengan 0,113-2,079 mol ion H⁺ dari beban ton SO_x per tahunnya.

5.6.2 CO

Emisi CO ini merupakan salah satu kontributor dari potensi pemanasan global. Adapun nilai potensi pemanasan global oleh CO yang dihasilkan dari Kota Depok dapat dihitung berdasarkan *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, 2001, sebagai berikut :

- $GWP \text{ CO (kg CO}_2/\text{kg emisi)} = 307,125 \times 10^3 \text{ kg emisi CO/tahun} \times 3 \text{ kg CO}_2/\text{kg emisi CO} = 921.375,643 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$ (U.S. EPA)
- $GWP \text{ CO (kg CO}_2/\text{kg emisi)} = 1838,592 \times 10^3 \text{ kg emisi CO/tahun} \times 3 \text{ kg CO}_2/\text{kg emisi CO} = 5.515.776,414 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$ (Swesty dan Yudison)

Berdasarkan hasil di atas, maka dapat disimpulkan bahwa nilai beban emisi CO untuk Kota Depok selama setahun memiliki nilai dan dampak pemanasan global yang setara dengan 921.375,643-5.515.776,414 kg CO₂ selama periode waktu 100 tahun.

5.6.3 CH₄

Selain CO, emisi CH₄ ini juga merupakan salah satu kontributor dari potensi pemanasan global. Adapun nilai potensi pemanasan global CH₄ yang dihasilkan dari Kota Depok dapat dihitung berdasarkan *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, 2001, sebagai berikut :

- GWP CH₄ (kg CO₂/kg emisi) = 46,972 x 10³ kg emisi CH₄/tahun x 21 kg CO₂/kg emisi CH₄ = 986.413,924 kg CO₂/tahun (U.S. EPA)
- GWP CH₄ (kg CO₂/kg emisi) = 92,085 x 10³ kg emisi CH₄/tahun x 21 kg CO₂/kg emisi CH₄ = 1.933.784,750 kg CO₂/tahun (Swesty dan Yudison)

Berdasarkan hasil di atas, maka dapat disimpulkan bahwa nilai beban emisi CH₄ untuk Kota Depok selama setahun memiliki nilai dan dampak pemanasan global yang setara dengan 986.413,924-1.933.784,750 kg CO₂ selama periode waktu 100 tahun.

5.6.4 NO_x

Beban emisi dari NO_x ini memiliki potensi terhadap pemanasan global dan juga pembentukan senyawa yang bersifat asam. Untuk kedua jenis potensi tersebut bagi Kota Depok, dapat dihitung sebagai berikut :

- a. Potensi indeks PAE (*Potential Acid Equivalent*) dapat dihitung berdasarkan *Air Emissions Accounts*, Portugal, 2010 sebagai berikut :

- NO_x *equivalent* = 1/46 mol H⁺ x 21,679 ton NO_x/tahun = 0,471 mol H⁺ dari beban ton NO_x/tahun (U.S. EPA)
- NO_x *equivalent* = 1/46 mol H⁺ x 25,225 ton NO_x/tahun = 0,548 mol H⁺ dari beban ton NO_x/tahun (Swesty dan Yudison)

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa beban emisi NO_x di Kota Depok memiliki indeks potensial ekuivalen asam setara dengan 0,471-0,548 mol ion H⁺ dari beban ton NO_x per tahunnya.

- b. Potensi pemanasan global dapat dihitung berdasarkan *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, 2001, sebagai berikut :

- $GWP\ NO_x$ (kg CO_2 /kg emisi) = $21,679 \times 10^3$ kg emisi NO_x /tahun \times 8 kg CO_2 /kg emisi = 173.435,415 kg CO_2 /tahun (U.S. EPA)
- $GWP\ NO_x$ (kg CO_2 /kg emisi) = $25,225 \times 10^3$ kg emisi NO_x /tahun \times 8 kg CO_2 /kg emisi = 181.620,817 kg CO_2 /tahun (Swesty dan Yudison)

Berdasarkan hasil di atas, maka dapat disimpulkan bahwa nilai beban emisi CO untuk Kota Depok selama setahun memiliki nilai dan dampak pemanasan global yang setara dengan 173.435,415-181.620,817 kg CO_2 selama periode waktu 100 tahun.

5.7 Potensi Pengurangan Emisi

Berdasarkan inventori emisi CO, CH_4 , SO_x , dan NO_x pada sub bab sebelumnya, maka terdapat beberapa hal yang dapat dilakukan terkait dengan usaha pengurangan emisi dari pembakaran sampah rumah tangga secara terbuka.

EIIP (*Emission Inventory Improvement Program*, 2001) menyatakan bahwa peningkatan aktivitas pembakaran sampah secara terbuka ini dapat diakibatkan oleh beberapa faktor, yaitu : karena kurangnya pengangkutan sampah, tingginya biaya untuk pembuangan dan pengangkutan, serta titik buang yang sulit untuk dijangkau. Berdasarkan data DKP Kota Depok 2010, adapun tingkat pelayanan persampahan di Kota Depok baru mencapai 36,4%, dengan 26,1% tingkat layanan ke TPA, dan 10,3% di 19 unit UPS yang telah beroperasi, sementara sisanya masih berupa pembuangan sampah ilegal yang tidak teratur. Dari hasil kuisisioner yang dilakukan dalam penelitian ini, terdapat 25 responden yang menjawab melakukan pembakaran sampah dari 100 responden, dimana 72% dari mereka menjawab tidak mendapat pelayanan pengangkutan sampah dan tidak membayar retribusi sehingga mereka melakukan pembakaran sampah, dan 28% lainnya menjawab sudah mendapat pelayanan pengangkutan sampah, namun masih melakukan pembakaran sampah karena keterlambatan pengangkutan dan untuk mempercepat reduksi sampah pekarangan/ sampah plastik. Berdasarkan fakta ini, hal terpenting yang harus dilakukan adalah meningkatkan dan memperluas pelayanan pengangkutan sampah, serta tempat pembuangan sampah yang terencana di titik yang mudah untuk dijangkau hingga ke perkampungan penduduk yang saat ini belum mendapatkan pelayanan sampah.

