



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA POTENSI *REFUSE DERIVED FUEL (RDF)* DARI
SAMPAH UNIT PENGOLAHAN SAMPAH (UPS)
DI KOTA DEPOK (STUDI KASUS UPS GROGOL,
UPS PERMATA REGENCY, UPS CILANGKAP)**

SKRIPSI

CAYSA ARDI BIMANTARA

0806338595

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA POTENSI *REFUSE DERIVED FUEL (RDF)* DARI
SAMPAH UNIT PENGOLAHAN SAMPAH (UPS)
DI KOTA DEPOK (STUDI KASUS UPS GROGOL,
UPS PERMATA REGENCY, UPS CILANGKAP)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

CAYSA ARDI BIMANTARA

0806338595

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



UNIVERSITY OF INDONESIA

**ANALYSIS OF POTENTIAL REFUSE DERIVED FUEL (RDF)
FROM MATERIAL RECOVERY FACILITIES (MRF) WASTE
IN DEPOK (CASE STUDY UPS GROGOL,
UPS PERMATA REGENCY, UPS CILANGKAP)**

FINAL REPORT

Proposed as one of the requirement to obtain a Bachelor's degree

CAYSA ARDI BIMANTARA

0806338595

**FAKULTY OF ENGINEERING
ENVIRONMENTAL ENGINEERING 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 : Caysa Ardi Bimantara

NPM : 0806338595

Tanda Tangan : 

Tanggal : 19 Juni 2012

STATEMENT OF ORIGINALITY

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

Name : Caysa Ardi Bimantara

Student ID : 0806338595

Signature : 

Date : June 19, 2012.

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Caysa Ardi Bimantara
NPM : 0806338595
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Analisa Potensi *Refuse Derived Fuel (RDF)* dari Sampah Unit Pengolahan Sampah (UPS) di Kota Depok (Studi Kasus UPS Grogol, UPS Permata Regency, UPS Cilangkap)

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 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, SE., MEng.

(.....)

Pembimbing 2 : Ir. Irma Gusniani, M.Sc.

(.....)

Penguji 1 : Ir. Gabriel S.B. Andari, M.Eng Ph.D

(.....)

Penguji 2 : Evy Novita, ST, M.Si.

(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 19 Juni 2012

STATEMENT OF LEGITIMATION

The final report submitted by :

Name : Caysa Ardi Bimantara

Student ID : 0806338595

Study Program : Environmental Engineering

Thesis Title : Analysis of Potential Refuse Derived Fuel (RDF)
from Material Recovery Facilities (MRF) Waste in Depok (Case Study UPS
Grogol, UPS Permata Regency, UPS Cilangkap)

Has been successfully defended before the Council Examiners and was accepted as part of the requirements necessary to obtain a Bachelor of Engineering degree in Environmental Engineering Program, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.

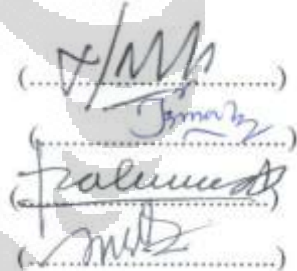
BOARD OF EXAMINERS

Advisor I : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, SE., MEng.

Advisor II : Ir. Irma Gusniani, M.Sc.

Examiner I : Ir. Gabriel S.B. Andari, M.Eng Ph.D

Examiner II : Evy Novita, ST, M.Si.



(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Defined in : Depok

Date : June 19, 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya maka penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Penulis tidak lupa untuk mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. Ir. Djoko M Hartono S.E., M.Eng selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai.
2. Ibu Ir. Irma Gusniani, M.Sc selaku dosen pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai.
3. Saudari Licka Kamadewi dan Sri Diah H.S. selaku laboran Program Studi Teknik Lingkungan yang bersedia meluangkan waktunya untuk memberi pengarahan, diskusi, dan masukan.
4. Orang tua dan Saudara-saudaraku yang tak henti-hentinya selalu memberikan doa serta dukungan baik berupa moral dan materi.
5. Para dosen pengajar Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
6. Teman-teman Program Studi Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia angkatan 2008 yang telah memberikan semangat dan dukungannya yang tak terkira.
7. Pegawai Sekretariat Teknik Sipil Universitas Indonesia.
8. Semua pihak yang telah banyak membantu menyelesaikan skripsi.

Semoga Allah SWT memberikan rahmat yang telah ikhlas membantu penyusunan skripsi ini.

Depok, 19 Juni 2012

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Caysa Ardi Bimantara

NPM : 0806338595

Program Studi : Teknik Lingkungan

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Jenis Karya : Skripsi

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

**ANALISA POTENSI *REFUSE DERIVED FUEL (RDF)* DARI SAMPAH
UNIT PENGOLAHAN SAMPAH (UPS) DI KOTA DEPOK (STUDI KASUS
UPS GROGOL, UPS PERMATA REGENCY, UPS CILANGKAP)**

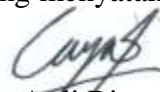
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mangalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 19 Juni 2012

Yang menyatakan


(Caysa Ardi Bimantara)

**STATEMENT OF AGREEMENT OF FINAL REPORT
PUBLICATION FOR ACADEMIC PURPOSES**

As an civitas academica of Universitas Indonesia, I, the undersigned:

Name : Caysa Ardi Bimantara

Sutudent ID : 0806338595

Study Program: Environmental Engineering

Department : Civil Engineering

Faculty : Engineering

Type of Work : Final Report

for the sake of science development, hereby agree to provide Universitas Indonesia **Non-exclusive Royalty Free Right** for my scientific work entitled:

ANALYSIS OF POTENTIAL REFUSE DERIVED FUEL (RDF) FROM MATERIAL RECOVERY FACILITIES (MRF) WASTE IN DEPOK (CASE STUDY UPS GROGOL, UPS PERMATA REGENCY, UPS CILANGKAP)

together with the entire documents (if necessary). With the Non-exclusive Royalty Free Right, Universitas Indonesia has rights to store, convert, manage in the form of database, keep and publish my final report as long as list my name as the author and copyright owner.

I certify that the above statement is true.

Signed at : Depok

Date this : June 19, 2012

The Declarer



(Caysa Ardi Bimantara)

ABSTRAK

Nama : Caysa Ardi Bimantara

Program Studi : Teknik Lingkungan

Judul : Analisa Potensi *Refuse Derived Fuel (RDF)* dari Sampah Unit Pengolahan Sampah (UPS) di Kota Depok (Studi Kasus UPS Grogol, UPS Permata Regency, UPS Cilangkap)

Kota Depok menghasilkan timbulan sampah sebesar 3764 m³/hari yang semakin meningkat setiap tahunnya. Berdasarkan wawancara dengan pihak UPS, selama ini pengolahan kembali material sampah seperti botol bekas, logam, dan karet belum dilakukan sehingga sampah tersebut terkadang menjadi residu dan dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Memanfaatkan sampah untuk menghasilkan *renewable energy* merupakan alternatif lain pengolahan sampah yang akan meningkatkan nilai ekonomis sampah dan dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil. Produksi *Refuse Derived Fuel (RDF)* didesain untuk mengubah fraksi sampah yang mudah terbakar dari limbah padat perkotaan untuk dijadikan bahan bakar. Oleh karena itu perlu diketahui berapa potensi nilai kalor dari UPS di Kota Depok.

Potensi nilai kalor dari UPS diketahui dengan meneliti komposisi sampah, karakteristik sampah, potensi nilai kalor dari sampah dan jenis polimer sampah plastik. Karakteristik sampah yang diperiksa adalah kadar air dan kadar abu untuk jenis sampah *RDF* yang didapat melalui uji laboratorium. Potensi nilai kalor sampah didapatkan dengan metode penghitungan menggunakan nilai kalor dari referensi. Hasil penelitian membuktikan belum semua jenis sampah memenuhi standar kadar air dan kadar abu untuk dijadikan *RDF*. Sampah plastik yang berada di UPS terdiri dari PET, PP, HDPE dan PS berdasarkan hasil identifikasi. Potensi nilai kalor dari UPS Grogol sebesar 86250.68 MJ/minggu atau 21.96 MJ/kg, UPS Permata Regency memiliki potensi nilai kalor sebesar 54841.11 MJ/minggu atau 23.36 MJ/kg dan UPS Cilangkap memiliki potensi nilai kalor sebesar 20346.4 MJ/minggu atau 23.18 MJ/kg.

Kata Kunci:

Nilai kalor, sampah *RDF*, kadar air, kadar abu, jenis sampah plastik, standar *RDF*.

ABSTRACT

Name : Caysa Ardi Bimantara

Study Program: Environmental Engineering

Title : Analysis of Potential Refuse Derived Fuel (RDF) from Material Recovery Facilities (MRF) Waste in Depok (Case Study UPS Grogol, UPS Permata Regency, UPS Cilangkap)

Average waste generation in Depok is 3764 m³/day and still increase every year. Based on the interviews with the managers of UPS, all this time re-processing of waste material like bottles, metals, and rubbers has not been done so that sometimes it can be the residual waste and disposed of to the Final Waste Disposal (TPA). Utilizing the waste to produce renewable energy is an alternative waste treatment that will increase the economic value of waste and reduce fossil fuel usage. Refuse derived fuel (RDF) production is designed to divert combustible fractions from municipal solid wastes (MSW) to produce fuel. Therefore it is necessary to know how the potential heating value of the UPS in Depok.

Potential heating value of the UPS is known by examining the composition of waste, waste characteristics, potential calorific value of waste and the type of polymer plastic waste. The examined characteristics was moisture content and ash content for RDF. It was obtained through laboratory testing. The heating value potential of waste was obtained by the method of calculation using the reference calorific value. This research proves that not all types of waste suitable with moisture content and ash content standard to be used as RDF. Based on the identification, plastic waste in the UPS consists of PET, PP, HDPE and PS. The heating value potential of the UPS Grogol is 86250.68 MJ/week or 21.96 MJ/kg, UPS Permata Regency has the potential heating value of 54841.11 MJ/week or 23:36 MJ/kg and UPS Cilangkap has the potential heating value of 20346.4 MJ/week or 23:18 MJ/kg.

Key Words:

Calorific value, RDF waste, moisture content, ash content, the type of plastic waste, RDF standard.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS	iv
STATEMENT OF ORIGINALITY	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
STATEMENT OF LEGITIMATION	vii
KATA PENGANTAR	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	ix
STATEMENT OF AGREEMENT OF FINAL REPORT PUBLICATION FOR ACADEMIC PURPOSES	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Definisi Limbah Padat	6
2.2 Karakteristik Limbah Padat	7
2.3 Transformasi Sampah	10
2.3.1 Transformasi Fisik	10
2.3.2 Transformasi Kimia	11
2.3.3 Transformasi Biologi	11
2.4 <i>Refuse Derived Fuel (RDF)</i>	12
2.5 Proses Pemilahan <i>RDF</i>	13
2.6 Jenis - Jenis <i>RDF</i>	15
2.7 Jenis dan Karakteristik Bahan Baku <i>RDF</i>	16
2.8 Referensi Nilai Kalor dan Standar <i>RDF</i>	17
2.9 Pemanfaatan <i>RDF</i>	18
2.10 Plastik (Polimer)	20
BAB 3 METODE PENELITIAN	24
3.1 Pendekatan Penelitian	24
3.2 Kerangka Penelitian	24
3.3 Variabel Penelitian	25
3.4 Data dan Analisa Data	25

3.4.1 Data	25
3.4.1.1 Data Primer	25
3.4.2.1 Data Sekunder	26
3.4.2 Analisa Data	27
3.5 Lokasi dan Waktu Penelitian	28
BAB 4 GAMBARAN UMUM OBJEK PENELITIAN.....	29
4.1 Gambaran Umum Unit Pengolahan Kota Depok.....	29
4.2 Gambaran Umum Unit Pengolahan Sampah Grogol	30
4.3 Gambaran Umum Unit Pengolahan Sampah Permata Regency	32
4.4 Gambaran Umum Unit Pengolahan Sampah Cilangkap	34
BAB 5 ANALISA DAN PEMBAHASAN	37
5.1 Analisa Komposisi dan Timbulan Sampah <i>RDF</i>	37
5.1.1 Komposisi Sampah di UPS	37
5.1.2 Timbulan Sampah UPS	40
5.2 Analisa Parameter Fisik Sampah.....	42
5.2.1 Parameter Fisik Sampah di UPS Grogol.....	42
5.2.2 Parameter Fisik Sampah di UPS Permata Regency.....	43
5.2.3 Parameter Fisik Sampah di UPS Cilangkap	44
5.3 Analisa Potensi Nilai Kalor.....	46
5.4 Analisa Sampah Plastik.....	51
5.4.1 Komposisi Sampah Plastik di UPS	52
5.4.2 Timbulan Sampah Plastik UPS.....	52
5.5 Analisa Potensi Nilai Kalor Sampah Plastik	53
5.6 Analisa Pemanfaatan <i>RDF</i>	56
BAB 6 PENUTUP	58
6.1 Kesimpulan	58
6.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
LAMPIRAN	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Pengolahan RDF	14
Gambar 2.2 Diagram Klasifikasi RDF.....	16
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	24
Gambar 4.1 Peta Kota Depok dan Lokasi Survei.....	30
Gambar 4.2 Tampak atas UPS Grogol.....	31
Gambar 4.3 Tampak Depan UPS Grogol.....	31
Gambar 4.4 Tampak Atas UPS Permata Regency.....	33
Gambar 4.5 Tampak Depan UPS Permata Regency.....	33
Gambar 4.6 Tampak Atas UPS Cilangkap.....	35
Gambar 4.7 Tampak Depan UPS Cilangkap.....	36
Gambar 5.1 Grafik Perbandingan Komposisi Sampah Tiap UPS	39
Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Kadar Air Sampah	45
Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Kadar Abu Sampah.....	46
Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Nilai Kalor Sampah	50
Gambar 5.5 Grafik Perbandingan Potensi Nilai Kalor	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Jenis Sampah <i>RDF</i> dan Nilai Kalor Referensi Trang T.T. Dong, Byeong-Kyu Lee	17
Tabel 2.2	Jenis Sampah <i>RDF</i> dan Nilai Kalor Referensi Cheremisinoff.....	17
Tabel 2.3	Jenis Sampah <i>RDF</i> dan Nilai Kalor Referensi Scholz	18
Tabel 2.4	Standar Kualitas <i>RDF</i> Filandia, Italia, dan Inggris	18
Tabel 2.5	Spesifikasi <i>RDF</i> Indocement	20
Tabel 2.6	Jenis Plastik Berdasarkan Polimernya.....	21
Tabel 2.7	Jenis Plastik dan Nilai Kalornya	23
Tabel 3.1	Jadwal Penelitian.....	28
Tabel 4.1	Timbulan Sampah yang Diolah UPS Grogol.....	32
Tabel 4.2	Timbulan Sampah yang Diolah UPS Permata Regency.....	34
Tabel 4.3	Timbulan Sampah yang Diolah UPS Cilangkap	36
Tabel 5.1	Komposisi Sampah UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap	38
Tabel 5.2	Komposisi Sampah <i>RDF</i> UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap.....	40
Tabel 5.3	Timbulan Sampah Masuk UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap	41
Tabel 5.4	Densitas Sampah UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap	41
Tabel 5.5	Timbulan Sampah <i>RDF</i> UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap	42
Tabel 5.6	Tabel Parameter Fisik Sampah UPS Grogol.....	43
Tabel 5.7	Tabel Parameter Fisik Sampah UPS Permata Regency	43
Tabel 5.8	Tabel Parameter Fisik Sampah UPS Cilangkap.....	44
Tabel 5.9	Referensi Nilai Kalor.....	47
Tabel 5.10	Potensi Nilai Kalor UPS Grogol	48
Tabel 5.11	Potensi Nilai Kalor UPS Permata Regency	48
Tabel 5.12	Potensi Nilai Kalor UPS Cilangkap	49
Tabel 5.13	Potensi Kandungan Nilai Kalor Sampah UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap	50
Tabel 5.14	Hasil Identifikasi Plastik.....	51
Tabel 5.15	Komposisi Sampah Plastik UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap	52
Tabel 5.16	Timbulan Sampah Plastik UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap	53
Tabel 5.17	Potensi Nilai Kalor UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap	54
Tabel 5.18	Potensi Kandungan Nilai Kalor Sampah UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap Setelah Identifikasi.....	55
Tabel 5.19	Perbandingan Potensi Nilai Kalor Sampah UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap dengan Industri Semen	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengukuran Parameter Fisik dan Komposisi Sampah	63
Lampiran 2 Metode Identifikasi Sampah Plastik.....	67
Lampiran 3 Tabel Komposisi Sampah di UPS	70
Lampiran 4 Gambar - Gambar Pengambilan Data	77



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Depok yang secara geografis terletak di sebelah selatan kota DKI Jakarta mempunyai luas wilayah sekitar 200,29 km². Kota Depok berfungsi sebagai kota penyangga kehidupan dan kegiatan ekonomi dari kota Jakarta atau yang biasa disebut daerah sub-urban. Oleh karena itu, banyak pula orang yang memilih untuk tinggal di daerah sub-urban ini. Berdasarkan data sensus penduduk tahun 2010, jumlah penduduk Kota Depok sebanyak 1.813.612 jiwa (BPS, 2011) dan laju pertumbuhan per-tahun dari tahun 2000-2011 sebesar 4,32% (BPS, 2011).