Apabila pelayanan sampah dari Pemda Kota Depok masih belum dapat mencapai seluruh wilayah, maka himbauan kepada ketua RT untuk mengajak warganya melakukan swadaya membangun UPS sederhana perlu dilakukan, dimana sampah dapat diolah di UPS tersebut. Dalam hal ini, aspek peran serta masyarakat sangat penting untuk menunjang keberhasilan program tersebut.

Selain aspek di atas, aspek teknis yang dapat diterapkan dari usaha dalam potensi pengurangan emisi ini adalah dengan pengomposan sampah organik, dan melakukan 3R pada sampah anorganik sesuai dengan EPA (2011)⁴⁰. Dalam dokumen EPA tersebut dinyatakan bahwa sampah sisa makanan merupakan penghasil utama gas metana di *landfill* karena sampah jenis ini biasanya mudah terdekomposisi sehingga gas metana dari dekomposisi sampah sisa makanan ini dapat lepas lebih cepat sebelum sistem pengumpul gas metana di *landfill* dapat beroperasi dengan baik. Meskipun demikian, menurut Paul, *et. al.*⁴¹, dampak secara keseluruhan terhadap emisi gas rumah kaca dari kegiatan pengomposan relatif sangat kecil. Hal yang mempengaruhi adalah metode dari sistem pengomposan tersebut, dimana emisi gas rumah kaca dihasilkan lebih tinggi pada sistem pengomposan terbuka secara anaerobik dengan sistem windrow dibandingkan dengan sistem pengomposan aerob dengan pengendalian aerasi. Dengan menggunakan kompos dari sisa makanan, maka emisi yang dihasilkan dari pertanian dapat diturunkan dengan pengurangan dan eliminasi pemakaian pupuk kimia, dan penggunaan pestisida yang dapat meningkatkan emisi gas rumah kaca dari proses produksinya. Selain itu penggunaan kompos untuk pertanian juga bermanfaat bagi peningkatan kualitas kadar air dan porositas tanah, bioremediasi, dan produksi pertanian.

Selain dengan program pengomposan sampah organik, program 3R (*reuse, reduce, recycle*) juga merupakan suatu usaha yang dapat dijalankan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca. Dengan melakukan program ini, maka pemakaian material dan konsumsi akan suatu produk akan berkurang sehingga sampah yang dihasilkan akan cenderung lebih kecil. Melalui daur ulang sampah,

⁴⁰ www.epa.gov, U.S. EPA, 2011, *Reducing Greenhouse Gas Emissions through Recycling and Composting*

⁴¹ Paul, et. al., *Composting as a Strategy to Reduce Greenhouse Gas Emissions*

emisi gas rumah kaca dapat berkurang dengan pengurangan ekstraksi sumber daya baru dari bumi dan menggantikan proses pengeboran, penebangan, dan penambangan material murni dengan material daur ulang. Hal ini dapat mengurangi pemanfaatan energi untuk memproduksi dan memproses barang baru secara signifikan. Sekitar 94% dari material yang diekstrak untuk digunakan dalam manufaktur menjadi sampah sebelum produk tersebut diproduksi. Sekitar 80% dari benda yang diproduksi berakhir menjadi limbah dalam waktu 6 bulan dari sejak benda tersebut diproduksi. Dari setiap kantong sampah yang dibuang sama dengan 71 kantong sampah yang diproduksi pada proses penambangan, penebangan, pertanian, eksplorasi gas dan minyak, serta proses industri yang biasanya mengubah material mentah menjadi produk jadi dan dikemas. Hal ini bahkan tidak termasuk dengan penggunaan energi dan dampak perubahan iklim yang dihasilkan dari sumber daya yang diproses dan diekstrak (Hawken, A. Lovins, L.H. Lovins, 1999). Daur ulang kertas misalnya dapat menghemat 44% pemanfaatan energi (Choate, 2005). Pada dasarnya, penggunaan material daur ulang menggunakan energi yang lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan material baru.

BAB 6

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data di dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Timbulan sampah pada kelompok rumah A adalah sebesar 0,281 kg/orang/hari, kelompok rumah B sebesar 0,357 kg/orang/hari, dan kelompok rumah C sebesar 0,299 kg/orang/hari. Berdasarkan hal tersebut, maka timbulan sampah di Kota Depok rata-rata adalah sebesar 0,320 kg/orang/hari. Sementara itu, komposisi sampah untuk kelompok rumah A adalah berupa 72,35% organik dan 27,65% anorganik, kelompok rumah B berupa 62,03% organik dan 37,97% anorganik, dan kelompok rumah C berupa 61,34% organik dan 38,66% anorganik. Dengan demikian komposisi sampah untuk Kota Depok adalah sebesar 64,02% organik dan 35,98% anorganik.
2. Kuantitas pembakaran sampah untuk kelompok rumah A adalah sebesar 30,00%, kelompok rumah B sebesar 28,26%, dan kelompok rumah C sebesar 12,50%. Dan untuk kuantitas pembakaran sampah di Kota Depok dari 100 kuisioner adalah sebesar 25,00%. Nilai frekuensi pembakaran sampah untuk kelompok rumah A adalah sebesar 1,467 kali per minggu (0,210 kali per hari), kelompok rumah B sebesar 1,022 kali per minggu (0,146 kali per hari), dan kelompok rumah C adalah sebesar 0,417 kali per minggu (0,059 kali per hari). Untuk nilai frekuensi pembakaran sampah di Kota Depok didapatkan hasil sebesar 1,01 kali per minggu atau sebesar 0,144 kali per hari.
3. Pada penelitian ini, kelompok rumah dengan luas lantai yang lebih kecil, menghasilkan nilai kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah yang lebih besar, dimana sebaliknya pada kelompok rumah dengan luas lantai yang lebih besar menghasilkan nilai kuantitas dan frekuensi pembakaran sampah yang lebih kecil.
4. Beban emisi total di Kota Depok dari polutan CO berdasarkan penghitungan dengan faktor emisi U.S. EPA dan Swesty berturut-turut adalah sebesar 307,125 dan 1.838,592 ton CO/tahun, beban emisi CH₄ berdasarkan penghitungan dengan faktor emisi U.S. EPA dan Swesty adalah sebesar

46,972 dan 92,085 ton CH₄/tahun, beban emisi NO_x berdasarkan penghitungan dengan faktor emisi U.S. EPA dan Yudison adalah sebesar 21,679 dan 25,225 ton NO_x/tahun, dan beban emisi SO_x berdasarkan penghitungan dengan faktor emisi U.S. EPA dan Yudison adalah sebesar 3,613 dan 66,519 ton SO_x/tahun.

6.2 Saran

Penelitian ini tidak terlepas dari segala kekurangan dan keterbatasan, maka diperlukan beberapa saran terkait dengan penelitian ini, yaitu :

1. Sebaiknya dibutuhkan sampel yang lebih banyak untuk akurasi data dalam cakupan wilayah satu Kota Depok;
2. Beban emisi dapat dihitung dengan pengukuran faktor emisi secara langsung dan dibandingkan dengan literatur yang ada;
3. Saran bagi Pemda Kota Depok adalah meningkatkan pelayanan pengangkutan dan pembuangan sampah hingga ke wilayah perkampungan warga dan menghimbau hingga tingkat RT untuk melakukan swadaya dalam usaha pengelolaan sampahnya sehingga aktivitas pembakaran sampah secara terbuka dapat dikurangi, bahkan dihentikan;
4. Rekayasa teknis yang dapat dilakukan dalam usaha pengurangan emisi dari pembakaran sampah secara terbuka ini adalah dengan penerapan program 3R pada sampah anorganik dan pengomposan sampah organik secara aerob dengan sistem pengendalian aerasi.

DAFTAR REFERENSI

- Arvind K. Jha, S. S. International Society for Tropical Ecology. *Sustainable Municipal Solid Waste Management in Low Income Group of Cities : A Review* , 123-131.
- Badan Pusat Statistik Kota Depok. (2010). *Kota Depok Dalam Angka 2010*. Depok: Badan Pusat Statistik Kota Depok 2010.
- Badan Pusat Statistik Kota Depok. (2010). *Hasil Sensus Penduduk 2010-Data Agregat Per Kecamatan di Kota Depok*. Depok: Badan Pusat Statistik Kota Depok.
- Badan Standardisasi Nasional. (1995). *Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (1994). *Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *Pengelolaan Sampah di Pemukiman*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bappeda Kota Depok. (Revisi 2011). *Bab IV Rencana Program Investasi Jangka Menengah Kota Depok*. Depok: Bappeda Kota Depok.
- Bappeda Kota Depok. (2011). *Buku Putih : Bab III Profil Sanitasi Kota Depok*. Depok: Bappeda Kota Depok.
- Bappeda Kota Depok. (2006). *Ringkasan Eksekutif-Kajian Pengelolaan Persampahan Kota Depok*. Dipetik November 21, 2011, dari Bappeda Kota Depok Web site: <http://bappeda.depok.go.id/admin/dokumenHasilkajian/KAJIAN%20PENGELOLAAN%20PERSAMPAHAN%20DKLH.pdf>
- Busnawir. Penentuan Sampel Dalam Penelitian. *Artikel Jurnal LIPI* , 64.
- California Environmental Protection Agency. (2010). *Recommended Area Designations For The 2010 Federal Sulfur Dioxide Standard*. California: Air Resources Board.
- Carl Renan Estrellan, F. I. (2010). Review. *Toxic Emissions from Open Burning* , 193-207.

- Choate, A. e. (2005). *Waste Management and Energy Savings: Benefits by the Numbers*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, Publikasi Elektrik : [http://yosemite.epa.gov/OAR/globalwarming.nsf/UniqueKeyLookup/TMAL6GDR3K/\\$File/Energy%20Savings.pdf](http://yosemite.epa.gov/OAR/globalwarming.nsf/UniqueKeyLookup/TMAL6GDR3K/$File/Energy%20Savings.pdf) .
- Cointreau. (1982). *Environmental Management of Urban Solid Wastes in Developing Countries*. The World Bank.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. *Departemen Kesehatan Republik Indonesia*. Dipetik November 15, 2011, dari www.depkes.go.id: <http://www.depkes.go.id/downloads/Udara.PDF>
- Departemen Pekerjaan Umum. (2010). *Pedoman Umum 3R Berbasis Masyarakat di Kawasan Pemukiman*.
- Eastern Research Group, Inc. (2001). *Emission Inventory Improvement Program : Vol. III Chapter 16 Open Burning Revised Final* . Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Einsiedel, N. V. (1998). Final disposal of municipal solid waste in Asia: An Overview. *UNDP/UNCHS Urban Management Program* .
- Enri Damanhuri, T. P. (2010). *Diktat Kuliah TL-3104-Pengelolaan Sampah*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- EPA. (2000). *Air Quality Criteria for Carbon Monoxide*. Washington DC: U.S Environmental Protection Agency.
- Eureka Recycling. (2008, Desember 11). *Eureka Recycling-Recycling, Composting, and Greenhouse Gas Reductions in Minnesota*. Dipetik Juni 11, 2012, dari Eureka Recycling: <http://www.eurekarecycling.com>
- European Comissions. (2000). NOx And Dioxin Emissions From Waste Incineration Plants. *Institute for Energy-Joint Research Centre* , 18-20.
- Fristoto, R. (2009). *Strategi Penanggulangan Kemiskinan Melalui Program Penanggulangan Kemiskinan Perkotaan (P2KP) di Kota Depok, Jawa Barat*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hawken, P. A. (1999). *Natural Capitalism: Creating The Next Industrial Revolution*. New York: Little, Brown and Company.