Timbulan sampah Kota Depok rata-rata setiap harinya sebesar 3764 m³ (DKP, 2011) sedangkan sampah yang terangkut 1281 m³/hari dan sampah yang tidak terangkut 2.483 m³/hari. Tingkat pelayanan persampahan pada tahun 2011 sebesar 38%. Timbulan sampah semakin meningkat setiap tahunnya sesuai dengan penambahan jumlah penduduk.

Pengelolaan sampah yang tidak baik dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran terhadap air, tanah, dan udara pada lingkungan sekitarnya. Pencemaran ini disebabkan oleh produk – produk sampingan hasil proses penguraian bahan organik yang ada di dalam sampah seperti lindi, gas metan, dan amoniak.

Sistem pengelolaan sampah di Kota Depok pada saat ini merupakan gabungan dari sistem konvensional dengan tambahan Unit Pengolahan Sampah. Dalam sistem ini sampah dari rumah tangga diambil oleh kendaraan pengangkut sampah baik berupa gerobak maupun truk *pick up* ke UPS. Di UPS, sampah dipilah sesuai dengan jenisnya seperti sampah plastik, kertas, organik, dan residu. Sampah yang masih bermanfaat disimpan untuk kemudian dijual kembali sedangkan sampah organik dijadikan kompos. Residu yang tidak dapat dimanfaatkan kembali diambil, secara berkala diambil oleh truk besar ke TPA.

Untuk ketahanan ekonomi berwawasan lingkungan, harus dilakukan pengolahan sampah yang menambah nilai ekonomis sampah atau memanfaatkan

sampah untuk kepentingan yang lebih menguntungkan. Berdasarkan wawancara dengan pihak UPS, selama ini pengolahan kembali material sampah seperti botol bekas, logam, dan karet belum dilakukan sehingga sampah tersebut terkadang menjadi residu dan dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Memanfaatkan sampah untuk menghasilkan *renewable energy* merupakan alternatif lain pengolahan sampah yang akan meningkatkan nilai ekonomis sampah dan dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sehingga dapat berkontribusi untuk menurunkan emisi gas rumah kaca penyebab global warming.

Menurut Gendebien et al. (2003) *Refuse Derived Fuel* atau *RDF* merujuk kepada terpisahnya fraksi yang memiliki nilai kalor yang tinggi dari proses pemisahan *Municipal Solid Waste (MSW)*. Produksi *Refuse Derived Fuel (RDF)* didesain untuk mengubah fraksi sampah yang mudah terbakar dari limbah padat perkotaan untuk dijadikan bahan bakar. Dalam hal ini produksi *RDF* dapat berkontribusi positif dalam mengatasi masalah lingkungan. Sudah banyak dilakukan penelitian mengenai *RDF* dan pembuatannya di negara lain. Namun, di Kota Depok penelitian belum dilakukan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian *RDF* di Kota Depok dengan menggunakan sampel dari tiga UPS yang tersebar di wilayah Depok.

Pengalaman di beberapa negara serta kota lainnya di Indonesia menjadi menarik untuk diteliti terkait dengan bahan baku (*raw material*) yang akan digunakan untuk *RDF*. Kota Depok memiliki potensi yang sangat besar untuk memanfaatkan sampah anorganik yang didominasi oleh sampah plastik. Namun, perkiraan potensi besarnya material dan nilai energi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *RDF* ini belum dilakukan oleh Pemerintah Daerah Kota Depok. Oleh karena itu, potensi ini perlu ditinjau lebih lanjut sehingga dapat digunakan sebagai salah satu strategi dalam sistem pengelolaan sampah di Kota Depok untuk mengatasi permasalahan yang kini sedang dihadapi.

Dari uraian di atas penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan karena masih banyaknya sampah anorganik yang belum dapat dimanfaatkan selain dari *recycle* sampah yang bernilai ekonomis.

1.2 Perumusan Masalah

Dengan timbulan sampah 3746 m³ setiap harinya, sampah Kota Depok dengan komposisi 65,11% organik dan 34,89% anorganik menjadi masalah jika tidak dikelola dengan baik. Sampah anorganik terdiri dari plastik, kertas, logam, dan material lain yang tidak mudah diurai. Penanganan terhadap sampah anorganik yang dilakukan saat ini hanya sebatas daur ulang material-material yang mungkin untuk didaur ulang dan memiliki nilai ekonomis, contohnya seperti plastik. Plastik yang mungkin didaur ulang dibeli oleh para pemulung yang kemudian dijual kembali kepada lapak atau bandar yang kemudian sampah plastik tersebut diolah menjadi barang plastik lainnya. Namun, tidak semua UPS mampu menjual plastik atau material lain seperti plastik kemasan makanan yang sangat kecil, yang telah dipilah masih banyak sampah-sampah lainnya yang sudah tidak laku dijual, styrofoam, sampah sandal, ban bekas dan jenis-jenis karet yang lain. Jumlahnya kian hari kian meningkat jika tidak diolah. *RDF* merupakan salah satu alternatif untuk menangani sampah anorganik yang tidak dikelola tersebut. Hasil dari teknik *RDF* berupa pelet *RDF* yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Namun, untuk pembuatan *RDF* terdapat karakteristik minimal sampah yang menjadi bahan bakunya.

Berdasarkan uraian tersebut maka diajukan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimanakah karakteristik dan komposisi sampah di UPS ?
2. Berapa besar potensi energi *RDF* dari UPS di Depok ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meneliti karakteristik sampah dan komposisi sampah dari UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap yang terletak di Kota Depok
2. Mengetahui potensi energi dari sumber daya *RDF* dari UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap yang terletak di Kota Depok

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

1. Memberikan solusi pilihan untuk pengolahan sampah yang tak dapat di-*recycle* dan tak dapat dijual.
2. Memberikan solusi penggunaan sampah sebagai energi alternatif.
3. Memberikan gambaran potensi nilai kalor dari sampah UPS yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif (*RDF*).

1.5 Batasan Penelitian

Batasan-batasan serta ruang lingkup dari penelitian ini adalah penelitian dilakukan di tiga UPS yaitu UPS Grogol, UPS Cilangkap dan UPS Permata Regency. Ketiga UPS tersebut dipilih karena letaknya yang tidak terlalu dekat dengan pemukiman penduduk dan masih terdapat lahan kosong di sekitarnya. Hal itu akan mencegah protes dari masyarakat akibat pencemaran udara ketika proses pengolah sampah menjadi *RDF*. Selain itu, juga memudahkan bila nantinya perlu dibangun bangunan tambahan untuk penyimpanan sampah *RDF*. Parameter yang dicari dalam penelitian ini adalah kadar air, kadar volatil, kadar abu, jenis plastik, densitas, dan nilai energi. Parameter tersebut dipilih karena merupakan standar minimum yang harus terpenuhi untuk menjadi *RDF*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, sistematika penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan kerangka teori dan kerangka berpikir. Kerangka teori berisikan teori-teori dasar yang mendukung analisis dan pembahasan. Teori-teori tersebut antara lain proses pemilahan *RDF*, jenis-jenis *RDF*, jenis dan karakteristik sampah bahan baku *RDF*, metode empiris prediksi energi *RDF*,

treatment untuk memenuhi kriteria bahan baku *RDF*, keuntungan penggunaan *RDF*. Kerangka berpikir berisikan uraian yang nantinya memunculkan kerangka konsep.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi mengenai metode yang yang digunakan dalam penulisan skripsi, seperti penelitian yang dilakukan, langkah-langkah pengambilan data, cara pengolahan data, langkah-langkah analisis data, langkah-langkah pemecahan masalah, dan pemilihan studi literatur.

BAB 4 : GAMBARAN UMUM OBJEK PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai kondisi lokasi penelitian, data timbulan, komposisi, serta kadar air sampah UPS.

BAB 5 : ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan analisa terhadap data - data yang telah didapatkan dari pengukuran di lapangan dan di laboratorium.

BAB 6 : PENUTUP

Pada bab ini terdapat kesimpulan yang diambil berdasarkan tujuan penelitian, studi literatur, dan analisa. Pada bab ini juga terdapat saran yang diberikan oleh penulis yang berkaitan dengan penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Limbah Padat

Limbah padat atau yang lebih dikenal dengan sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat (UU No.18 tahun 2008).

Menurut McDougall et al. (2001), limbah padat dapat dikelompokkan berdasarkan sumbernya sebagai berikut:

- a. **Agrikultural**
Limbah yang berasal dari kegiatan pertanian, terutama produksi ternak. Seringkali digunakan untuk pupuk atau diolah secara *in situ*.
- b. **Pertambangan dan Penggalian**
Terutama limbah mineral inert dari pertambangan batubara dan industri ekstraksi mineral.
- c. **Pengerukan**
Limbah organik dan mineral dari proses pengerukan.
- d. **Konstruksi dan Pembongkaran**
Limbah bangunan terutama mineral inert atau sampah kayu.
- e. **Industri**
Limbah padat dari proses industri. Terkadang termasuk industri penghasil energi.
- f. **Produksi Energi**
Limbah padat dari industri penghasil energi termasuk abu dari pembakaran batubara.
- g. ***Sewage Sludge***
Limbah padat organik yang diolah dengan cara dibakar atau dibuang ke laut (segera berhenti di Uni Eropa), dapat digunakan untuk pupuk atau pengomposan. Dapat dihasilkan dari pengolahan air limbah industri atau rumah tangga.

h. Limbah B3 atau Khusus

Limbah padat yang mengandung senyawa yang berbahaya bagi kehidupan. Biasa disebut 'Limbah Khusus' di UK dan 'Limbah B3' oleh Uni Eropa.

i. Komersial

Limbah padat dari kantor-kantor, toko, restoran, dll. Sering termasuk dalam limbah padat perkotaan.

j. Limbah Padat Perkotaan

Didefinisikan sebagai limbah padat yang dikumpulkan dan dikontrol oleh pemerintah daerah atau kota dan biasanya terdiri dari limbah rumah tangga, sampah komersial dan limbah institusi.

2.2 Karakteristik Limbah Padat

Karakteristik limbah padat atau yang lebih dikenal dengan sampah adalah sifa-sifat sampah yang meliputi sifat fisik, kimia dan biologis. Pengujian karakteristik sampah dapat digunakan untuk menentukan fasilitas pengolahan, untuk memperkirakan kelayakan pemanfaatan kembali sampah untuk energi dan merencanakan fasilitas pembuangan akhir. Berikut diuraikan karakteristik-karakteristik sampah :

a. Karakteristik fisik

Meliputi berat jenis, kadar air, ukuran partikel dan distribusi ukuran partikel, *field capacity*, dan permeabilitas sampah yang terpadatkan.

- Berat Jenis

Berat jenis dapat diartikan sebagai berat material material per satuan volume. Data berat jenis sampah sering dibutuhkan untuk mengira-ngira total massa dan volume sampah yang harus dikelola. nilai berat jenis sampah dapat berbeda karena dipengaruhi oleh lokasi geografis, musim tiap tahun, dan lamanya waktu penyimpanan. Menurut Damanhuri (2004), berdasarkan pengamatan di lapangan, berat jenis sampah yang terukur bergantung pada sarana pengumpul dan pengangkut wadah yang digunakan, dan biasanya untuk kebutuhan desain digunakan, dan biasanya untuk kebutuhan desain digunakan angka :

- Sampah di wadah sampah rumah : 0,15 – 0,20 ton/m³
- Sampah di gerobak sampah : 0,25 – 0,40 ton/m³
- Sampah di truk terbuka : 0,25 – 0,40 ton/m³
- Sampah di TPA dengan pemadatan konvensional : 0,50 – 0,60 ton/m³

- Kadar air

Menurut Tchobanoglous et al. (1993), kadar air sampah biasanya dinyatakan dalam metode berat basah dimana pengukuran, kelembaban dalam sampel dinyatakan sebagai persentase berat basah bahan sedangkan dalam metode berat kering, hal tersebut dinyatakan sebagai persentase dari berat kering bahan. Metode berat basah merupakan metode yang paling umum digunakan di bidang pengelolaan sampah.

b. Karakteristik kimia

Meliputi proximate analysis (kadar air, volatil, *fixed carbon*, dan abu), titik lebur, ultimate analysis (kadar karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, fosfor), dan kandungan energi (Tchobanoglous, 1993).

- *Proximate analysis*

Perkiraan analisis untuk komponen-komponen sampah meliputi uji:

- *Moisture* yaitu hilangnya uap air ketika dipanaskan sampai 105°C dalam 1 jam
- *Volatile combustible matter* merupakan tambahan kehilangan berat pada pembakaran di suhu 950°C dalam wadah tertutup
- *Fixed carbon* adalah sisa/residu pembakaran yang tersisa setelah bahan yang menguap dihilangkan
- Abu yaitu berat residu setelah pembakaran dalam wadah terbuka

- Titik Lebur

Titik lebur didefinisikan sebagai temperatur dimana abu yang dihasilkan dari proses pembakaran membentuk padatan dari proses leburan dan aglomerasi.

- Ultimate analysis

Analisis ultimate dari komponen sampah terdiri dari penentuan persentase C (karbon), H (hidrogen), O (oksigen), N (nitrogen), S (belerang), dan abu. Hasil analisis ultimate ini digunakan untuk mengkarakterisasi komposisi kimia dari material organik sampah. Hasil analisis ini juga digunakan untuk menentukan campuran yang tepat dari sampah untuk mencapai rasio C/N yang tepat untuk proses konversi biologis.

- Kandungan energi

Kandungan energi komponen organik sampah dapat ditentukan dengan:

- Menggunakan *full-scale boiler* sebagai kalorimeter
- Menggunakan *bomb calorimeter* di laboratorium
- Menggunakan perhitungan berdasarkan daftar nilai kandungan energi dari literatur

c. Karakteristik biologi

Selain plastik, karet, komponen kulit, fraksi organik sampah dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Tchobanoglous et al., 1993):

- Komponen yang larut dalam air, seperti gula, pati, asam amino, dan berbagai asam organik lainnya,
- Hemiselulosa, hasil kondensasi dari 5 dan 6 gugus karbon gula,
- Selulosa, hasil kondensasi dari 6 gugus karbon gula glukosa,
- Lemak, minyak, lilin, yang merupakan ester alkohol dan asam lemak rantai panjang,
- Lignin, material polimer yang mengandung cincin aromatik dengan gugus metoksil (-OCH₃),
- Lignoselulosa, kombinasi lignin dan selulosa,
- Protein, terdiri dari rantai-rantai asam amino.

2.3 Transformasi Sampah

Sampah dapat ditransformasi secara fisik, kimia, dan biologis. Proses transformasi dan produk yang dihasilkan mempengaruhi perkembangan rencana pengelolaan sampah terpadu (Tchobanoglous et al., 1993).

2.3.1 Transformasi Fisik

Transformasi fisik yang dapat dilakukan dalam sistem manajemen sampah meliputi:

a. Pemilahan Komponen

Pemilahan komponen merupakan istilah yang digunakan untuk menjelaskan proses pemilahan secara manual ataupun mekanis (dengan alat) untuk mengidentifikasi komponen-komponen apa saja yang terdapat dalam sampah. Pemilahan komponen digunakan untuk mengubah/mentransformasi sampah yang bersifat heterogen menjadi satu atau beberapa komponen yang homogen. Pemilahan komponen merupakan proses yang dibutuhkan dalam pemulihan material sampah yang masih dapat digunakan dan yang dapat didaur ulang, dalam pembersihan kontaminan dari material yang dipisahkan untuk meningkatkan spesifikasi material tersebut, pembersihan limbah B3 dari sampah, dan dimana energi dan hasil konversi dipulihkan dari sampah yang telah diproses.

b. Reduksi Volume Secara Mekanis

Reduksi volume (terkadang dikenal dengan istilah densifikasi) merupakan istilah untuk menjelaskan proses dimana volume awal sampah dikurangi, biasanya dengan memberikan gaya atau tekanan. Di beberapa negara, kendaraan pengumpul sampah dilengkapi dengan mekanisme pemadatan untuk meningkatkan jumlah sampah yang terangkut setiap harinya.

c. Reduksi Ukuran Secara Mekanis

Reduksi ukuran (*size reduction*) merupakan istilah yang diaplikasikan pada proses transformasi yang digunakan untuk mengurangi ukuran material sampah. Tujuan dari proses ini adalah untuk mendapatkan hasil akhir yang seragam dan dalam ukuran yang lebih kecil daripada ukuran awalnya. Reduksi ukuran tidak selalu berarti reduksi volume. Pada beberapa situasi, reduksi ukuran membuat volume menjadi bertambah. Pada praktiknya

istilah pencacahan (*shredding*), penghalusan (*grinding*), dan penggilingan (*milling*) mengacu kepada operasi reduksi ukuran secara mekanis.

2.3.2 Transformasi Kimia

Transformasi kimia sampah umumnya mengubah fasa padat menjadi cair, padat menjadi gas, dan lain sebagainya. Untuk mengurangi volume dan/atau memulihkan hasil konversi, prinsip proses kimia digunakan untuk mengubah sampah dengan cara (Tchobanoglous et al., 1993):

a. Pembakaran (oksidasi kimia)

Pembakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia oksigen dengan material organik, untuk menghasilkan senyawa yang teroksidasi bersama dengan emisi cahaya dan produksi panas yang cepat. Dalam ketersediaan udara dan pada kondisi ideal, pembakaran fraksi organik sampah dapat direpresentasikan dengan persamaan berikut:



b. Pirolisis

Karena tidak semua substansi organik tidak stabil, substansi-substansi tersebut dapat dipisahkan, melalui kombinasi reaksi pemecahan temperatur dan kondensasi di atmosfer, menjadi fraksi gas, cair, dan padat. Pirolisis merupakan istilah yang digunakan untuk menjelaskan proses tersebut. Berbeda dengan proses pembakaran, yang sangat eksotermik, proses pirolisis sangatlah endotermik. Untuk alasan inilah istilah distilasi bertingkat sering digunakan sebagai istilah lain dari pirolisis.

c. *Gasification*

Proses gasifikasi menghasilkan gas karbon monoksida, hidrogen, dan beberapa hidrokarbon jenuh seperti *methane* dari hasil proses pembakaran parsial/tidak sempurna.