- http://nortech.oulu.fi/eng/MicrE_W2E_Combustion.html. Waste to Energy Technology-Combustion.
- IPCC. (1990). *Climate Change: The Intergovernmental Panel On Climate Change Scientific Assessment*. Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC. (2006). *IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. Electronic publication URL: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english.
- John W. Paul, C. W.-R. (2010). Agrienvarchive. *Composting as a Strategy to Reduce Greenhouse Gas Emissions* , 1-14.
- Johnke, B. Emissions From Waste Incineration. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* , 462.
- Loo Sjaak van, K. J. (2008). Dalam *The Handbook of Biomass Combustion and Co-firing* (hal. 465). London, United Kingdom: Earthscan.
- Mendes M.R., H. I. (2004). From end of pipe approach to the creation of a sound material cycle society: Asian cases. *In: ISWA World Conference*. Roma, Italia.
- Mohammad Sujauddin, S. H. (2007). Science Direct Waste Management. *Household Solid Waste Characteristics and Management in Chittagong, Bangladesh* , 1688-1695.
- Nazir, M. (1983). *Metode Penelitian*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Novita, E. (2011). Timbulan dan Karakteristik Sampah Kota Depok-Solid Waste Generation Rate & Its Properties At City of Depok. *Pelatihan Pengelolaan Tempat Pemrosesan Akhir* (hal. 1-10). Depok: Program Studi Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil FT-UI.
- OECD Environmental Data. (2002). *OECD Environment Directorate Report of Working Group on Environmental. Compendium*. . Paris: Environmental Performance and Information Division, OECD Environment Directorate.
- Paul M. Lemieux, C. C. (2003). A Comprehensive Review. *Emissions of Organic Toxics from Open Burning* , 1-32.
- PT. Santika Kusuma Agung. (2008). *Penyusunan Rencana Induk Persampahan*. Depok: BAPPEDA Kota Depok.

- Radian International LLC. (1997). *Mexico Emissions Inventory Program Manuals*. Sacramento, CA: Radian International LLC.
- Ramandhani, T. (2011). *Analisis Timbulan dan Komposisi Sampah Rumah Tangga di Kelurahan Mekarjaya (Depok) Dihubungkan dengan Tingkat Pendapatan-Pendidikan-Pengetahuan-Sikap-Perilaku Masyarakat*. Depok: Universitas Indonesia.
- Reay, D. (2011, September 25). *Eoearth*. Dipetik November 12, 2011, dari www.eoearth.org: <http://www.eoearth.org/article/Methane?topic=49554>
- Samsi, M. (2007). *Disertasi Ekstra Benalu Teh (Scruella oortiana) Sebagai Imunomodulator Dan Antitumor Infeksi Marek's Disease Virus (MDV) Serotipa 1 Onkogenik Pada Ayam*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Schmidt, G. (2004, September). *Giss Nasa Government*. Dipetik November 15, 2011, dari www.giss.nasa.gov: http://www.giss.nasa.gov/research/features/200409_methane/
- Situmorang, D. M. (2011). *Penentuan Prioritas Pembangunan Berdasarkan Potensi dan Tingkat Perkembangan Kecamatan di Kota Depok*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Staley, B. F., & Barlaz, M. A. (2009). Composition of Municipal Solid Waste in the United States and Implications for Carbon Sequestration and Methane Yield. *Journal of Environmental Engineering*, 906.
- Statistics Portugal. (2010). *Air Emissions Accounts*. www.ine.pt.
- Swesty, C. (2007). *Penentuan Faktor Emisi CO dan HC Hasil Pembakaran Terbuka Sampah Domestik Kota Bandung*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Tchobanoglous, T. d. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. New York: McGraw-Hil, Inc.
- U.S. EPA. (2000). *Air Quality Criteria for Carbon Monoxide*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. EPA. (1996). *AP-42 Solid Waste Disposal*. Dipetik Juni 15, 2012, dari <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch02/final/c02s01.pdf>: <http://www.epa.gov>

- U.S. EPA. (1992). *Emission Factor Documentation For AP-42 Section 2.5 Open Burning*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. EPA. (1995). *EPA Standard for Emissions*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. EPA. (1997). *Evaluation of Emissions The Open Burning of Household in Barrels, 2006*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. EPA. (2005). *Municipal Solid Waste in United States*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. EPA. (1999). *Nitrogen Oxides, Why And How They Are Controlled?* North Carolina: U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. EPA. (2001). *Open Burning in Barrels*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. EPA. (2001). *Open Burning Revised Final*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- U.S. EPA. (2011). *Reducing Greenhouse Gas Emissions through Recycling and Composting*. Seattle, WA: U.S. EPA Region 10.
- (2008). *UU No.18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah*.
- (2011). *UU RI No. 1 Tahun 2011 Tentang Perumahan dan Kawasan Pemukiman*.
- WHO Regional Office for Europe. (2000). *Polychlorinated Dibenzodioxins and Dibenzofurans*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- World Bank Group. (1998). *Pollution Prevention and Abatement Handbook- Nitrogen Oxides*. World Bank Group.
- World Bank Group. (1998). *Pollution Prevention and Abatement Handbook- Sulfur Oxides*. World Bank Group.
- World Bank. (2000). *Municipal Solid Waste: A Decision Maker's Guide*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Xiao-yan Qu, Z.-s. L.-y.-m. (2009). Science Direct Waste Management. *Survey of Composition and Generation Rate of Household Wastes in Beijing, China* , 2618-2624.
- Yudison, A. P. (2007). *Penentuan Faktor Emisi NO dan SO2 dari Pembakaran Sampah Terbuka di Kota Bandung* . Bandung: Institut Teknologi Bandung.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Sampling Sampah