2.3.3 Transformasi Biologis

Transformasi biologis material organik sampah dilakukan untuk mengurangi volume dan berat material, menghasilkan kompos; material seperti humus yang dapat digunakan sebagai penyubur tanah; dan untuk menghasilkan

gas methane. Organisme yang berperan pada transformasi biologis adalah bakteri, jamur, ragi, dan *actinomycetes*. Transformasi ini dapat terjadi secara aerob dan anaerob, bergantung kepada ketersediaan udara. Proses biologis yang sering digunakan pada konversi fraksi organik meliputi pengomposan aerob, pengolahan anaerob, dan pengolahan padatan (*high-solid*) secara anaerob.

2.4 Refuse Derived Fuel (RDF)

Limbah padat telah digunakan untuk menghasilkan uap dan listrik sejak awal 1900-an. Mayoritas limbah padat memiliki nilai kalor antara seperempat dan satu-setengah dari batubara. Nilai kalor yang tepat dari limbah padat adalah fungsi dari kandungan karbon yang terdapat dalam sampah. Limbah padat memiliki kandungan abu yang umumnya rendah, antara 20-40%. Kadar air padat limbah sangat bervariasi dan dapat berubah secara signifikan akibat proses pengolahan, penanganan dan penyimpanan (Manser dan Keeling, 1996).

Berbagai macam komposisi MSW dapat dibakar tanpa bahan bakar tambahan. Namun, karena air dan material tidak dapat terbakar tidak memberikan kenaikan terhadap nilai kalor limbah, pengolahan limbah untuk meminimalkan kadar air mereka dan mengurangi kadar abu dapat secara signifikan meningkatkan kualitas bahan bakar dan meningkatkan efisiensi pembakaran.

Refuse Derived Fuel (RDF) adalah hasil proses pemisahan limbah padat antara fraksi sampah mudah terbakar dan tidak mudah terbakar seperti metal dan kaca (Cheremisinoff, 2003). Produksi *RDF* merupakan bagian dari sistem pengolahan termal, yang bertujuan untuk valorise bagian dari aliran limbah dengan memulihkan konten energi. Tahap kedua, pembakaran *RDF*, dapat terjadi pada tempat yang sama, atau *RDF* dapat diangkut untuk pembakaran di tempat lain.

Alasan lebih lanjut untuk mempertimbangkan pemisahan pemilahan *RDF* dari perlakuan termal adalah bahwa proses tidak hanya menghasilkan bahan bakar, tetapi juga dapat menghasilkan fraksi organik, yang dapat membentuk bahan baku untuk pengolahan biologis. Akibatnya, dalam beberapa kasus, proses penyortiran *RDF* terjadi dalam kombinasi dengan proses pengolahan biologis (misalnya pada Novaro di Italia (ETSU, 1993)). Sekali lagi, meskipun *RDF* dapat

dijadikan pengolahan biologis di tempat yang sama, itu adalah perlu diperhatikan sebagai proses yang terpisah.

2.5 Proses Pemilahan *RDF*

Menurut McDougall et al. (2001), umumnya proses pemilahan *RDF* terdiri atas:

- a. Penyimpanan sampah (*Waste Reception and Storage*)
Sampah yang datang dari proses pengumpulan dipisahkan dari material-material yang tidak diinginkan seperti (kayu, mesin mobil, dll).
- b. Pengayakan sampah (*Waste Liberation and Screening*)
Pada proses ini material yang terlalu halus dan material yang memiliki ukuran yang besar (>500 mm) dipisahkan. Material yang terlalu halus mengandung kadar air yang tinggi dan mengandung bahan-bahan organik. Material yang berukuran besar (>500 mm) rata-rata terdiri atas kertas, papan, dan plastik film yang berukuran besar, dan biasanya dibuang ke landfill bersama residu yang lain. Sisa material yang diprosuksi dari proses ini dapat digunakan sebagai *cude cRDF* (*cRDF* kasar) (*cRDF* tipe A) walaupun masih mengandung logam dan material *non-combustible* lainnya.
- c. Penghalusan bahan baku (*Fuel Refining*)
Pada proses ini dilakukan reduksi ukuran, klasifikasi dan pemisahan magnetis. Reduksi ukuran menggunakan alat pencacah (*shredder*) atau *hammer mill* untuk membuat material menjadi fraksi yang ringan dan padat. Proses klasifikasi (pemisahan berat jenis) diperlukan untuk memisahkan fraksi berat (metal, plastik tebal) dari fraksi ringan yang dapat dibakar (kertas, plastik film) yang kemudian akan dibentuk menjadi *dRDF*. Pemisahan magnetis dilakukan untuk membuang logam besi dari fraksi berat. Fraksi yang ringan, bersama sisa dari pemisahan magnetis fraksi berat dapat digunakan untuk membentuk *cRDF* (*cRDF* tipe B).
- d. *Fuel Preparation*
Proses ini memperlihatkan perbedaan antara proses pembuatan *cRDF* dan *dRDF*. Di dalam proses ini termasuk juga konversi *fuel rich fraction* (flok) menjadi ke bentuk yang lebih padat dan kering dengan mencacah ulang,

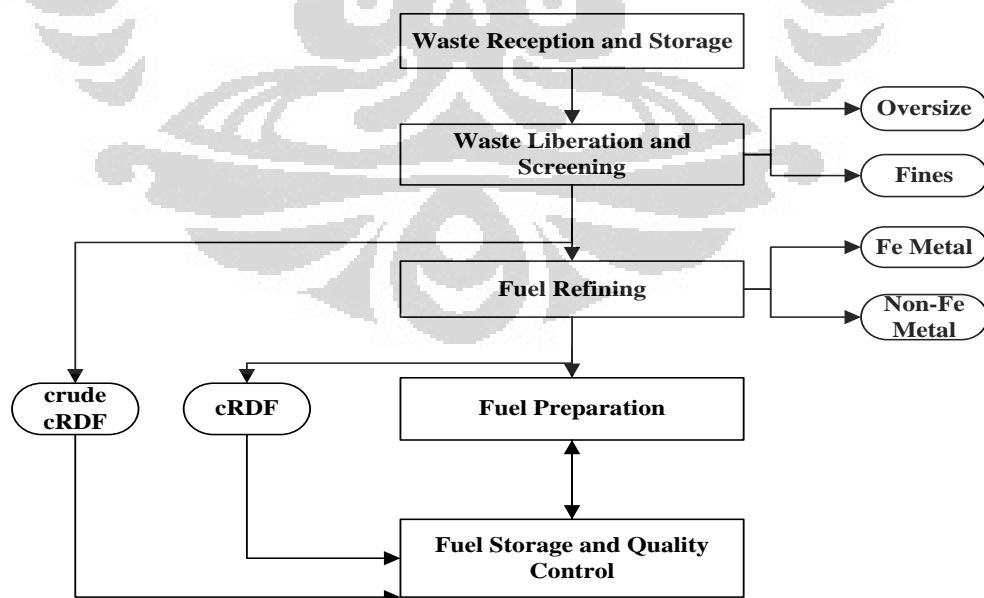
kemudian mengeringkannya dan membentuknya menjadi butiran-butiran (pellet). Pencacahan sekunder diperlukan untuk mengurangi ukuran partikel dari fuel fraction ke dalam ukuran yang diperlukan untuk pelaksanaan proses pembentukan pellet dan pengeringan mengurangi kandungan air dari sekitar 30% menjadi sekitar 12%. Kandungan air yang rendah diperlukan untuk karakteristik pembakaran yang baik dan agar dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama.

Ketika *combustible fraction* kering, bahan organik dan residu inert dapat dengan mudah disaring (dipisahkan), mengurangi kandungan abu dari produk. Kebanyakan klorin, logam berat dan silika di dalam produk terkandung dalam residu inert. Setelah proses ini *dRDF* dapat diproduksi dengan kandungan abu final 10% dari berat sendiri dan level klorin 0,5%. Ketiadaan kontaminan inert seperti silika, nilai kalor (*calorific value*) prosuk dapat meningkat dengan signifikan.

e. *Fuel Storage and Quality Control*

Ketika sudah dalam bentuk pellet dan kering, *dRDF* dapat disimpan sebelum digunakan. Namun kebalikannya, *cRDF* harus sesegera mungkin dibakar setelah diproduksi.

Berikut diagram proses produksi *RDF* menurut McDougall (2001).



Gambar 2.1 Diagram Pengolahan *RDF*

Sumber: ETSU, 1993

2.6 Jenis-jenis RDF

Terdapat tujuh tipe *RDF* yang berbeda yang diklasifikasikan oleh *American Society for Testing and Material* (ASTM) (Caputo et al., 2001).

a. *RDF-1*

RDF-1 adalah MSW yang digunakan sebagai bahan bakar tanpa sampah yang berukuran besar dan tebal.

b. *RDF-2*

RDF-2 adalah MSW yang diproses menjadi partikel kasar dengan atau tanpa logam besi (*ferrous metal*). Subkategori dari *RDF-2* merupakan serpihan *RDF* yang kemudian dipisahkan 95% berat sendiri dapat melewati saringan mesh 6 inch² dan dipadatkan sekitar 300 kg/m³, (disebut juga sebagai *coarse RDF* atau *c-RDF*)

c. *RDF-3*

RDF-3 merupakan bahan bakar yang dicacah yang berasal dari MSW dan diproses untuk memisahkan logam, kaca dan bahan anorganik lainnya, dengan ukuran partikel 95% dari berat sendiri yang dapat melewati saringan berukuran 2 inch persegi (disebut juga sebagai *Fluff RDF*)

d. *RDF-4*

RDF-4 merupakan fraksi sampah yang dapat dibakar (*combustible*) yang diolah menjadi bentuk serbuk, 95% berat sendiri dapat melalui saringan 10-mesh (disebut juga sebagai *dust RDF* atau *p-RDF*).

e. *RDF-5*

RDF-5 dihasilkan dari fraksi sampah yang dapat dibakar yang kemudian dipadatkan menjadi 600 kg/m³ menjadi bentuk pellet, *slags*, *cubettes*, briket, dsb (disebut juga dengan *densified RDF* atau *d-RDF*).

f. *RDF-6*

RDF-6 adalah *RDF* dalam bentuk cair atau *liquid RDF*.

g. *RDF-7*

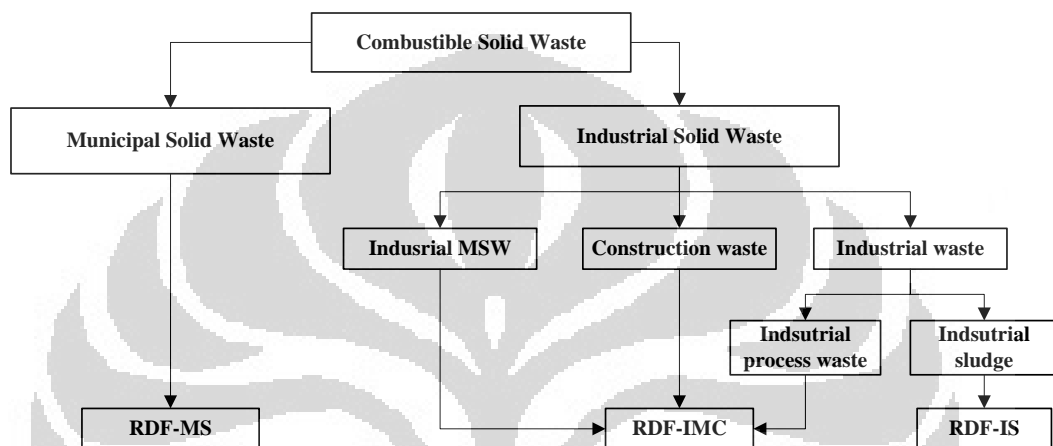
RDF-7 adalah *RDF* dalam bentuk gas.

Klasifikasi berbeda terdapat di beberapa negara seperti di Inggris. Di sana terdapat tiga klasifikasi *RDF* yang sering digunakan yaitu, *c-RDF*, *d-RDF*,

dan *f-RDF*, klasifikasi terakhir menjadi *undensified flock RDF* yang kira-kira mirip dengan *dust RDF*.

2.7 Jenis dan Karakteristik Bahan Baku *RDF*

Sampah bahan baku pembuatan *RDF* tidak hanya berasal dari limbah padat perkotaan tetapi juga dapat berasal dari limbah padat industri (Trang T.T. Dong, Byeong-Kyu Lee, 2009).



Gambar 2.2 Diagram Klasifikasi *RDF*

Sumber : Trang T.T. Dong, Byeong-Kyu Lee, 2009

Gambar 2.2 menunjukkan bahwa *RDF* dapat diproduksi dengan menggunakan limbah padat perkotaan, *sludge* dari industri, limbah konstruksi dan limbah hasil proses industri. *RDF-MS* diproduksi dengan menggunakan bahan baku limbah padat perkotaan, *RDF-IMC* menggunakan bahan baku limbah konstruksi dan limbah hasil proses industri serta *RDF-IS* diproduksi dengan menggunakan bahan baku *sludge* dari industri.

Menurut Cheremisinoff (2003), sampah *RDF* sebagian besar terdiri dari kertas, kayu, dan plastik yang memiliki kandungan energi yang lebih tinggi daripada limbah padat perkotaan yang belum dipilah dengan nilai energi sebesar 12 hingga 13 MJ/kg. Nilai energi tersebut bergantung dengan program daur ulang sampah plastik dan kertas.

2.8 Referensi Nilai Kalor dan Standar *RDF*

Jenis dan nilai kalor sampah yang dapat diolah menjadi *RDF* dari berbagai referensi adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Jenis Sampah *RDF* dan Nilai Kalor Referensi Trang T.T. Dong, Byeong-Kyu Lee

Komponen Sampah	Nilai Kalor (kcal/kg)
Kertas	3588
Kayu	4400
Tekstil	5200
Resin sintetik	7857
Lumpur IPAL	1800
Karet dan kulit	7200
Plastik	8000
Lumpur sisa proses	3000

Sumber: Trang T.T. Dong, Byeong-Kyu Lee, 2009

Tabel nilai kalor pada tabel 2.1 merupakan nilai kalor terendah sampah perkotaan yang berasal dari jurnal dengan judul *Analysis of potential RDF resources from solid waste and their energy values in the largest industrial city of Korea* yang dibuat oleh Trang T.T. Dong dan Byeong-Kyu Lee. Nilai kalor didapatkan dengan menggunakan metode uji bom kalorimeter terhadap komponen limbah di Korea Selatan.

Tabel 2.2 Jenis Sampah *RDF* dan Nilai Kalor Referensi Cheremisinoff

Komponen Sampah	Nilai Kalor (MJ/kg)
Kertas	17.7
Kayu	20
Tekstil	32.5
Karet	23.5
Plastik	33.5

Sumber : Cheremisinoff, 2003

Tabel nilai kalor sampah pada tabel 2.2 merupakan nilai kalor rata - rata sampah perkotaan yang berasal dari buku teks berjudul *Handbook Of Solid Waste Management And Waste Minimization Technologies* yang dibuat oleh Nicholas P. Cheremisinoff, Ph.D. Nilai kalor didapatkan dari pengumpulan data beberapa pembangkit listrik tenaga sampah di Amerika Utara.

Tabel 2.3 Jenis Sampah *RDF* dan Nilai Kalor Referensi Scholz

Komponen Sampah	Nilai Kalor (MJ/kg)
Platik	32.5
Tekstil, Karet, Kertas dan sampah mudah terbakar lainnya	11.96
Kayu sampah pekarangan, dan material <i>bio-degradable</i>	5.83

Sumber : Scholz *et al.* 2001

Tabel nilai kalor pada tabel 2.3 merupakan nilai kalor rata - rata pada sampah domestik campuran yang berasal dari jurnal berjudul *Waste treatment in thermal procedures* yang dibuat oleh R. Scholz, M. Beckmann & F. Schulenburg. Nilai kalor didapatkan dari pengumpulan data beberapa *incinerator* sampah di negara Eropa.

Standar kualitas *RDF* yang digunakan Finlandia, Inggris, dan Italia menurut laporan *RDF* dari komisi Eropa adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Standar Kualitas *RDF* Filandia, Italia, dan Inggris

Parameter	Finlandia	Italia	Inggris
Nilai Kalor Minimum (MJ/kg)	13-16	15	18.7
Kadar Air %w	25-35	< 25	7-28
Kadar Abu %w	5-10	20	12
Sulfur %w	0.1-0.2	0.6	0.1-0.5
Klorin %w	0.3-1.0	0.9	0.3-1.2

Sumber: Gendebien *et al.*, 2003

2.9 Pemanfaatan *RDF*

Penggunaan *RDF* sebagai bahan bakar memberikan keuntungan seperti *heating value* yang tinggi, homogenitas komposisi fisik-kimia, kemudahan disimpan, ditangani dan ditransportasikan, semakin sedikit emisi polutan yang dihasilkan dan berkurangnya udara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran. Namun, produksi *high calorific value RDF* mengharuskan proses produksi yang kompleks yang mengarah kepada efisiensi massa yang kecil (sehingga efisiensi bahan baku *RDF* menjadi kecil) (Caputo *et al.*, 2002).