1. Komposisi Sampah Rumah Tangga Hari Ke-1

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari	
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)							
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain		
RA-1	4	352	192			64	96						0,088
RA-2	2	716	174			258	168	14	52	50			0,358
RA-3	3	2718	2300			418							0,906
RA-4	4	128	100			22	6						0,032
RA-5	5	648	500			88	60						0,1296
RA-6	2	848	200			638	10						0,424
RA-7	2	400	200			154	30				16		0,2
RA-8	5	2258	678			148	232				1200		0,4516
RA-9	4	1212	1000			176	36						0,303
			Rerata										
			Total										
												0,321355556	
												2,8922	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RB-1	6	1388	800	400		144			44			0,231333333
RB-2	3	3264	2600			74	90				500	1,088
RB-3	5	1626	800	48		242	116			20	400	0,3252
RB-4	4	2720	1350	400		62	108				800	0,68
RB-5	4	1248	1100	30		80	38					0,312
RB-6	5	1048	688		2	72	56	2	170		58	0,2096
RB-7	5	710	600			110						0,142
RB-8	5	1252	1000			18	200		34			0,2504
RB-9	4	1200	1200									0,3
RB-10	4	1250	550			200					500	0,3125
RB-11	4	2000	1400				200				400	0,5
RB-12	4	1446	900			146					400	0,3615
RB-13	3	2116	1100			64	74			178	700	0,705333333
RB-14	4	1230	800			100	130				200	0,3075
Rerata											0,408954762	
Total											5,725366667	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RC-1	7	1306	1100			38	40			64	64	0,186571429
RC-2	3	1128	900			106	122					0,376
RC-3	4	2112	972			678	346	80	36			0,528
RC-4	7	1402	500			250	286		166		200	0,200285714
RC-5	8	3278	2600			386	292					0,40975
RC-6	8	2326	1700			310	316					0,29075
RC-7	5	1104	792			192	100				20	0,2208
Rerata											0,316022449	
Total											2,212157143	

2. Komposisi Sampah Rumah Tangga Hari Ke-2

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RA-1	4	100	42			44	14					0,025
RA-2	2	484	200			58	70		156			0,242
RA-3	3	2870	2400			434	36					0,956666667
RA-4	4	144	124			20						0,036
RA-5	5	458	300			156	2					0,0916
RA-6	2	316				316						0,158
RA-7	2	352	200			110	42					0,176
RA-8	5	2496	700			130	296		370	1000		0,4992
RA-9	4	810	600			110	64		36			0,2025
Rerata											0,265218519	
Total											2,386966667	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari	
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)							
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain		
RB-1	6	1464	1000			64						400	0,244
RB-2	3	2336	1900			36						400	0,778666667
RB-3	5	800	200			66	50		184			300	0,16
RB-4	4	1036	600			236						200	0,259
RB-5	4	1606	1300			34	54	118				100	0,4015
RB-6	5	1486	1100			74	62			74		176	0,2972
RB-7	5	990	900			60						30	0,198
RB-8	5	2136	1900			182	18		36				0,4272
RB-9	4	1052	400			194	58					400	0,263
RB-10	4	1648	1400			90	158						0,412
RB-11	4	1082	700			140	42					200	0,2705
RB-12	4	790	400			50	240					100	0,1975
RB-13	3	1622	700			38	184		100			600	0,540666667
RB-14	4	1402	1200			92	110						0,3505
Rerata												0,342838095	
Total												4,799733333	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RC-1	7	1408	500			62	246				600	0,201142857
RC-2	3	1592	1500			48	26				18	0,530666667
RC-3	4	3140	2400			542	162		36			0,785
RC-4	7	2126	1200			130	196				600	0,303714286
RC-5	8	2070	1800			270						0,25875
RC-6	8	958	300			102	150	16		150	240	0,11975
RC-7	5	916	392			358	150				16	0,1832
Rerata											0,340317687	
Total											2,38222381	

3. Komposisi Sampah Rumah Tangga Hari Ke-3

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RA-1	4	640	600			40						0,16
RA-2	2	504	400			70	14	20				0,252
RA-3	3	2982	2800			182						0,994
RA-4	4	670	600			62	8					0,1675
RA-5	5	186	46			76	64					0,0372
RA-6	2	350	110			16	18		48	158		0,175
RA-7	2	470	400			50					20	0,235
RA-8	5	3906	2900			78	128				800	0,7812
RA-9	4	1378	774			306	130				168	0,3445
Rerata											0,3496	
Total											3,1464	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RB-1	6	614	500			24	44		46			0,102333333
RB-2	3	3674	3400			34	10		20		210	1,224666667
RB-3	5	996	600			168	28				200	0,1992
RB-4	4	1848	1000			134	114				600	0,462
RB-5	4	1744	1100		34	176	34	100			300	0,436
RB-6	5	798	700			62	36					0,1596
RB-7	5	976	600			106	28			242		0,1952
RB-8	5	850	300			90	386		74			0,17
RB-9	4	562				42	16		4		500	0,1405
RB-10	4	1090	600			62	28				400	0,2725
RB-11	4	1246	700		42	184	120				200	0,3115
RB-12	4	697	400			104	92				101	0,17425
RB-13	3	2052	500			84	162			306	1000	0,684
RB-14	4	1002	200			118	684					0,2505
Rerata											0,341589286	
Total											4,78225	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RC-1	7	2205	1200			270	40	14		214	467	0,315
RC-2	3	987	600			134	20				233	0,329
RC-3	4	2498	1300			500	140		58		500	0,6245
RC-4	7	1478				66	212				1200	0,211142857
RC-5	8	1706	1500			158	48					0,21325
RC-6	8	1022	100			152	200		70		500	0,12775
RC-7	5	960	118		40	258	480				64	0,192
Rerata											0,287520408	
Total											2,012642857	

4. Komposisi Sampah Rumah Tangga Hari Ke-4

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari	
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)							
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain		
RA-1	4	316	300			16							0,079
RA-2	2	602	400			100	102						0,301
RA-3	3	1482	1300			176					6		0,494
RA-4	4	716	700			16							0,179
RA-5	5	244	222			22							0,0488
RA-6	2	172	86			86							0,086
RA-7	2	810	700			110							0,405
RA-8	5	1772	660			324	106		82		600		0,3544
RA-9	4	1786	1600			68	64		54				0,4465
Rerata											0,265966667		
Total											2,3937		

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari	
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)							
			Sisa Makanan	De daunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain		
RB-1	6	670	300			76	138	156					0,111666667
RB-2	3	1538	1300			38					200		0,512666667
RB-3	5	1168	500			108	160				400		0,2336
RB-4	4	1514	800			104	210				400		0,3785
RB-5	4	2022	1200			258	64				500		0,5055
RB-6	5	742	400			52	90	100	100				0,1484
RB-7	5	1854	700			20				120	1014		0,3708
RB-8	5	2168	2000			168							0,4336
RB-9	4	466	400			66							0,1165
RB-10	4	2274	1000		44	100	30				1100		0,5685
RB-11	4	1490	800	220		100	70				300		0,3725
RB-12	4	1003	500			101	202				200		0,25075
RB-13	3	2474	700			114	400			260	1000		0,824666667
RB-14	4	1052	800			100	152						0,263
Rerata												0,363617857	
Total												5,09065	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah								Timbulan kg/org/hari	
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca		Lain-lain
RC-1	7	2866	2300			208	238		106		14	0,409428571
RC-2	3	784	600			118	54	12				0,261333333
RC-3	4	888	800			68	20					0,222
RC-4	7	3092	1250			54	18	170			1600	0,441714286
RC-5	8	3912	3000			292	500			120		0,489
RC-6	8	1266	482			236	86			462		0,15825
RC-7	5	560	322		22	62	154					0,112
Rerata											0,299103741	
Total											2,09372619	

5. Komposisi Sampah Rumah Tangga Hari Ke-5

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RA-1	4	332	308			24						0,083
RA-2	2	332	306			26						0,166
RA-3	3	2480	2000			338	76				66	0,826666667
RA-4	4	340	300			40						0,085
RA-5	5	554	200			174	164				16	0,1108
RA-6	2	218	86			94	38					0,109
RA-7	2	544	400			68	40		36			0,272
RA-8	5	1736	800			120	116				700	0,3472
RA-9	4	654	500			126	28					0,1635
Rerata											0,240351852	
Total											2,163166667	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RB-1	6	1160	680			114	22		14		330	0,193333333
RB-2	3	2234	1318			354	14				548	0,744666667
RB-3	5	1112	400			358	136				218	0,2224
RB-4	4	240				6	16				218	0,06
RB-5	4	1690	900			162	120			108	400	0,4225
RB-6	5	664	500			80	84					0,1328
RB-7	5	888	400	50		94					344	0,1776
RB-8	5	1270	132			64	1074					0,254
RB-9	4	504	316			74	16				98	0,126
RB-10	4	1204	950			90	52				112	0,301
RB-11	4	1984	1300	76		136	60				412	0,496
RB-12	4	1542	600			152					790	0,3855
RB-13	3	1954	500			34	110				1310	0,651333333
RB-14	4	554	400			50	104					0,1385
Rerata											0,307545238	
Total											4,305633333	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	De daunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RC-1	7	994	224		18	220	196		36		300	0,142
RC-2	3	448	300			40	108					0,149333333
RC-3	4	636	400			142	94					0,159
RC-4	7	1924	700			118	538	20			548	0,274857143
RC-5	8	1746	1500			246						0,21825
RC-6	8	1740				104	580		56		1000	0,2175
RC-7	5	830	670			74	82				4	0,166
Rerata											0,189562925	
Total											1,326940476	

6. Komposisi Sampah Rumah Tangga Hari Ke-6

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RA-1	4	624	400			194	30					0,156
RA-2	2	506	400			12	94					0,253
RA-3	3	816	744			64					8	0,272
RA-4	4	508	500			8						0,127
RA-5	5	322	200			82	40					0,0644
RA-6	2	256	200			38	18					0,128
RA-7	2	132	32			46	54					0,066
RA-8	5	1052	68			66	18				900	0,2104
RA-9	4	2274	1900			330			44			0,5685
Rerata											0,205033333	
Total											1,8453	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RB-1	6	980	214			80	86				600	0,163333333
RB-2	3	1979	1800	11		168						0,659666667
RB-3	5	496	72			24					400	0,0992
RB-4	4	612	302			110					200	0,153
RB-5	4	1626	700	100		178		10	42	196	400	0,4065
RB-6	5	1226	1100			30	96					0,2452
RB-7	5	528	294			110	6			118		0,1056
RB-8	5	234				110	124					0,0468
RB-9	4	1426	1000			132	194				100	0,3565
RB-10	4	1748	900			158	190				500	0,437
RB-11	4	2512	1700			64	200			148	400	0,628
RB-12	4	1886	1600			100	12		14	50	110	0,4715
RB-13	3	1802	600			144			158		900	0,600666667
RB-14	4	1750	1200			250	200				100	0,4375
Rerata											0,343604762	
Total											4,810466667	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RC-1	7	1172	600	400	10	116	32				14	0,167428571
RC-2	3	2166	1600			540	26					0,722
RC-3	4	1874	1700			174						0,4685
RC-4	7	2408	1900			234	132				142	0,344
RC-5	8	1990	1800			140	50					0,24875
RC-6	8	2314	2100			112	80		16		6	0,28925
RC-7	5	756	266			304	134	52				0,1512
Rerata											0,341589796	
Total											2,391128571	