Keunggulan lain dari penggunaan *RDF* sebagai bahan bakar menurut McDougall (2001) adalah :

Universitas Indonesia

- *RDF* memiliki nilai yang lebih tinggi kalori daripada *MSW*, sehingga pemulihan energi yang lebih tinggi.
- *RDF* mengandung sedikit non-combustible material dibandingkan *MSW*, sehingga abu yang dihasilkan lebih sedikit.
- Pembakaran karakteristik *RDF* yang lebih konsisten dari *MSW*, sehingga pembakaran bisa lebih terkontrol.

Refuse Derived Fuel (RDF) biasa digunakan dalam industri semen dan pembangkit listrik di negara - negara yang telah maju pengelolaan sampahnya.

a. *Cement Kiln*

Pabrik semen tidak langsung membakar limbah padat perkotaan yang tercampur karena masih bersifat heterogen yang dapat menyebabkan masalah pada kualitas dan lingkungan. Oleh karena itu, limbah padat perkotaan digunakan setelah pemilahan dan pemrosesan menjadi *RDF* pada *cement kiln* di Austria, Belgia, Denmark, Italia dan Belanda (Gendebien et al., 2003).

Pada *cement kiln*, pembakaran terjadi di bawah suhu api yang sangat tinggi sekitar 1.450°C dan waktu tinggal yang relatif lama. Berdasarkan pertimbangan teknis dan lingkungan, analisis *RDF* pembakaran dalam *cement kiln* menunjukkan bahwa tidak ada teknologi pembakaran khusus harus dipasang kecuali sistem penanganan *RDF*. Namun, ada batas atas untuk total konsumsi bahan bakar (tidak lebih dari 30 persen) untuk membakar *RDF* agar tidak ada kenaikan dalam tingkat emisi dari polutan udara seperti gas asam, dioxin, furan, dll (Lockwood dan Ou, 1993).

Penggunaan *RDF* untuk pembakaran *cement kiln* mulai digunakan oleh pabrik semen di Indonesia. Salah satu pabrik semen yang menggunakan *RDF* adalah Indocement yang telah mengganti 5% bahan bakar dengan *RDF* (Indocement, 2012). Persyaratan *RDF* yang digunakan dalam untuk pembakaran *cement kiln* di Indocement tercantum dalam tabel 2.5

Tabel 2. 5 Spesifikasi *RDF* Indocement

Parameter	Normal	Moderate	Low
Heat value (MJ/kg)	> 12.56	12.56 - 10.47	< 10.47
Biomass (%)	> 50	> 50	< 50
Particle Size (mm)	< 40	< 40	> 40
Moisture (%)	< 20	< 20	> 20
S (%)	< 0.8	< 0.8	> 0.8
Total alkali (%)	< 0.6	< 0.6	> 0.6
Cl (%)	< 1	< 1	> 1

Sumber : Indocement, 2012

b. Pembangkit Listrik

Pembakaran bersama *refuse derived fuel* dengan batubara pada pembangkit listrik umum digunakan di Denmark, Finlandia, Jerman, Belanda dan Swedia. *RDF* hanya dibakar pada boiler untuk menghasilkan uap. Pergantian batubara dengan *RDF* bervariasi mulai dari 0% hingga 100% (Gendebien et al., 2003).

Namun, kekurangan utama dari pembakaran *RDF* adalah korosi pada permukaan penukar panas dalam boiler yang disebabkan oleh gas asam seperti HCl. Selain itu, kehadiran HCl juga dapat merangsang pembentukan dioksin (Liu et al., 2001).

2.10 Plastik (Polimer)

Dalam buku *Polymers All Around You*, setiap polimer memiliki karakteristik yang sangat berbeda, tetapi polimer sebagian besar memiliki karakteristik umum sebagai berikut:


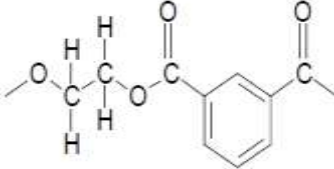
1. Polimer dapat tahan terhadap bahan kimia. Hal itu dapat dilihat dari semua produk pembersih yang dikemas dalam kemasan plastik.
2. Polimer dapat menjadi isolator panas dan listrik. Tahan panas terbukti dalam dapur dengan panci dan gagang panci. Hambatan listrik jelas dalam peralatan, kabel, kabel, dan outlet listrik.

3. Polimer berat yang kecil dengan berbagai tingkat kekuatan. Memungkinkan untuk digunakan dalam berbagai kondisi mulai dari mainan hingga untuk kerangka pembangunan stasiun.
4. Polimer dapat diproses dengan berbagai cara untuk membentuk bagian-bagian rumit. Plastik dapat dibentuk ke botol dan komponen badan otomotif. Beberapa dapat berbusa seperti polistiren (styrofoam). Elastomer dan beberapa bentangan plastik dan sangat fleksibel.

Dengan segala keunggulan dari polimer, ada beberapa kesulitan dengan materialnya. Kebanyakan plastik membusuk tetapi tidak terurai sepenuhnya. Namun, aplikasi untuk didaur ulang plastik bertambah setiap hari. Plastik dapat dicampur dengan plastik murni (plastik yang tidak pernah diproses) untuk mengurangi biaya tanpa mengorbankan karakteristiknya. Plastik daur ulang digunakan untuk membuat polimer kayu untuk digunakan dalam meja piknik, pagar, dan mainan *outdoor*, sehingga menghemat penggunaan kayu. Plastik dari botol plastik 2 liter ini dipintal menjadi serat untuk produksi karpet.







Industri plastik menggunakan pelet polimer untuk membuat kemasan plastik. Tercantum dalam *Hands On Plastics - Investigation Kit* untuk membantu proses *recycle* maka dibuatlah kode warna. Pada tahun 1988, *the Society of the Plastics Industry, Inc.* (SPI) memperkenalkan sistem polimer identifikasi coding. Kode yang dibentuk atau dicantumkan pada bagian bawah wadah plastik paling. Untuk plastik untuk didaur ulang, mereka harus dipisahkan berdasarkan jenisnya. Kode daur ulang polimer memungkinkan kita untuk membedakan antara tipe-tipe umum polimer.

Tabel 2. 6 Jenis Plastik Berdasarkan Polimernya

Kode <i>Recycling</i>	Nama Polimer	Contoh	Struktur Kimia
	Polyethylen terephthalate (PET atau PETE)	Botol minuman ringan, karpet, <i>fibrefill</i> , tali, <i>scouring pads</i> , <i>fabrics</i> , <i>Mylar tape</i>	

Sumber : Woodward, L et al (2002)

Tabel 2. 6 Jenis Plastik Berdasarkan Polimernya (Lanjutan)

Kode <i>Recycling</i>	Nama Polimer	Contoh	Struktur Kimia
	High density polyethylene (HDPE)	<i>Milk jug</i> , botol deterjen, tas, <i>plastic lumber</i> , <i>furniture</i> taman, pot bunga, tempat sampah	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$
	Polyvinyl chloride atau vinyl (PVC atau V)	Botol minyak goreng, pipa drainase dan got, kartu kredit,	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{Cl} \\ & & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$
	low density polyethylene (LDPE)	Botol lem, pembungkus film, Elmer's®	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & & \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$
	polypropylene (PP)	Wadah yogurt, baterai mobil, botol, karpet, tali, pembungkus film	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & & \\ \text{H} & & \text{CH}_3 \end{array}$
	polystyrene (PS)	Mainan, styrofoam	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & & \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ & & \\ \text{H} & & \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
	Polimer lain	Wadah makanan, wadah kosmetik, dan wadah pasta gigi	

Sumber : Woodward, L et al (2002)

Namun, penyortiran visual tidak cukup efisien jika dilakukan dalam skala besar. Salah satu metode fisik dari polimer adalah memisahkan oleh perbedaan kepadatan. Plastik untuk didaur ulang adalah dipotong kecil dan ditempatkan dalam zat cair seperti air. Plastik yang lebih padat daripada air akan tenggelam, sedangkan air yang kurang padat akan mengapung. Proses ini diulang dengan zat cair lain yang memiliki massa jenis yang berbeda. Hal ini dapat dilakukan dalam skala kecil dengan cairan tersedia.

Setiap jenis polimer memiliki nilai kalor yang berbeda - beda seperti tercantum dalam tabel 2.7

Tabel 2.7 Jenis Plastik dan Nilai Kalornya

Jenis Plastik	Nilai Kalor (Btu/ton)
PET*	20.5
HDPE**	19.0
PVC*	16.5
LDPE/LLDPE**	24.1
PP*	38.0
PS*	35.6
Other**	20.5

Sumber : *Garth, J. and Kowal, P. 1993, **Utah State 2006

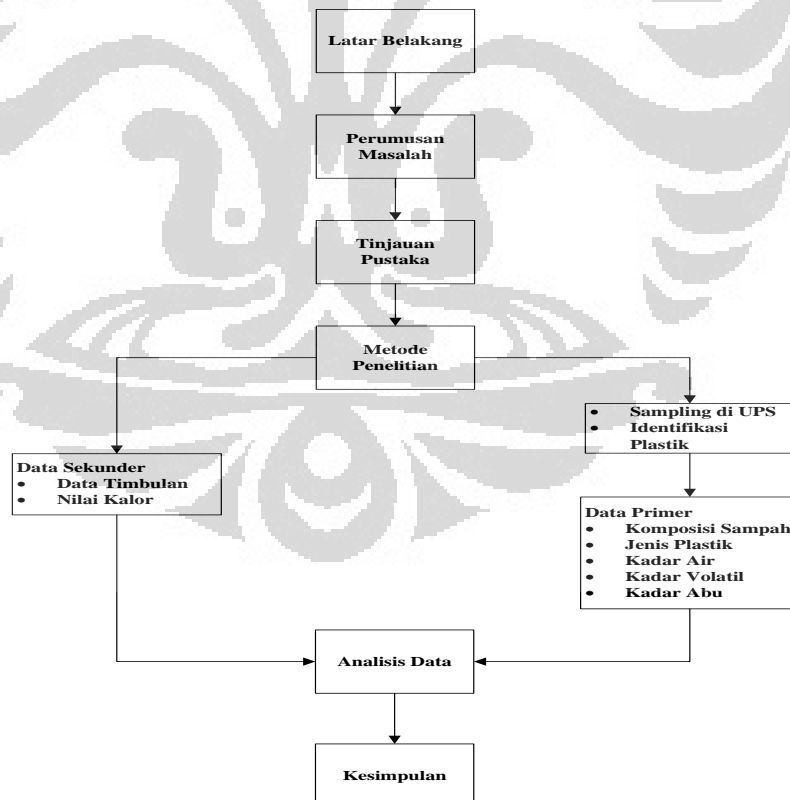
BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian adalah cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Cara ilmiah berarti kegiatan penelitian tersebut didasarkan pada ciri - ciri keilmuan yang rasional, empiris dan sistematis (Sugiyono, 2000). Secara umum berdasarkan pendekatan yang digunakan penelitian dapat dibedakan menjadi penelitian kualitatif dan penelitian kuantitatif.

Penelitian yang penulis lakukan termasuk ke dalam jenis penelitian kuantitatif dengan metode studi literatur dan uji laboratorium. Objek dalam penelitian ini adalah timbulan dan komposisi sampah yang dapat dimanfaatkan untuk menjadi bahan *RDF* di UPS.

3.2 Kerangka Penelitian



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

Sumber : Hasil olahan penulis,2011

3.3 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang menjadi pengaruh bagi variabel terikat dalam suatu percobaan. Variabel bebas dalam percobaan ini adalah: karakteristik dan komposisi sampah UPS. Sedangkan variabel terikat adalah variabel yang mendapat pengaruh dari variabel bebas. Pada penelitian ini variabel terikat berupa nilai energi kalor.

3.4 Data dan Analisa Data

3.4.1 Data

Data penunjang dibutuhkan untuk memperoleh informasi dan data - data yang terkait dengan objek penelitian.

3.4.1.1 Data primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari pengamatan langsung di lokasi maupun uji laboratorium. Dalam penelitian ini data primer yang digunakan adalah densitas, kadar air, kadar abu, komposisi limbah padat dan uji laboratorium untuk identifikasi plastik.

1. Sampling Komposisi Sampah di UPS

Pengukuran komposisi sampah beserta berat jenisnya di UPS mengacu kepada SNI 19-3964-1994 mengenai metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan. Sampah yang masuk ke UPS diambil sampel dari gerobak sebanyak 100 kg. Kemudian, sampah dimasukkan ke dalam kotak kayu dan diukur volume serta ditimbang untuk mengetahui densitasnya. Selanjutnya, sampah dipilah sesuai karakteristiknya seperti plastik, logam, kain, organik, dan lain - lain.

2. Identifikasi Plastik

Sampah yang akan dijadikan bahan baku *RDF* di UPS sebagian besar merupakan jenis sampah plastik dimana setiap jenis sampah plastik memiliki nilai kalor tersendiri sehingga komposisi dari sampah plastik dapat mempengaruhi

potensi energi kalor sampah. Metode untuk mengidentifikasi sampah plastik di UPS berdasarkan jenis polimernya menggunakan prosedur identifikasi plastik dari buku *Polymers All Around You* (Linda Woodward, 2002). Dengan menggunakan metode tersebut, sampah plastik dapat diketahui jenisnya. Apakah sampah plastik yang diuji termasuk PET, PVC, atau HDPE.

Langkah - langkah pelaksanaannya dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan seperti gliserin, minyak sayur, isopropanol (alkohol), air, dan wadah. Pertama, sampah plastik yang akan diuji dipotong sama ukurannya. Kemudian, larutan isopropanol, gliserin, minyak sayur dan air ditempatkan di dalam wadah. Selanjutnya, potongan sampah plastik dimasukkan ke dalam masing - masing larutan dan dicatat yang tenggelam dan tidak dalam tabel densitas plastik.

3. Kadar Air

Pemeriksaan kadar air ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1971-1990. Sampel yang telah ditimbang diambil sebanyak ± 10 gram kemudian diletakkan di dalam cawan poselin. Lalu sampel dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 3 jam. Setelah itu sampel dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit dan kemudian sampel ditimbang sampai bobot tetap.

4. Kadar Abu

Prosedur pengukuran dilakukan sesuai dengan ASTM E 830-87. Sisa sampel yang telah dipanaskan dengan suhu $575 \pm 25^{\circ}\text{C}$, kemudian dipanaskan kembali di dalam furnace dengan suhu 950°C selama 7 menit. Setelah 7 menit, sampel dimasukkan ke dalam desikator hingga suhu ruang dan sampel ditimbang.

3.4.1.2 Data sekunder

Data sekunder merupakan data yang telah disediakan oleh pihak lain yang dapat langsung digunakan oleh peneliti. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data timbulan dan daftar nilai kalor dari hasil tinjauan pustaka.

3.4.2 Analisa Data

Data yang telah didapat kemudian dianalisis dengan menggunakan metode statistik untuk mendapatkan nilai energi kalor serta karakteristik lain dari sampah UPS. Nilai energi kalor tersebut merupakan potensi *RDF* dari UPS. Program yang digunakan dalam mengolah dan menganalisa data adalah Microsoft Excell dengan keluaran berupa grafik dan diagram. Di bawah ini merupakan perhitungan yang digunakan dalam analisa data :

a. Perhitungan Densitas Sampah

Untuk mendapatkan densitas sampah, perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Densitas} = \frac{\text{berat limbah padat (kg)}}{\text{volume limbah padat (m}^3\text{)}} \quad (3.1)$$

b. Perhitungan Kadar Air

Kadar air sampel didapatkan dari perhitungan di bawah ini:

$$M = \left(\frac{w-d}{w} \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

Dimana:

M = kadar air, %

w = berat awal, kg

d = berat setelah dikeringkan dalam oven 105°C, kg

c. Perhitungan Kadar Abu

Perhitungan kadar abu berdasarkan ASTM E 830-87. Kadar abu didapatkan melalui rumus di bawah ini:

$$\text{Ash} = \left(\frac{e-f}{w} \right) \times 100\% \quad (3.3)$$

Dimana

Ash = kadar abu, %

e = berat setelah dipanaskan dalam *furnace* 600°C, kg

f = berat setelah dipanaskan dalam *furnace* 750°C, kg

w = berat awal, kg

BAB 4

GAMBARAN UMUM OBJEK PENELITIAN

4.1 Gambaran Umum Kota Depok

Kota Depok sebagai salah satu wilayah termuda di Jawa Barat, mempunyai luas wilayah sekitar 20.029 ha. Wilayah Kota Depok berbatasan dengan tiga kabupaten dan satu propinsi. Secara lengkap wilayah ini mempunyai batas-batas sebagai berikut:

1. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Ciputat Kabupaten Tangerang dan Wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta.
2. Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Pondok Gede Kota Bekasi dan Kecamatan Gunung Putri Kabupaten Bogor.
3. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Cibinong dan Kecamatan Bojonggede Kabupaten Bogor.
4. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Parung dan Kecamatan Gunung Sindur Kabupaten Bogor.