7. Komposisi Sampah Rumah Tangga Hari Ke-7

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari	
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)							
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain		
RA-1	4	234	200			20	14						0,0585
RA-2	2	724	700			24							0,362
RA-3	3	2072	1900			158	14						0,690666667
RA-4	4	322	300			22							0,0805
RA-5	5	1166	1100			52	14						0,2332
RA-6	2	944	900			2	42						0,472
RA-7	2	268	116			20	110	6	16				0,134
RA-8	5	624				266	158				200		0,1248
RA-9	4	5102	4700			224	178						1,2755
			Rerata										
			Total										
												0,381240741	
												3,431166667	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RB-1	6	1470	900			100	70				400	0,245
RB-2	3	2800	2000			100	300				400	0,933333333
RB-3	5	1150	400			102	70				578	0,23
RB-4	4	946	200			160	86				500	0,2365
RB-5	4	3022	2500			22		500				0,7555
RB-6	5	1092	1000			36	56					0,2184
RB-7	5	1296	300	700		176	64		38		18	0,2592
RB-8	5	1232	268			100	292	24		548		0,2464
RB-9	4	990	600			70	126				194	0,2475
RB-10	4	1444	1100			116	116				112	0,361
RB-11	4	1642	1300			38	36				268	0,4105
RB-12	4	1510	1100			180	110				120	0,3775
RB-13	3	2268	1400			144	90		34		600	0,756
RB-14	4	478	200			172	106					0,1195
Rerata											0,385452381	
Total											5,396333333	

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari	
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)							
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain		
RC-1	7	1974	1400			264	126					184	0,282
RC-2	3	1128	800			136	116		76				0,376
RC-3	4	2440	1000		34	530	162	264	50			400	0,61
RC-4	7	1990	1200		6	362						422	0,284285714
RC-5	8	968	700			168	100						0,121
RC-6	8	4730	3400			200	80					1050	0,59125
RC-7	5	1480	612			282	586						0,296
Rerata												0,365790816	
Total												2,560535714	

8. Komposisi Sampah Rumah Tangga Hari Ke-8

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RA-1	4	134	100			34						0,0335
RA-2	2	244	100			130	14					0,122
RA-3	3	1658	1406			238	14					0,552666667
RA-4	4	188	158			30						0,047
RA-5	5	968	790			78	100					0,1936
RA-6	2	140				114	26					0,07
RA-7	2	368	262			68	24		14			0,184
RA-8	5	288	80			118	90					0,0576
RA-9	4	2830	2712			90	28					0,7075
			Rerata									
			Total									
												0,218651852
												1,967866667

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RB-1	6	830	600			114	16		100			0,138333333
RB-2	3	2222	1400			222					600	0,740666667
RB-3	5	1422	1000			154	168				100	0,2844
RB-4	4	1508	600			94	14				800	0,377
RB-5	4	1446	1200			120	126					0,3615
RB-6	5	674	600			42	32					0,1348
RB-7	5	884	600			56	228					0,1768
RB-8	5	1492	1000			174	312	6				0,2984
RB-9	4	1512	800			60	8			288	356	0,378
RB-10	4	2644	1400			174	70				1000	0,661
RB-11	4	1566	1100			66					400	0,3915
RB-12	4	736	366			74	84	12			200	0,184
RB-13	3	1934	300		84	54	96				1400	0,644666667
RB-14	4	1012	800			48	164					0,253
			Rerata									0,358861905
			Total									5,024066667

No	Jumlah Orang	Berat Total Sampah (g)	Komposisi Sampah									Timbulan kg/org/hari
			Berat Sampah Organik (g)			Berat Sampah Anorganik (g)						
			Sisa Makanan	Dedaunan	Kayu	Plastik	Kertas	Kain	Logam	Kaca	Lain-lain	
RC-1	7	1444	930			214	72				228	0,206285714
RC-2	3	490	338			56	70	26				0,163333333
RC-3	4	1018	524			280	130		84			0,2545
RC-4	7	3464	1426			138	200				1700	0,494857143
RC-5	8	572				230	342					0,0715
RC-6	8	1540	474			88	224				754	0,1925
RC-7	5	1926	1102		6	288	482		14		34	0,3852
Rerata											0,252596599	
Total											1,76817619	

Lampiran 2. Kuisisioner

KODE : S / T / K.....
KECAMATAN :
KELURAHAN :
RT/ RW :

KUISISIONER SAMPAH RUMAH TANGGA/ DOMESTIK

Selamat Siang, nama Saya Niknik Bestar, mahasiswi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia semester 8 yang sedang menyusun tugas akhir. Oleh karena itu, Saya mohon kerjasama Bapak/ Ibu untuk dapat melengkapi kuisisioner ini dalam rangka pengambilan data mengenai sampah rumah tangga. Untuk kerjasama Bapak/ Ibu Saya ucapkan terima kasih.

Pedoman Pengisian Kuisisioner

1. Beri tanda silang pada pilihan yang tersedia !
2. Isilah jawaban yang paling sesuai dengan diri Anda !

Identitas Responden

Nama : _____ Jenis Kelamin : L / P
 Alamat : _____ Usia : _____ tahun
 Luas lantai rumah :

1. Apakah Anda adalah warga di daerah ini ?
 a. Ya b. Tidak
2. Apakah pendidikan terakhir Anda ?
 a. SD b. SMP c. SMA d. Universitas

Timbulan Sampah

3. Berapa jumlah orang yang tinggal dalam satu rumah dengan Anda saat ini ?
4. Berapa kg sampah yang rata-rata dihasilkan setiap hari di rumah Anda ?
5. Berapa perkiraan persentase komposisi sampah yang Anda buang setiap harinya ?
 a. Organik (sisa makanan, dedaunan, kayu) _____%
 b. Plastik _____%
 c. Kertas _____%
 d. Kain _____%
 e. Logam _____%
 f. Kaca _____%

Pemilahan di Sumber

6. Apakah ada upaya pemilahan sampah yang Anda lakukan di rumah ?
 - a. Ya
 - b. Tidak
7. Apakah Anda menyediakan wadah pembuangan terpisah untuk sampah organik dan anorganik ?
 - a. Ya
 - b. Tidak