Letak Kota Depok sangat strategis, diapit oleh Kota Jakarta dan Kota Bogor. Hal ini menyebabkan Kota Depok semakin tumbuh dengan pesat seiring dengan meningkatnya perkembangan jaringan transportasi yang tersinkronisasi secara regional dengan kota-kota lainnya. Jumlah penduduk Kota Depok berdasarkan data BPS pada tahun 2011 mencapai 1.813.613 jiwa, yang terdiri dari laki-laki 918.836 jiwa dan penduduk perempuan 894.777 jiwa. Kota Depok terdiri dari 11 kecamatan, 63 kelurahan, 880 Rukun Warga (RW) dan 4920 Rukun Tetangga (RT).

Timbulan sampah Kota Depok rata-rata setiap harinya sebesar 3764 m³ (DKP, 2007) sedangkan sampah yang terangkut 1281 m³/hari dan sampah yang tidak terangkut 2.483 m³/hari. Tingkat pelayanan persampahan pada tahun 2011 sebesar 38%.

UPS yang dijadikan lokasi pengambilan sampel terletak di Grogol, Permata Regency dan Cilangkap. Ketiga UPS tersebut dipilih karena letaknya yang tidak terlalu dekat dengan pemukiman penduduk dan masih terdapat lahan kosong di sekitarnya. Hal itu akan mencegah protes dari masyarakat akibat

pencemaran udara jika di UPS dibangun *incinerator*. Selain itu, juga memudahkan bila nantinya perlu dibangun bangunan tambahan untuk penyimpanan sampah *RDF*. Gambar 4.1 menunjukkan lokasi dari ketiga UPS yang dijadikan lokasi penelitian.



Gambar 4. 1 Peta Kota Depok dan Lokasi Survei

Sumber : Depok Dalam Angka, 2011

4.2 Gambaran Umum Unit Pengolahan Sampah Grogol

Unit Pengolahan Sampah di Kelurahan Grogol mulai dibangun sejak tahun 2009. UPS Grogol terletak di Jalan Pulo Mangga RT 02 RW 05 Kelurahan Grogol, Kecamatan Limo, Kotamadya Depok. UPS Grogol ini didirikan di atas tanah milik salah satu anggota masyarakat Grogol yaitu Naim Bin Mindong dengan luas tanah dan luas bangunan 600 m². Kondisi Lingkungan sekitar di UPS Grogol adalah kebun bambu dan makam di sekelilingnya dan di belakang bangunan UPS adalah tanah kosong yang digunakan untuk membuang residu dari pengolahan sampah di UPS. Hal ini dikarenakan jarak UPS Grogol ke TPA Cipayung cukup jauh sehingga residu yang dihasilkan cenderung tidak diangkut ke Cipayung tetapi dibuang dengan *open dumping* di belakang bangunan UPS. Batas-batas bangunan UPS Grogol:

Sebelah utara : Lahan kosong tempat pembuangan residu

Sebelah barat : Lahan kosong
 Sebelah timur : Rumah warga
 Sebelah barat : Rumah warga



Gambar 4. 2 Tampak atas UPS Grogol

Sumber: Goggle Earth, 2012

Jarak UPS Grogol ke pemukiman penduduk terdekat adalah sekitar 100 m dimana pemukiman di kelurahan Grogol bukan merupakan pemukiman padat tetapi hanya perkampungan yang sangat jarang letaknya satu sama lain. Kondisi infrastruktur jalan menuju ke UPS Grogol sangat baik yaitu berupa jalan cor beton yang dapat dilalui oleh kendaraan beroda dua dan beroda empat. Sedangkan untuk kondisi infrastruktur di dalam UPS seperti kantor, sarana sanitasi, air bersih dan listrik masih berfungsi dengan baik dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.



Gambar 4. 3 Tampak Depan UPS Grogol

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2011

Kelurahan Grogol memiliki jumlah penduduk pada tahun 2008 sebesar 15.617 jiwa dengan jumlah rukun tetangga (RT) sebanyak 61 dan rukun warga (RW) sebanyak 11. Untuk tingkat ekonomi, penduduk Kelurahan Grogol adalah menengah ke bawah dengan mayoritas di bidang pertanian.

Berdasarkan Laporan Unit Pengolahan Sampah (UPS) Grogol yang diperoleh dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DPK), Depok mulai dari bulan Januari hingga Desember 2011 besarnya timbulan sampah yang diolah UPS Grogol terdapat dalam tabel berikut:

Tabel 4. 1 Timbulan Sampah yang Diolah UPS Grogol

UPS Grogol			
Bulan	Volume Sampah Yang Masuk		
	Gerobak	Mobil/Truk	Volume (m³)
Januari	104	96	592.32
Februari	104	96	592.32
Maret	98	92	565.84
April	104	96	592.32
Mei	104	96	592.32
Juni	78	72	444.24
Juli	104	96	592.32
Agustus	104	96	592.32
September	100	92	568
Oktober	104	96	592.32
November	78	72	444.24
Desember	0	0	0
Total	1082	1000	6168.56

Sumber: Data Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011

Berdasarkan tabel 4.1, maka didapatkan timbulan rata - rata per hari dari UPS Grogol sebesar 18.47 m³/hari.

4.3 Gambaran Umum Unit Pengolahan Sampah Permata Regency

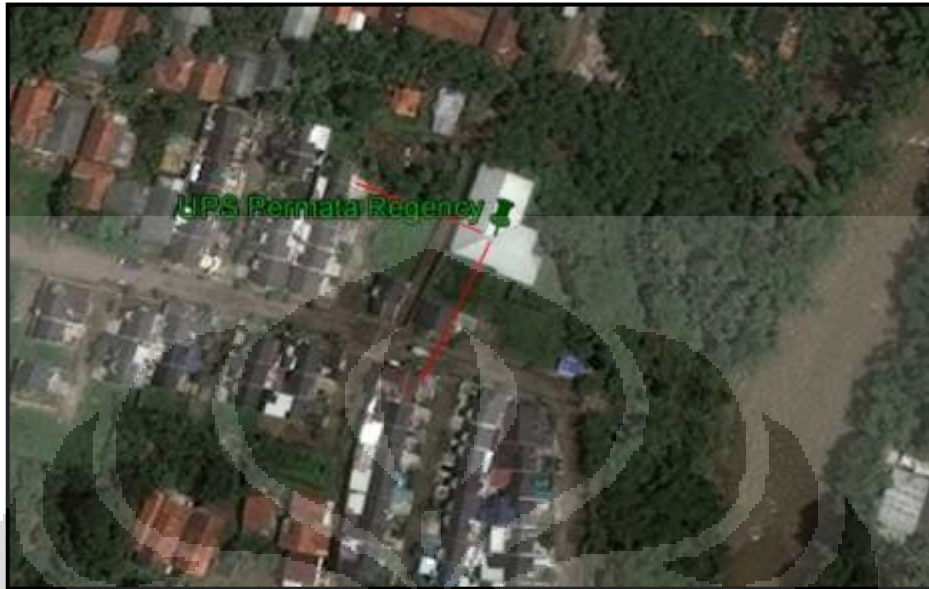
UPS Permata Regency, terletak di Perumahan Permata Regency, Jl Raya Citayam, Kelurahan Ratu Jaya, Kecamatan Cipayung. Luas tanah dan luas bangunan UPS, yaitu 540 m². Pengelola adalah Pemerintah kota Depok yang digolongkan fasilitas umum, fasilitas sosial dan beroperasi mulai April 2009. Batas-batas bangunan UPS Permata Regency:

Sebelah utara : RW 06

Sebelah barat : Perumahan Permata Regency

Sebelah timur : Sungai

Sebelah selatan : Perumahan Permata Regency



Gambar 4. 4 Tampak Atas UPS Permata Regency

Sumber : Goggle Earth, 2012

Jarak bangunan UPS dengan pemukiman terdekat sekitar 20 m sedangkan jaraknya dari TPA Cipayung yang berada di Jalan Gandaria 1, Kelurahan Ratu Jaya Kecamatan Cipayung kurang lebih 20 km. Jarak ke sungai 100 m. Jarak ke rumah penduduk terdekat 20 m. Sebagian besar penduduk Perumahan Permata Regency bekerja sebagai karyawan.



Gambar 4. 5 Tampak Depan UPS Permata Regency

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2011

Berdasarkan Laporan Unit Pengolahan Sampah (UPS) Permata Regency yang diperoleh dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DPK), Depok mulai dari bulan Januari hingga Desember 2011 besarnya timbulan sampah yang diolah UPS Permata Regency terdapat dalam tabel berikut:

Tabel 4. 2 Timbulan Sampah yang Diolah UPS Permata Regency

UPS Permata Regency			
Bulan	Volume Sampah Yang Masuk		
	Gerobak	Mobil/Truk	Volume (m ³)
Januari	442	0	418
Februari	416	0	394
Maret	416	0	394
April	438	0	415
Mei	439	0	416
Juni	330	0	312
Juli	440	0	416
Agustus	440	0	416
September	330	0	312
Oktober	440	0	416
November	419	0	396
Desember	0	0	0
Total	4550	0	4305

Sumber: Data Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011

Berdasarkan tabel 4.2, maka didapatkan timbulan rata - rata per hari dari UPS Permata Regency sebesar 12.89 m³/hari.

4.4 Gambaran Umum Unit Pengolahan Sampah Cilangkap

UPS Cilangkap terletak di Kelurahan Cilangkap, Kecamatan Tapos, Kotamadya Depok. Luas tanah yang digunakan untuk UPS ini adalah ± 1450 m² dengan status kepemilikan tanah yaitu FASOS FASUM atau milik Pemerintah Kota Depok sedangkan luas bangunannya adalah ± 500 m². Volume timbulan sampah yang masuk ke UPS sebesar 19 m³/hari. Batas - batas bangunan UPS Cilangkap:

Sebelah utara : Lahan kosong

Sebelah barat : Pemukiman

Sebelah timur : Lahan Kosong

Sebelah selatan : Pemukiman



Gambar 4. 6 Tampak Atas UPS Cilangkap

Sumber : Goggle Earth, 2012

UPS Cilangkap berada di dalam pemukiman warga, namun kondisi pemukiman di daerah ini masih sangat jarang. Kondisi umum daerah di sekitar UPS ini masih merupakan tanah – tanah kosong, ada beberapa yang digunakan untuk berkebun, beternak dan sangat sedikit yang dijadikan pemukiman warga. Sekitar ± 100 m dari UPS ini terdapat pemakaman umum yang cukup luas. UPS Cilangkap ini berada di tengah – tengah kebun luas, sehingga tidak berbatasan langsung dengan pemukiman warga. Jarak terdekat dengan pemukiman warga adalah ± 10 m. Jarak UPS Cilangkap dengan TPA Cipayung adalah ± 9 km. Jalan akses menuju UPS Cilangkap masih berupa tanah dan belum mengalami pengaspalan.



Gambar 4. 7 Tampak Depan UPS Cilangkap

Sumber : Dokumentasi Penulis, 2012

Berdasarkan Laporan Unit Pengolahan Sampah (UPS) Cilangkap yang diperoleh dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DPK), Depok mulai dari bulan Januari hingga Desember 2011 besarnya timbulan sampah yang diolah UPS Cilangkap terdapat dalam tabel berikut:

Tabel 4. 3 Timbulan Sampah yang Diolah UPS Cilangkap

UPS Cilangkap			
Bulan	Volume Sampah Yang Masuk		
	Gerobak	Mobil/Truk	Volume (m³)
Januari	467	0	189
Februari	423	0	196
Maret	356	0	165
April	473	0	210
Mei	474	0	216
Juni	432	0	196
Juli	474	0	216
Agustus	474	0	216
September	355	0	159
Oktober	473	0	210
November	355	0	159
Desember	0	0	0
Total	4756	0	2132

Sumber: Data Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok, 2011

Berdasarkan tabel 4.3, maka didapatkan timbulan rata - rata per hari dari UPS Cilangkap sebesar 6.38 m³/hari.

Universitas Indonesia

BAB 5

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Komposisi dan Timbulan Sampah *RDF*

Sampah yang masuk ke dalam UPS tidak semuanya digunakan sebagai bahan baku *RDF*. Hanya jenis sampah tertentu seperti plastik, karet, kertas, kayu, dan kain yang termasuk ke dalam jenis sampah *RDF*. Sampah tersebut lebih mudah terbakar dan memiliki nilai kalor yang tinggi jika dibandingkan dengan jenis sampah lain seperti organik, logam, elektronik dan residu.

Pengukuran komposisi sampah menggunakan metode SNI 19-3964-1994 mengenai metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan.

5.1.1 Komposisi Sampah di UPS

Pengambilan sampel di UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap dilakukan selama 8 hari dengan jumlah sampel yang diambil sebanyak 100 kg. Sampah tersebut kemudian diukur densitasnya dan selanjutnya dipilah berdasarkan komponen masing - masing. Komposisi sampah hasil pemilahan dari ketiga UPS ditunjukkan pada tabel 5.1.

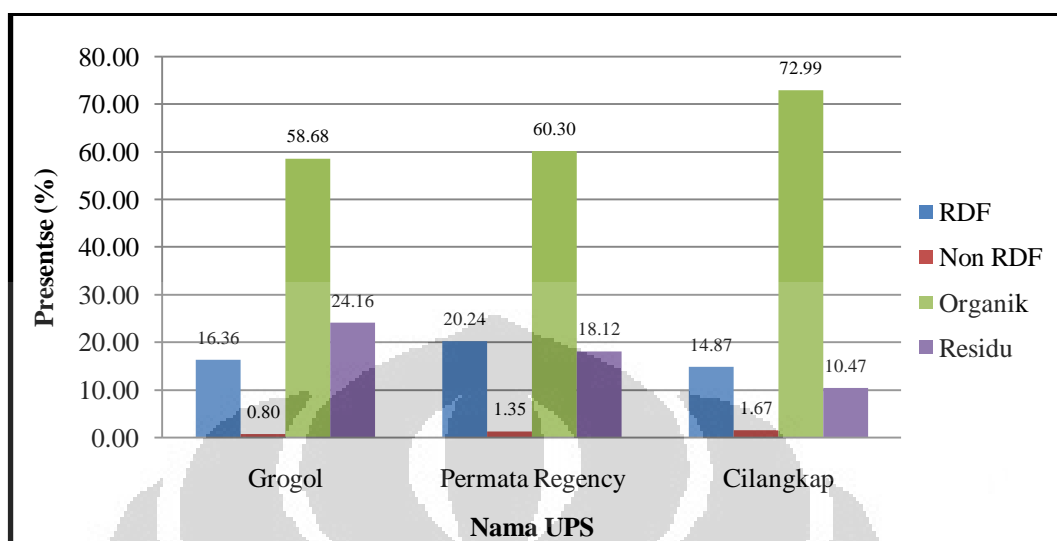
Tabel 5. 1 Komposisi Sampah UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap

Jenis Sampah		Presentase (%)		
		UPS Grogol	UPS Permata Regency	UPS Cilangkap
PLASTIK	Botol air mineral	0.03	0.08	0.19
	Emberan	0.28	0.58	0.31
	Tutup botol plastik	0.05	0.03	0.05
	Gelas Plastik	0.07	0.18	0.25
	Plastik Putih	2.30	4.22	2.78
	Plastik Kresek Warna	6.46	4.58	5.44
	Plastik Tebal	0.19	0.18	0.06
	Sachet	0.00	2.61	0.57
	Botol kosmetik, sabun	0.00	0.18	0.18
	Plastik kaca	0.05	0.01	0.01
LOGAM	Besi	0.05	0.03	0.01
	Alumunium	0.02	0.02	0.09
	Kuningan	0.00	0.00	0.00
	Kaleng	0.14	0.18	0.20
KARET	Ban	0.00	0.03	0.05
	Lain - lain	0.24	0.21	0.06
KACA	Botol Kaca	0.16	0.55	0.37
	Kaca/Beling	0.43	0.49	0.85
KERTAS	Duplex	2.12	3.53	1.94
	Putihan	1.26	0.36	0.29
	Kardus	0.93	0.69	0.58
	Kertas Majalah dan Koran	0.60	1.84	0.88
ELEKTRONIKA		0.00	0.08	0.15
KAYU		0.54	0.00	0.00
KAIN		1.24	0.92	1.34
ORGANIK		58.68	60.30	72.99
RESIDU		24.16	18.12	10.47

Sumber ; Hasil Olahan Penulis, 2012

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa setiap Unit Pengolahan Sampah (UPS) memiliki memiliki komposisi yang berbeda - beda jika dibandingkan satu sama lain. Hal ini dapat disebabkan perbedaan kondisi sosial ekonomi dari masyarakat di daerah pelayanan UPS tersebut dimana sebagian besar penduduk di sekitar UPS Grogol dan UPS Cilangkap bekeja sebagai buruh dan petani sedangkan sebagian besar penduduk UPS Permata Regency bekerja sebagai karyawan.

Berdasarkan tabel 5.1 maka dapat dibuat perbandingan komposisi sampah tiap UPS yang ditunjukkan oleh gambar 5.1



Gambar 5. 1 Grafik Perbandingan Komposisi Sampah Tiap UPS

Sumber : Hasil Olahan Penulis, 2012

Berdasarkan grafik di atas, sampah yang masuk ke UPS dibagi menjadi empat macam yaitu *RDF*, *non RDF*, organik, residu. Sampah *RDF* adalah sampah yang akan dijadikan bahan baku *Refuse Derived Fuel (RDF)* yang terdiri dari sampah plastik, kayu, karet, kain dan kertas sedangkan sampah *non RDF* adalah jenis sampah yang tidak dijadikan bahan baku *RDF* yang terdiri dari kaleng, kaca, logam dan elektronika. Sampah residu adalah sampah yang tidak dapat dimanfaatkan lagi dan dibuang ke TPA sedangkan sampah organik adalah sampah dari sisa makanan dan sampah kebun.

Klasifikasi tersebut bertujuan untuk melihat berapa besar sampah yang akan berkurang jika sampah diubah menjadi *RDF*. Baik UPS Grogol, UPS Permata Regency maupun UPS Cilangkap mempunyai kesamaan umum dalam hal komposisi sampah dimana presentase organik yang masih sangat tinggi yaitu di atas 50%. Hal ini disebabkan sebagian besar daerah pelayanan berupa pemukiman yang menghasilkan sampah dapur dan sampah kebun. Sampah organik di ketiga UPS akan diolah menjadi kompos.

Namun, terdapat perbedaan yang terlihat pada sampah *RDF* dan residu dimana untuk presentase residu tertinggi terdapat di UPS Grogol dengan presentase 24.16% dan terendah terdapat di UPS Cilangkap dengan presentase

10.47%. Untuk sampah *combustible*, UPS Permata Regency memiliki presentase terbesar dengan 20.24%, kemudian UPS Grogol dengan presentase 16.36% dan terakhir UPS Cilangkap dengan presentase 14.87%. Sampah *RDF* merupakan bahan baku pembuatan *RDF* yang terdiri dari plastik, karet, kayu, kertas, dan kain sehingga diharapkan dengan pengolahan sampah tersebut menjadi *RDF* dapat mengurangi volume sampah di UPS sebesar 14% - 18%.

Dari tabel 5.1 mengenai komposisi sampah dari ketiga UPS diambil komposisi sampah yang lebih mudah terbakar untuk dijadikan bahan baku *RDF*.

Tabel 5. 2 Komposisi Sampah *RDF* UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap

Jenis Sampah	Presentase (%)		
	UPS Grogol	UPS Permata Regency	UPS Cilangkap
Plastik	9.43	12.65	9.72
Karet	0.24	0.24	0.11
Kertas	4.91	6.42	3.69
Kayu	0.54	0	0
Kain	1.24	0.92	1.34

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Berdasarkan tabel 5.2, komposisi sampah *RDF* sebagian besar didominasi oleh sampah plastik dengan kisaran 9.43% - 12.65% terhadap jumlah sampah total. Untuk jenis sampah *RDF* lain, persentasenya berkisar antara 0 - 6.42%. Sampah kayu di UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap memiliki presentase yang sangat kecil mendekati nol. Kondisi berbeda terjadi di UPS Grogol dimana persentasenya masih cukup besar. Adanya perbedaan ini dikarenakan pada saat pemilahan tidak terdapat sampah kayu atau tercampur dengan sampah organik.

5.1.2 Timbulan Sampah UPS

Data komposisi sampah yang telah didapatkan dari ketiga UPS kemudian dikalikan dengan timbulan sampah yang masuk UPS secara keseluruhan dengan rincian dalam tabel 5.3

Tabel 5. 3 Timbulan Sampah Masuk UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap

Nama UPS	Timbulan (m³/hari)
UPS Grogol	18.47
UPS Permata Regency	12.89
UPS Cilangkap	6.38

Sumber : Data DKP Kota Depok, 2011

Oleh karena komposisi sampah *RDF* yang didapatkan per harinya relatif kecil maka sampah yang selama 5 hari dikumpulkan terlebih dahulu dan diolah pada akhir minggu. Data timbulan dalam satuan kg/minggu didapat dengan mengalikan data timbulan berupa volume dengan densitas sampah masing - masing UPS.

Tabel 5. 4 Densitas Sampah UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap

Nama UPS	Densitas (kg/m³)
UPS Grogol	260
UPS Permata Regency	180
UPS Cilangkap	185

Sumber : Hasil Olahan Penulis, 2012

Berdasarkan tabel 5.4, UPS Grogol memiliki densitas yang terbesar dengan 260 kg/m³, UPS Cilangkap memiliki densitas sebesar 185 kg/m³ dan sampah UPS Permata Regency memiliki densitas terkecil sebesar 180 kg/m³. Adanya perbedaan densitas dari setiap UPS dikarenakan adanya perbedaan kelembaban dan kadar air sampah masing - masing UPS dimana semakin tinggi kadar air sampah di suatu UPS maka akan semakin tinggi pula densitasnya. UPS Grogol memiliki seperti ditunjukkan gambar 5.2.

Hasil dari perhitungan timbulan dengan densitas akan didapatkan timbulan masing - masing jenis sampah *RDF* dari UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap dalam satuan m³/minggu dan kg/minggu.

Tabel 5. 5 Timbulan Sampah *RDF* UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap

Jenis Sampah	Timbulan (m ³ /minggu)			Timbulan (kg/minggu)		
	UPS Grogol	UPS Permata Regency	UPS Cilangkap	UPS Grogol	UPS Permata Regency	UPS Cilangkap
Plastik	8.71	8.15	3.10	2264.86	1467.53	574.12
Karet	0.22	0.16	0.04	57.62	28.29	6.48
Kertas	4.53	4.14	1.18	1178.63	744.82	218.16
Kayu	0.50	0.00	0.00	129.65	0.00	0.00
Kain	1.15	0.59	0.43	297.72	106.72	79.12
Total	15.11	13.04	4.75	3928.48	2347.36	877.88

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Tabel 5.3 dan 5.5 menunjukkan timbulan sampah yang masuk ke setiap UPS berbeda - beda dimana timbulan sampah paling besar terdapat di UPS Grogol dan yang terkecil terdapat di UPS Cilangkap. Perbedaan besar timbulan yang masuk ke UPS dipengaruhi oleh luas daerah pelayanan, jumlah masyarakat yang dilayani dan kondisi sosial ekonomi masyarakatnya.

5.2 Analisa Parameter Fisik Sampah

Parameter fisik sampah yang diukur adalah kadar air dan kadar abu. Pengukuran dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Indonesia. Pengukuran kadar air dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang terkandung dalam sampah *RDF*. Kadar air dari suatu sampah sangat mempengaruhi lamanya pemanasan dari sampah yang akan diolah menjadi *RDF* sedangkan pengukuran kadar abu dilakukan untuk mengetahui jumlah abu yang tersisa dari pembakaran.

5.2.1 Parameter Fisik Sampah di UPS Grogol

Sampel sampah diambil dari UPS Grogol. Sampah yang diambil untuk dijadikan sampel adalah plastik, kayu, karet, kain, kertas dan organik.

Tabel 5. 6 Parameter Fisik Sampah UPS Grogol

Jenis Sampah	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)
Organik	71.96	4.62
Karet	5.66	24.93
Kertas	44.00	3.22
Plastik	57.00	4.51
Kayu	60.15	0.76
Kain	56.54	4.43

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Dari tabel 5.6 dapat kita lihat, sampah organik memiliki kadar air terbesar yaitu 71.96 % dan kadar air terkecil terdapat dalam karet sebesar 5.66 %. Sampah karet menghasilkan abu yang paling banyak sebesar 24.93 % dan sampah kayu menghasilkan abu paling sedikit yaitu sebesar 0.76 %. Kadar air yang tinggi dari sampah UPS Grogol menyebabkan tingginya densitas sampah UPS Grogol jika dibandingkan dengan UPS lain.

5.2.2 Parameter Fisik Sampah di UPS Permata Regency

Sampel sampah diambil dari UPS Grogol. Sampah yang diambil untuk dijadikan sampel adalah plastik, kayu, karet, kain, kertas dan organik.

Tabel 5. 7 Parameter Fisik Sampah UPS Permata Regency

Jenis Sampah	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)
Organik	57.49	6.78
Karet	3.40	26.96
Kertas	16.76	8.57
Plastik	9.53	4.94
Kayu	14.65	2.45
Kain	0.27	1.03

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Dari tabel 5.7 dapat kita lihat, sampah organik memiliki kadar air terbesar yaitu 57.49 % dan kadar air terkecil terdapat dalam kain sebesar 0.27 %. Sampah karet menghasilkan abu yang paling banyak sebesar 26.96 % dan sampah kain menghasilkan abu paling sedikit yaitu sebesar 1.03 %.

5.2.3 Parameter Fisik Sampah di UPS Cilangkap

Sampel sampah diambil dari UPS Cilangkap. Sampah yang diambil untuk dijadikan sampel adalah plastik, kayu, karet, kain, kertas dan organik.

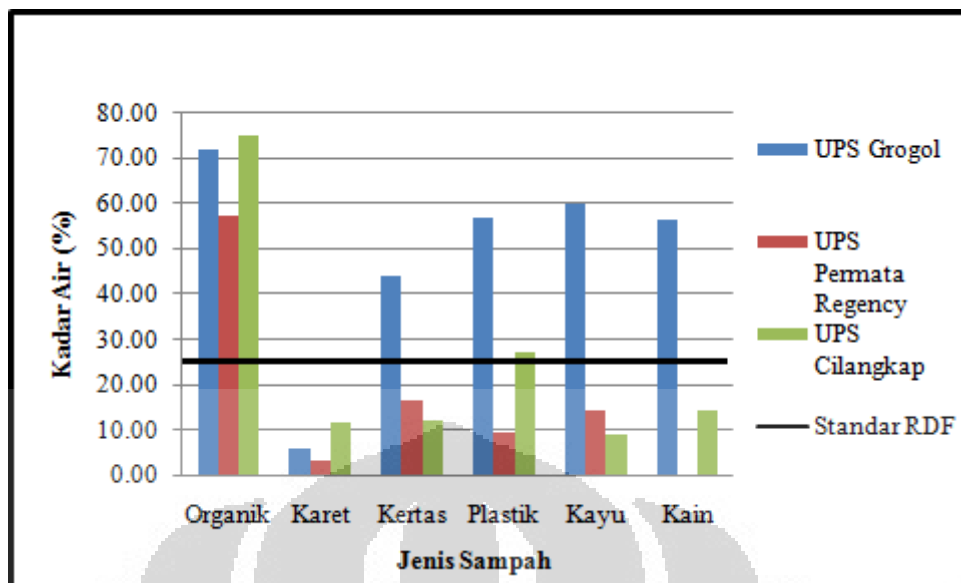
Tabel 5. 8 Parameter Fisik Sampah UPS Cilangkap

Jenis Sampah	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)
Organik	75.20	9.96
Karet	11.55	8.25
Kertas	12.05	9.98
Plastik	27.03	5.14
Kayu	8.69	2.85
Kain	14.35	0.65

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Dari tabel 5.8 dapat kita lihat, sampah organik memiliki kadar air terbesar yaitu 75.20 % dan kadar air terkecil terdapat dalam kayu sebesar 8.69 %. Sampah kertas menghasilkan abu yang paling banyak sebesar 9.98 % dan sampah kain menghasilkan abu paling sedikit yaitu sebesar 0.65 %.

Parameter fisik dari suatu jenis sampah *RDF* sangat mempengaruhi waktu, biaya, dan teknologi yang digunakan dalam mengolah sampah menjadi *RDF*. Hal ini disebabkan terdapat standar kualitas yang harus dipenuhi oleh sampah tersebut sebelum digunakan menjadi bahan bakar. Beberapa negara Eropa yang telah lama menggunakan *RDF* seperti Italia, Finlandia, dan Inggris memiliki standar kualitas *RDF* masing-masing (tercantum dalam tabel 2.4). Oleh karena itu parameter fisik sampah dari tiap UPS yang akan dijadikan bahan baku *RDF* perlu dibandingkan dengan standar (kadar air dan kadar abu) tersebut seperti dalam gambar 5.2 dan 5.3 dimana standar *RDF* yang digunakan adalah standar kualitas *RDF* dari negara Italia dengan kadar air sebesar 25% dan kadar abu sebesar 20%. Penggunaan standar dari Italia dikarenakan standarnya yang masih relatif rendah sehingga bisa disesuaikan dengan kondisi sampah di ketiga UPS.

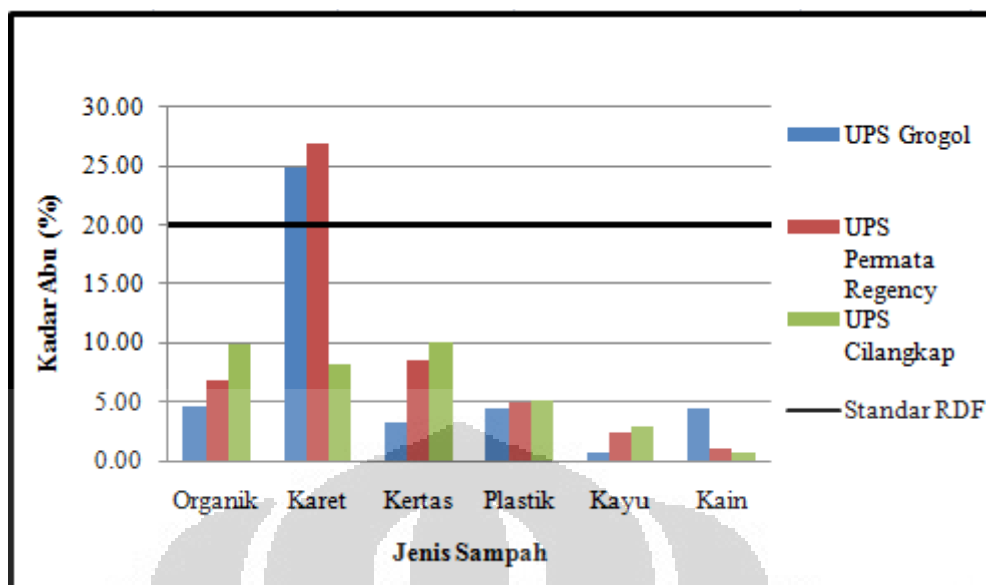


Gambar 5. 2 Grafik Perbandingan Kadar Air Sampah

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2012

Gambar 5.2 menunjukkan perbandingan kadar air setiap jenis sampah *RDF* dan sampah organik dengan standar *RDF*. Berdasarkan Gambar 5.2, sampah dengan kadar air yang tidak memenuhi standar paling banyak terdapat di UPS Grogol dimana hampir semua jenis sampahnya tidak memenuhi standar sedangkan di UPS Cilangkap hanya sampah plastik dan organik yang tidak memenuhi standar dan di UPS Permata Regency hanya sampah organik saja. Adanya perbedaan kadar air dari ketiga UPS disebabkan perbedaan lokasi UPS dan cuaca. Berdasarkan pengamatan di lapangan, bila sehari sebelum pengambilan sampel terjadi hujan maka kadar air sampah akan tinggi.

Sampah dengan kadar air yang tidak sesuai standar harus diolah terlebih dahulu sebelum dijadikan bahan bakar untuk menurunkan kadar airnya dengan cara dikeringkan atau dilakukan pencacahan ulang. Namun, sampah organik dengan kadar air yang cukup tinggi memerlukan biaya dan waktu pengolahan yang lebih lama sehingga tidak dimasukkan menjadi bahan baku *RDF* dan lebih diutamakan untuk kompos.



Gambar 5. 3 Grafik Perbandingan Kadar Abu Sampah

Sumber: Hasil Olahan Penulis, 2012

Gambar 5.3 menunjukkan perbandingan kadar abu sampah dari ketiga UPS. Berdasarkan grafik di atas, sampah dari ketiga UPS memenuhi standar kadar abu. Hanya sampah karet di UPS Grogol dan UPS Permata Regency yang tidak memenuhi standar. Hal ini disebabkan pada saat pengujian sampel masih bercampur dengan material *non combustible* yang menyebabkan tingginya kadar abu.

5.3 Analisa Potensi Nilai Kalor

Perhitungan nilai kalor sampah dalam penelitian ini berdasarkan tiga literatur yang telah melakukan penelitian mengenai nilai kalor terdahulu. Dari literatur tersebut maka nilai kalor yang didapatkan akan dijadikan sebagai nilai kalor referensi yang kemudian akan dipakai untuk menghitung nilai kalor sampah pada UPS sampel dengan komposisi yang telah didapatkan pada saat sampling. Referensi nilai kalor dapat dilihat dalam tabel 5.9 dalam satuan MJ/kg.

Tabel 5. 9 Referensi Nilai Kalor

Komponen Sampah	Referensi Nilai Kalor (MJ/kg)		
	Byeong-Kyu* (Asia)	Cheremisinoff** (Amerika)	Scholz*** (Eropa)
Plastik	33.49	33.5	32.5
Karet	30.14	23.5	11.96
Kertas	15.02	17.7	11.96
Kayu	18.42	20	5.83
Kain	21.77	32.5	11.96

Sumber : * Dong, Trang T.T. & Byeong-Kyu 2009, **Cheremisinoff 2003, ***Scholz *et al.* 2001

Ketiga referensi nilai kalor tersebut dipilih karena ketiganya mewakili karakteristik sampah di tiga benua yaitu Asia, Eropa, dan Amerika. Dari referensi nilai kalor tersebut maka akan didapatkan nilai kalor untuk setiap komponen sampah yang telah dipilah sebelumnya. Dengan mengetahui nilai kalor dan juga komposisi dari setiap komponen maka akan didapatkan nilai kalor yang dihasilkan pada masing-masing UPS yang dijadikan sampel. Potensi nilai kalor yang dapat dihasilkan dari sampah yang akan dijadikan bahan baku *RDF* di UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap tiap minggunya dicari dengan menggunakan persamaan 3.4.