Pengangkutan dan Pelayanan Sampah

8. Apakah daerah tempat tinggal Anda memiliki pelayanan untuk pengumpulan sampah?
 - a. Ya
 - b. Tidak
9. Apakah sampah yang Anda hasilkan seluruhnya terangkut oleh petugas kebersihan ?
 - a. Ya
 - b. Tidak
10. Berapa kali dalam seminggu petugas kebersihan mengambil sampah di rumah Anda ?
 - a. Setiap hari
 - b. 2 x seminggu
 - c. 1 x seminggu
 - d. Tidak pasti
 - e. Tidak ada pengangkutan
 - f. Lain-lain (Sebutkan) _____
11. Berapa kali dalam seminggu Anda membawa langsung sampah Anda ke tempat pembuangan sampah yang tersedia ?
 - a. Setiap hari
 - b. 2 x seminggu
 - c. 1 x seminggu
 - d. Tidak pasti
 - e. Lain-lain (Sebutkan) _____

Penanganan Sampah

12. Siapa yang menangani sampah di rumah Anda ?
 - a. Ayah
 - b. Ibu
 - c. Anak
 - d. Pembantu Rumah Tangga
 - e. Lain-lain (Sebutkan) _____
13. Apakah daerah tempat tinggal Anda menyediakan pilihan untuk pengelolaan sampahnya, seperti : daur ulang, pemanfaatan barang-barang bekas, atau program lainnya?
 - a. Ya (jika ya, tolong jelaskan jenisnya)
 - b. Tidak
14. Bagaimana cara Anda untuk membuang sampah (limbah padat) yang tidak memiliki nilai lagi untuk rumah Anda ?

- a. Dibakar
 - b. Dibuang di pinggir jalan
 - c. Dibuang ke sungai
 - d. Dibuang ke tempat sampah umum
 - e. Dibawa ke tempat pembuangan sampah sementara
 - f. Dikubur di halaman belakang rumah
 - g. Dikubur di dekat sungai
 - h. Diletakkan di tempat sampah yang akan dikumpulkan oleh petugas
 - i. Lain-lain (Sebutkan)_____
15. Berapa kali Anda melakukan kegiatan yang ada di nomor 14 dalam seminggu ?
16. Apakah Anda melakukan pengomposan terhadap sampah organik di rumah Anda ?
- a. Ya b. Tidak
17. Apakah Anda melakukan kegiatan daur ulang terhadap sampah di rumah Anda ?
- a. Ya b. Tidak

Pembakaran Sampah

18. Apakah Anda melakukan kegiatan pembakaran sampah ?
- a. Ya b. Tidak
19. Dimanakah Anda membakar sampah ?
- a. Pekarangan rumah b. Lahan/ Kebun kosong c. Lain-lain (Sebutkan)_____
20. Kapanakah Anda membakar sampah ?
- a. Pagi b. Siang c. Sore d. Malam
21. Mengapa Anda memilih untuk membakar sampah ?
- a. Tidak ada pengangkutan sampah di sekitar daerah tempat tinggal
 - b. Supaya lebih cepat dan mudah dalam mengurangi jumlah sampah di rumah
 - c. Lain-lain (Sebutkan alasannya)_____
22. Apakah Anda mengetahui risiko dari pembakaran sampah ?
- a. Ya b. Tidak
- (jika ya, jelaskan apakah risiko dari pembakaran sampah yang Anda ketahui !)
23. Berapakah perkiraan Anda tentang rata-rata jumlah sampah (kg) yang dibakar setiap kali pembakaran?
- _____jumlah (kg)
24. Apakah Anda membakar seluruh sampah di rumah Anda ?
- a. Ya b. Tidak
- (Jika tidak, sebutkan perkiraan persentase sampah yang Anda bakar dari total sampah di rumah Anda)

25. Apa saja jenis sampah yang dibakar di rumah Anda?

jenis sampah

26. Seberapa seringkah Anda membakar sampah?

_____jumlah (kali)_____ (per minggu/ dalam satu minggu)

27. Berapakah perkiraan frekuensi pembakaran sampah Anda pada :

Musim Kemarau (April-September)_____kali dalam seminggu

Musim Hujan (Oktober-Maret)_____kali dalam seminggu

28. Berapakah perkiraan Anda mengenai jumlah kepala rumah tangga yang membakar sampahnya di sekitar daerah tempat tinggal Anda (dalam satu RT) ?

a. <30 KK

b. 30-60 KK

c. >60 KK

Permasalahan Sampah

29. Apakah permasalahan sampah yang timbul di lingkungan Anda ?

a. Timbunan sampah liar

b. Bau menyengat akibat tumpukan sampah

c. Penyumbatan saluran air akibat sampah

d. Polusi udara akibat pembakaran sampah

e. Pencemaran air sungai akibat pembuangan sampah ke sungai

f. Pencemaran air tanah dan tanah akibat air ceceran sampah dari pembuangan sampah liar

g. Lain-lain (Sebutkan)_____

Retribusi Sampah

30. Berapakah besar retribusi sampah yang Anda bayarkan setiap bulannya ?

31. Apakah antara besar retribusi yang Anda bayarkan dengan pelayanan sampah yang Anda dapatkan sudah sesuai ?

a. Ya, sudah sesuai

b. Tidak, belum sesuai

Lampiran 3. Dokumentasi Skripsi

A. Sampel Rumah

Kelompok Rumah A

Lokasi : Kp. Kukusan-Beji, Depok



Kelompok Rumah B

Lokasi : Perumahan Griya Rahmani 2, Kp.Kukusan, Beji-Depok



Kelompok Rumah C

Lokasi : Perumahan Pesona Khayangan, Sukmajaya, Depok



B. Sampling Sampah

Lokasi : Pondok Ms. Putri, Kp.Kukusan, Beji-Depok, Perumahan Griya Rahmani 2, Kp.Kukusan, Beji-Depok.



C. Pembakaran Sampah

Lokasi : Kp.Kukusan, Beji-Depok



D. Penyebaran dan Wawancara Kuisisioner