Potensi nilai kalor = timbulan sampah (kg/minggu) x referensi nilai kalor (MJ/kg)

Besar potensi nilai kalor dinyatakan dalam satuan MJ/minggu karena komposisi sampah *RDF* yang didapatkan per harinya relatif kecil sehingga sampah terlebih dahulu dikumpulkan dan disimpan dan diolah pada akhir minggu. Selain itu juga dikarenakan waktu operasional UPS dimulai dari hari senin hingga jumat sedangkan pada hari sabtu hanya setengah hari.

Tabel 5. 10 Potensi Nilai Kalor UPS Grogol

Komponen Sampah	Potensi Nilai Kalor (MJ/minggu)		
	Byeong-Kyu (Asia)	Cheremisinoff (Amerika)	Scholz (Eropa)
Plastik	75850.26	75872.91	73608.05
Karet	1736.74	1354.13	689.16
Kertas	17703.01	20861.73	14096.40
Kayu	2388.16	2593.01	755.86
Kain	6481.28	9675.77	3560.68
Total	104159.45	110357.55	92710.16

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Tabel 5.10 menunjukkan total potensi nilai kalor dari UPS Grogol dari ketiga jenis referensi. Hasil perhitungan dengan menggunakan referensi Cheremisinoff menghasilkan potensi nilai kalor tertinggi sebesar 110357.55 MJ/minggu, diikuti dengan potensi nilai kalor berdasarkan referensi Byeong-Kyu sebesar 104159.45 MJ/minggu dan dengan menggunakan referensi Scholz didapatkan potensi nilai kalor terendah sebesar 92710.16 MJ/minggu.

Tabel 5. 11 Potensi Nilai Kalor UPS Permata Regency

Komponen Sampah	Potensi Nilai Kalor (MJ/minggu)		
	Byeong-Kyu (Asia)	Cheremisinoff (Amerika)	Scholz (Eropa)
Plastik	49147.46	49162.14	47694.61
Karet	852.58	664.75	338.32
Kertas	11187.26	13183.39	8908.10
Kayu	0.00	0.00	0.00
Kain	2323.35	3468.49	1276.40
Total	63510.66	66478.77	58217.43

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Tabel 5.11 menunjukkan total potensi nilai kalor dari UPS Permata Regency dari ketiga jenis referensi. Hasil perhitungan dengan menggunakan referensi Cheremisinoff menghasilkan potensi nilai kalor tertinggi sebesar 66478.77 MJ/minggu, diikuti dengan potensi nilai kalor berdasarkan referensi

Byeong-Kyu sebesar 63510.66 MJ/minggu dan dengan menggunakan referensi Scholz didapatkan potensi nilai kalor terendah sebesar 58217.43 MJ/minggu.

Tabel 5. 12 Potensi Nilai Kalor UPS Cilangkap

Komponen Sampah	Potensi Nilai Kalor (MJ/minggu)		
	Byeong-Kyu (Asia)	Cheremisinoff (Amerika)	Scholz (Eropa)
Plastik	19227.24	19232.98	18658.86
Karet	195.38	152.34	77.53
Kertas	3276.83	3861.51	2609.24
Kayu	0.00	0.00	0.00
Kain	1722.45	2571.41	946.28
Total	24421.89	25818.23	22291.91

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Tabel 5.12 menunjukkan total potensi nilai kalor dari UPS Cilangkap dari ketiga jenis referensi. Hasil perhitungan dengan menggunakan referensi Cheremisinoff menghasilkan potensi nilai kalor tertinggi sebesar 25818.23 MJ/minggu, diikuti dengan potensi nilai kalor berdasarkan referensi Byeong-Kyu sebesar 24421.89 MJ/minggu dan dengan menggunakan referensi Scholz didapatkan potensi nilai kalor terendah sebesar 22291.91 MJ/minggu.

Dari total potensi nilai kalor setiap minggunya pada tabel 5.10, tabel 5.11 dan tabel 5.12 kandungan nilai kalor per kilogram sampah dengan menggunakan persamaan 3.5.

$$\text{Kandungan Nilai Kalor} = \frac{\sum \text{potensi nilai kalor (MJ/minggu)}}{\sum \text{timbulan sampah (kg/minggu)}}$$

Hasil perhitungan potensi kandungan nilai kalor setiap UPS tercantum dalam tabel 5.13

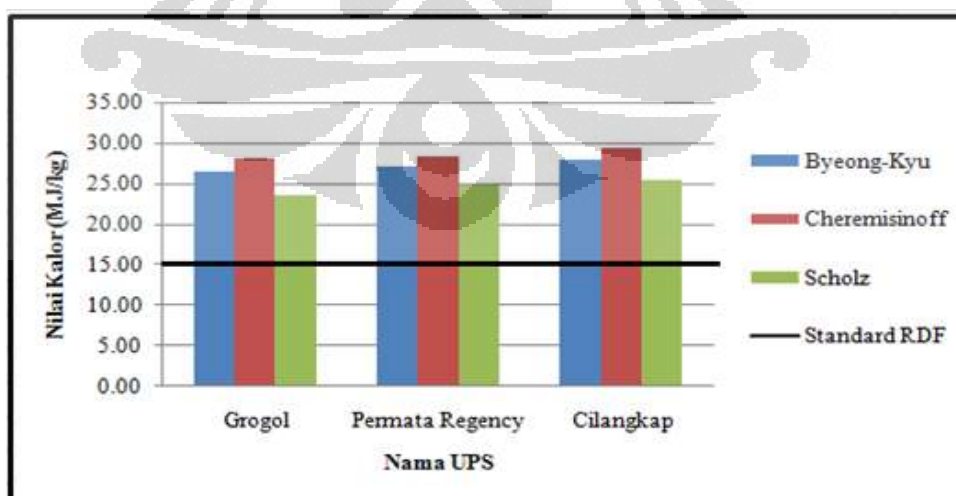
Tabel 5. 13 Potensi Kandungan Nilai Kalor Sampah UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap

UPS	Kandungan Nilai Kalor (MJ/kg)		
	Byeong-Kyu (Asia)	Cheremisinoff (Amerika)	Scholz (Eropa)
Grogol	26.51	28.09	23.60
Permata Regency	27.06	28.32	24.80
Cilangkap	27.82	29.41	25.39

Sumber: Hasil Olahan Penulis

Tabel 5.13 menunjukkan bahwa nilai kalor dari tiap referensi menghasilkan nilai yang berbeda. Perbedaan itu disebabkan jenis nilai kalor dari masing - masing referensi dan metode pengambilan data yang berbeda - beda. Nilai kalor yang digunakan oleh Byeong-Kyu adalah nilai kalor terendah dari sampah dengan metode tes *bomb calorimeter* terhadap sampah perkotaan di Korea.

Nicholas P. Cheremisinoff dalam jurnalnya menggunakan nilai kalor rata-rata dari pembangkit listrik di Amerika. Nilai kalor yang digunakan R. Scholz merupakan nilai kalor rata - rata pada sampah domestik campuran dari beberapa *incinerator* di Eropa. Nilai kalor dari ketiga referensi tersebut kemudian dibandingkan dengan standar nilai kalor minimum dari negara Italia sebesar 15 MJ/kg.



Gambar 5. 4 Grafik Perbandingan Nilai Kalor Sampah

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Ketiga referensi tersebut sebenarnya bisa digunakan sebagai referensi nilai kalor karena gambar 5.4 menunjukkan bahwa semua nilai kalor dari ketiga UPS memenuhi standar kualitas *RDF* di negara Italia Namun, referensi yang paling sesuai digunakan untuk menghitung potensi nilai kalor di Kota Depok adalah referensi dari Byeong-Kyu karena berasal dari negara Asia dan diambil dengan metode *bomb calorimeter*.

Gambar 5. 4 juga menunjukkan potensi nilai kalor terbesar berdasarkan referensi dari Byeong-Kyu hingga terendah berturut - turut dimiliki oleh UPS Grogol sebesar 104159.45 MJ/minggu, UPS Perrmata Regeancy sebesar 63510.66 MJ/minggu dan UPS Cilangkap sebesar 24421.89 MJ/minggu. Besar potensi nilai kalor sampah *RDF* dari suatu UPS sangat dipengaruhi timbulan sampah yang masuk.

5.4 Analisa Sampah Plastik

Sampah plastik yang diambil dari UPS Cilangkap diuji di Laboratorium Teknik Lingkungan UI untuk diketahui jenis polimernya. Pengujian identifikasi plastik menggunakan metode dari buku *Polymers All Around You* (Linda Woodward, 2002). Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan data sebagai berikut.

Tabel 5. 14 Hasil Identifikasi Plastik

Jenis Plastik	Alkohol	Minyak	Air	Gliserin	Nama Polimer
Plastik Warna (Kresek)	Tidak	Tidak	Ya	Ya	HDPE
Plastik Kaca	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	PS
Gelas Plastik	Tidak	Tidak	Ya	Ya	HDPE
Plastik Putih	Ya	Ya	Ya	Ya	PP
Sachet Makanan	Tidak	Tidak	Ya	Ya	HDPE
Emberan	Tidak	Tidak	Tidak	Ya	PS
Botol Plastik	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	PET
Plastik Tebal	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	PET
Kosmetik	Tidak	Tidak	Ya	Ya	HDPE
Tutup Botol	Tidak	Tidak	Ya	Ya	HDPE

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Keterangan :

Tidak : Tenggelam Ya : Mengapung

Tabel 5.14 menunjukkan hasil identifikasi dari sampah plastik yang terdapat di ketiga UPS. Sampah plastik yang termasuk ke dalam jenis HDPE adalah plastik warna (kresek), gelas plastik, sachet makanan, kosmetik dan tutup botol. Plastik kaca dan emberan termasuk jenis plastik PS. Botol plastik dan plastik tebal termasuk ke dalam jenis PET sedangkan plastik putih termasuk jenis plastik PP.

Dengan menggunakan tabel 5.14, komposisi dan timbulan dari setiap jenis sampah plastik terhadap total sampah dari UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap dapat diketahui. Komposisi sampah plastik sangat mempengaruhi potensi nilai kalor dari sampah UPS. Hal itu disebabkan sebagian besar sampah yang akan dijadikan bahan baku *RDF* merupakan sampah plastik sehingga perlu diketahui potensi energi kalor dari setiap jenis sampah plastik.

5.4.1 Komposisi Sampah Plastik di UPS

Menurut hasil pengujian identifikasi plastik di laboratorium, komposisi sampah plastik di UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap menurut jenis polimernya terdiri dari PET, HDPE, PP dan PS.

Tabel 5. 15 Komposisi Sampah Plastik UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap

Jenis Polimer	Presentase (%)		
	UPS Grogol	UPS Permata Regency	UPS Cilangkap
PET	0.22	0.26	0.25
HDPE	6.58	7.58	6.37
PP	2.30	4.22	2.78
PS	0.33	0.59	0.32

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Tabel 5.15 menunjukkan sebagian besar sampah plastik yang terdapat di ketiga UPS berupa HDPE dengan presentase berkisar antara 6.37% - 7.58%. Presentase sampah plastik dengan jenis PP hanya sekitar 2.30% - 4.22% sedangkan presentase sampah plastik jenis PET dan PS dibawah 1%.

5.4.2 Timbulan Sampah Plastik UPS

Data komposisi sampah di atas kemudian dikalikan dengan timbulan sampah yang masuk ke ketiga UPS secara keseluruhan yang tercantum dalam

Universitas Indonesia

tabel 5.5, sehingga didapatkan timbunan masing - masing jenis sampah plastik. Namun, dikarenakan jumlah sampah yang didapatkan per harinya relatif kecil bahkan ada beberapa jenis sampah plastik yang tidak ada setiap hari maka sampah selama 5 hari operasional UPS disimpan dulu dan diolah pada pada akhir minggu. Data timbunan dalam satuan kg/minggu didapat dengan mengalikan data timbunan berupa volume dengan densitas sampah masing - masing UPS yang tercantum dalam tabel 5.4.

Tabel 5. 16 Timbunan Sampah Plastik UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap

Jenis Polimer	Timbunan (m ³ /minggu)			Timbunan (kg/minggu)		
	UPS Grogol	UPS Permata Regency	UPS Cilangkap	UPS Grogol	UPS Permata Regency	UPS Cilangkap
PET	0.21	0.17	0.08	53.95	29.81	15.01
HDPE	6.08	4.89	2.03	1579.65	879.81	376.24
PP	2.12	2.72	0.89	551.39	489.59	164.18
PS	0.31	0.38	0.10	79.88	68.32	18.69
Total	8.72	8.16	3.1	2264.87	1467.53	574.12

Sumber : Hasil Olahan Penulis, 2012

Tabel 5.16 menunjukkan timbunan sampah plastik terbesar terdapat di UPS Grogol sebesar 2264.87 kg/minggu, lalu timbunan sampah plastik di UPS Permata Regency sebesar 1467.53 kg/minggu, dan timbunan terkecil terdapat di UPS Cilangkap sebesar 574.12 kg/minggu.

5.5 Analisa Potensi Nilai Kalor Sampah Plastik

Perhitungan nilai kalor sampah plastik dalam penelitian ini berdasarkan literatur yang telah melakukan penelitian mengenai nilai kalor terdahulu (tercantum di BAB II tabel 2.7). Dari literatur tersebut maka nilai kalor yang didapatkan akan dijadikan sebagai nilai kalor referensi yang kemudian akan dipakai untuk menghitung nilai kalor sampah plastik yang telah diidentifikasi pada UPS dengan komposisi yang telah didapatkan pada saat sampling.

Potensi nilai kalor yang dapat dihasilkan dari sampah UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap tiap minggunya dicari dengan menggunakan persamaan 3.4

Potensi nilai kalor = timbulan sampah (kg/minggu) x referensi nilai kalor (MJ/kg)

Timbulan dari setiap jenis sampah plastik di UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap dikalikan dengan nilai kalor dari literatur kemudian ditambahkan nilai kalor kayu, kain, karet dan kertas yang menggunakan referensi Byeong-Kyu. Besar potensi nilai kalor dinyatakan dalam satuan MJ/minggu karena jumlah sampah bahan baku *RDF* setiap harinya relatif kecil sehingga proses pengolahan sampah menjadi *RDF* dilakukan di akhir pekan setelah terlebih dahulu dikumpulkan dan disimpan.

Tabel 5. 17 Potensi Nilai Kalor UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap Setelah Identifikasi

Jenis Polimer	Nilai Kalor (MJ/minggu)		
	UPS Grogol	UPS Permata Regency	UPS Cilangkap
PET	1166.84	644.79	324.70
HDPE	31667.12	17637.37	7542.36
PP	22107.24	19629.38	6582.69
PS	3000.29	2566.38	701.99
Karet	1736.74	852.58	195.38
Kertas	17703.01	11187.26	3276.83
Kayu	2388.16	0.00	0.00
Kain	6481.28	2323.35	1722.45
Total	86250.68	54841.11	20346.4

Sumber : Hasil Olahan penulis, 2012

Dari total potensi nilai kalor setiap minggunya pada tabel 5.17 kandungan nilai kalor per kilogram sampah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.5

$$\text{Kandungan Nilai Kalor} = \frac{\sum \text{potensi nilai kalor (MJ/minggu)}}{\sum \text{timbulan sampah (kg/minggu)}}$$

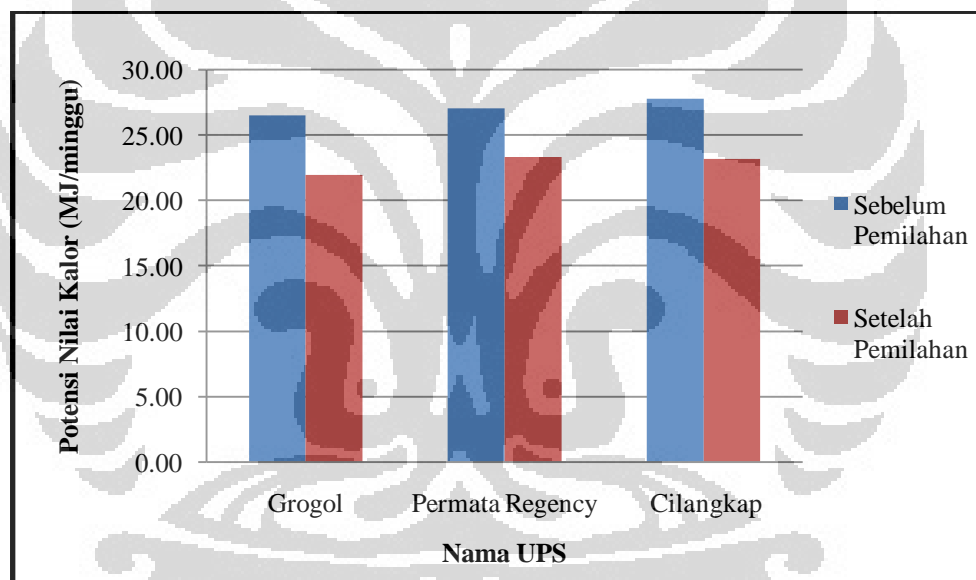
Hasil perhitungan potensi kandungan nilai kalor setiap UPS tercantum dalam tabel 5.18

Tabel 5. 18 Potensi Potensi Kandungan Nilai Kalor Sampah UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap Setelah Identifikasi

UPS	Kandungan Nilai Kalor (MJ/kg)
Grogol	21.96
Permata Regency	23.36
Cilangkap	23.18

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Untuk melihat apakah ada perubahan potensi nilai kalor sampah plastik sebelum dan setelah dilakukan identifikasi, potensi kandungan nilai kalor sampah plastik yang telah dipilah dibandingkan dengan potensi kandungan nilai kalor sampah plastik referensi Byeong-Kyu dari UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap.



Gambar 5. 5 Grafik Perbandingan Potensi Nilai Kalor

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Gambar 5.5 menunjukkan bahwa terjadi perbedaan nilai kalor per kilogram sampah dari sebelum proses pemilahan dan setelah dilakukan pemilahan sampah plastik dimana UPS Grogol mengalami penurunan potensi nilai kalor sebesar 17.19%, UPS Permata Regency menurun sebesar 13.65% dan UPS Cilangkap menurun sebesar 16.69%. Hal ini disebabkan setelah proses pemilahan sampah plastik di ketiga UPS hanya terdiri dari PET, HDPE, PS, dan PP sedangkan pada perhitungan sebelumnya atau saat sampah plastik tercampur ada sampah plastik yang memiliki nilai kalor lebih tinggi.

Potensi nilai kalor sampah yang digunakan untuk menggambarkan kondisi di ketiga UPS adalah potensi nilai kalor setelah dilakukan identifikasi. Hal itu dikarenakan lebih menggambarkan kondisi komposisi sampah yang sesungguhnya dari ketiga UPS yaitu ketika sampah plastik telah dipilah menurut jenisnya. Berdasarkan hal itu maka UPS Grogol memiliki potensi nilai kalor sebesar 86250.68 MJ/minggu atau 21.96 MJ/kg, UPS Permata Regency memiliki potensi nilai kalor sebesar 54841.11 MJ/minggu atau 23.36 MJ/kg dan UPS Cilangkap memiliki potensi nilai kalor sebesar 20346.4 MJ/minggu atau 23.18 MJ/kg.

5.6 Analisa Pemanfaatan RDF

Potensi nilai kalor dari UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap sudah sesuai dengan standar *RDF* dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Pada industri semen *RDF* dimanfaatkan untuk *cement kiln* sedangkan pada pembangkit listrik *RDF* digunakan di *boiler*. Agar dapat digunakan untuk dalam industri semen, potensi nilai kalor harus dibandingkan pada tabel 5.18 dengan persyaratan *RDF* dari industri semen.

Tabel 5. 19 Perbandingan Potensi Nilai Kalor UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap dengan Industri Semen

Nilai Kalor Indocement (MJ/kg)	Nilai Kalor UPS Grogol (MJ/kg)	Nilai Kalor UPS Permata Regency (MJ/kg)	Nilai Kalor UPS Cilangkap (MJ/kg)
> 12.56 (Normal)	21.96	23.36	23.18
12.56 - 10.47 (Moderate)			
< 10.47 (Low)			

Sumber : Hasil olahan penulis, 2012

Tabel 5.19 menunjukkan bahwa nilai kalor UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap memenuhi persyaratan *RDF* dari industri semen dalam hal ini persyaratan dari Indocemet yang terletak di Cibinong, Indonesia. Berdasarkan hasil tersebut maka, sampah ketiga UPS dapat dijadikan pengganti bahan bakar apabila dilihat dari potensi energi kalornya.

Namun, sampah dari ketiga UPS belum semuanya memenuhi standar kadar air dan kadar abu untuk dijadikan *RDF*. Sampah yang memenuhi standar *RDF* dengan kadar air sebesar 25% dan kadar abu sebesar 20% adalah sampah karet, kertas, kayu, kain di UPS Cilangkap serta sampah kertas, plastik, kayu, kain di UPS Permata Regency. Sampah UPS Grogol tidak ada yang memenuhi standar *RDF*. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat dilakukan beberapa cara diantaranya.

1. Pengeringan yang akan mengurangi kandungan air pada sampah.
2. Pemisahan dari sampah tidak mudah terbakar yang akan menurunkan kadar abu.



BAB 6 PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penghitungan dan analisis terhadap data - data yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Setiap UPS memiliki karakteristik dan komposisi sampah yang berbeda - beda.

Timbulan sampah UPS Grogol sebesar 18.47 m³/hari dengan komposisi sampah terdiri dari sampah organik sebesar 58.68% dan sampah anorganik sebesar 41.32%. Sampah UPS Grogol memiliki densitas sebesar 260 kg/m³.

Timbulan sampah UPS Permata Regency sebesar 12.89 m³/hari dengan komposisi sampah terdiri dari sampah organik sebesar 60.30% dan sampah anorganik sebesar 39.70%. Sampah UPS Permata Regency memiliki densitas sebesar 180 kg/m³.

Timbulan sampah UPS Cilangkap sebesar 6.38 m³/hari dengan komposisi sampah terdiri dari, sampah organik sebesar 72.99% dan sampah anorganik sebesar 27.01%. Sampah UPS Cilangkap memiliki densitas sebesar 185 kg/m³.

Komposisi sampah plastik di UPS Grogol, UPS Permata Regency dan UPS Cilangkap terdiri atas PET, PP, HDPE dan PS.

2. Sampah yang memenuhi standar *RDF* dengan kadar air sebesar 25% dan kadar abu sebesar 20% adalah sampah karet, kertas, kayu, kain di UPS Cilangkap serta sampah kertas, plastik, kayu, kain di UPS Permata Regency. Sampah UPS Grogol tidak ada yang memenuhi standar *RDF*.

Potensi nilai kalor sampah sebelum dan setelah dilakukan identifikasi plastik dengan menggunakan referensi nilai kalor Byeong-Kyu mengalami penurunan. Potensi nilai kalor dari UPS Grogol sebesar 86250.68 MJ/minggu atau 21.96 MJ/kg, UPS Permata Regency memiliki potensi nilai kalor sebesar 54841.11 MJ/minggu atau 23.36 MJ/kg dan UPS Cilangkap memiliki potensi

nilai kalor sebesar 20346.4 MJ/minggu atau 23.18 MJ/kg. Nilai potensi tersebut dapat digunakan pada proses pembakaran di industri semen.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengukuran potensi *RDF* di UPS lainnya di Kota Depok agar didapatkan gambaran menyeluruh dari potensi *RDF* dari sampah UPS di Kota Depok.
2. Apabila akan dijadikan *RDF*, sampah yang tidak memenuhi standar kadar air dan kadar abu perlu dikeringkan dan dipisahkan dari *non combustible matter* terlebih dahulu
3. Dalam penelitian ini nilai kalor, kadar air dan kadar abu dihitung dan diukur untuk masing masing komponen sampah. Untuk mengetahui nilai kalor, kadar air dan kadar abu apabila semua jenis sampah *RDF* telah dicampur dan diproses menjadi bahan bakar perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengukur nilai kalor sampah campuran untuk masing masing UPS.

DAFTAR PUSTAKA

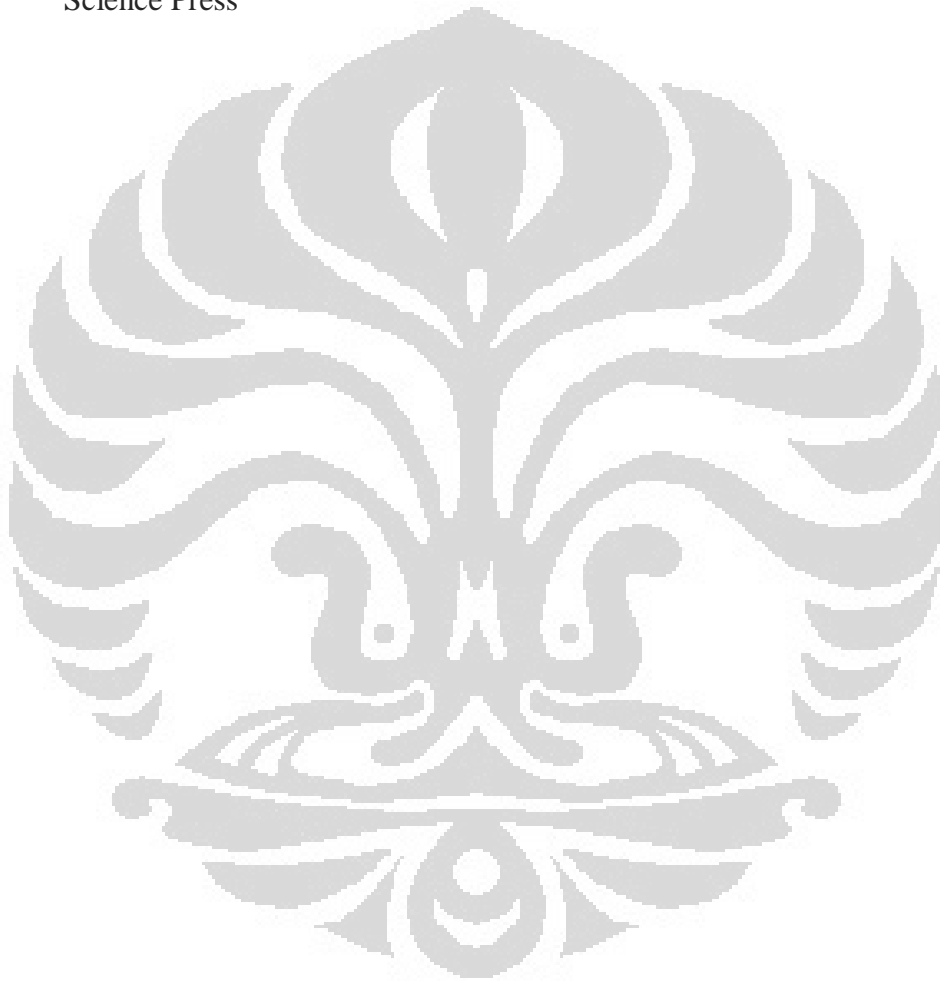
- Badan Pusat Statistik Kota Depok (2011). Depok Dalam Angka. Diakses 1 Juni 2012. dari Badan Pusat Statistik Kota Depok
<http://depokkota.bps.go.id/?q=node/43>
- Caputo, A. C. & Pelagagge, P. M. (2002). RDF production plants: I Design and costs. *Applied Thermal Engineering*, 22, 423-437.
- Cheremisinoff, Nicholas P. (2003). *Handbook of Solid Waste Management and Waste Minimization Technologies*. Burlington : Elsevier Science
- Damanhuri, E., dan Padmi, T. (2010). *Diktat Pengelolaan Sampah*. Bandung: Program Studi Teknik Lingkungan ITB
- Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok (2007). *Data Timbulan Sampah Kota Depok Tahun 2007*. Diakses 1 Desember 2011 dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok <http://dkp.depok.go.id/>
- Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok (2011). *Data Timbulan Sampah Kota Depok Tahun 2011*. Didapat dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok
- Dong, Trang T.T. & Lee, Byeong-Kyu. (2009). Analysis of potential RDF resources from solid waste and their energy values in the largest industrial city of Korea. *Waste Management*, 29, 1725-1731.
- ETSU (1993). *Assessment of d-RDF Processing Costs*. London : Aspinwall and Company Ltd. Department of Trade and Industry.

- Gendebien, A., Leavens, A., Blackmore, K., Godley, A., Lewin, K., Whiting, K. J., et al. (2003). *Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspectives Final Report*. European Commission.
- Liu, G. Q., Itaya, Y., Yamazaki, R., Mori, S., Yamaguchi, M. & Kondoh, M. (2001). Fundamental study of the behavior of chlorine during the combustion of single RDF. *Waste Management*. 21, 427-433.
- Lockwood, F. C. & Ou, J. J. (1993). Burning refuse-derived fuel in a rotary cement kiln *Journal of Power and Energy*, 207 (1), 65-70.
- Manser A.G.R., and Keeling A.A. (1996) *Practical Handbook of Processing and Recycling Municipal Waste*. New York : Lewis Publishers.
- McDougall, F., White, P., Franke, F., Hindle, P. (2001). *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory*. Oxford : Blacwell Science.
- Penn State Agricultural College Agricultural and Biological Engineering and Council for Solid Waste Solutions, Garth, J. and Kowal, P. *Resource Recovery, Turning Waste into Energy*, University Park, PA, 1993.
- PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk (2012). *Pemanfaatan RDF di Indocement*. Didapat dari Presentasi PT Indocement Tunggal Prakarsa Tbk
- Scholz, R., Beckmann, M. & Schulenburg F. (2001) *Waste treatment in thermal procedures*. Stuttgart : Teubner Publishing House Company.
- Sugiyono, 2009, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*, Bandung : Alfabeta
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, Samuel A. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. New York: McGraw-Hill.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, Samuel A. (2002). *Handbook of Solid Waste Management*. New York : McGraw-Hill.

Utah State University Recycling Center Frequently Asked Questions. Published at <http://www.usu.edu/recycle/faq.htm> diakses Desember 2006.

Woodward, L., Sarquis, M. (2002). *Polymers All Around You*. Miami : Terrific Science Press



**Lampiran 1 Pengukuran Parameter Fisik dan Komposisi
Sampah**



1.1 Pengukuran Kadar Air

Pemeriksaan kadar air yang dilakukan dalam penelitian ini berdasarkan SNI 03-1971-1990 tentang Metode Pengujian Kadar Air Agregat.

1.1.1 Maksud dan Tujuan

Metode ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air agregat. Tujuan pengujian adalah untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat.

1.1.2 Peralatan

Peralatan yang dipakai dalam pengujian kadar air adalah sebagai berikut :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % berat contoh;
2. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$;
3. Cawan yang terbuat dari keramik.

1.1.3 Cara Pengujian

Urutan proses pengujian adalah sebagai berikut :

1. Timbang dan catatlah berat cawan (W_1);
2. Masukkan benda uji ke dalam cawan kemudian timbang dan catat beratnya (W_2);
3. Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$);
4. Keringkan benda uji beserta dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap;
5. Setelah kering timbang dan catat berat benda uji beserta talem (W_4);
6. Hitunglah berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$).

1.2 Pengukuran Kadar Abu

Prosedur pengukuran kadar abu dilakukan berdasarkan ASTM E 830-87 mengenai Metode Pengukuran Kadar Abu Sampel *Refuse Derived Fuel (RDF)*.

1.2.1 Tujuan

Menentukan kadar abu dari contoh sampah *Refuse Derived Fuel (RDF)*.

1.2.2 Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 % berat contoh;

2. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$;
3. Cawan yang terbuat dari keramik.

1.2.3 Cara Pengujian

Urutan proses pengujian adalah sebagai berikut :

1. Timbang dan catatlah berat cawan yang berisi sampel yang telah dipanaskan selama 1 jam dalam suhu $575 \pm 25^{\circ}\text{C}$ di dalam *furnace*
2. Masukkan cawan ke dalam *furnace* dan dipanaskan selaman 7 menit dalam suhu 950°C
3. Kemudian masukkan ke dalam desikator
4. Setelah suhunya turun catat berat dari sampel.

1.3 Pengukuran Komposisi Sampah

Pengukuran komposisi sampah beserta berat jenisnya di UPS mengacu kepada SNI 19-3964-1994 mengenai metode pengambilan dan pengukuran contoh timbulan dan komposisi sampah perkotaan.

1.3.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam melakukan sampling komposisi sampah yaitu :

- Alat pengukur volume sampel berupa kotak berukuran 50 cm x 50 cm x 100 cm
- Timbangan (0-5) kg dan (0-100) kg
- Perlengkapan berupa alat pemindah (seperti sekop)
- Sarung tangan, masker dan peralatan K3 lainnya
- Meteran untuk mengukur tinggi sampah dalam kotak sampling

1.3.2 Cara Kerja

Sampling dilakukan selama 8 hari. Langkah - langkah dalam melakukan sampling komposisi sampah meliputi :

1. Contoh sampah dari masing-masing gerobak yang datang ke UPS diambil dengan perbandingan yang sama hingga mendapatkan sampah sebanyak 100 kg.

2. Sampah tersebut dimasukkan ke dalam kotak sampling berukuran 50 cm x 50 cm x 100 cm.
3. Kotak sampling dihentakkan 3 kali dengan mengangkat kotak setinggi 20 cm, lalu menjatuhkannya ke tanah untuk mendapatkan densitas yang standar.
4. Mengukur besar sampah yang menyusut dengan menggunakan meteran.
5. Menghitung dan mencatat volume sampah.
6. Memilah contoh berdasarkan komponen komposisi sampah.

Setelah langkah pengerjaan pengukuran densitas sampah, langkah pengukuran komposisi adalah sebagai berikut:

- a. Sampel dipilah berdasarkan komponen komposisi sampah. Komponen komposisi sampah adalah sebagai berikut:
 - Plastik (botol air mineral, gelas plastik, emberan botol minuman berwarna atau polos, emberan botol sampo, emberan botol oli, emberan botol bekas obat-obatan, emberan bekas peralatan rumah tangga, emberan tutup botol plastic, plastik putih kresek, plastik kresek warna, plastik tebal, plastik kaca)
 - Logam (aluminium, kuningan, tembaga)
 - Karet (ban, lainnya)
 - Kaca (botol kaca, kaca/beling)
 - Kertas (duplex, kardus, putihan, kertas majalah, kertas koran)
 - Elektronik (komponen, CD)
 - Kaleng
 - Styrofoam
 - Pampers dan Pembalut
 - Sachet Makanan
 - Kain
 - Residu
- b. Menimbang masing-masing berat komponen komposisi sampah dengan menggunakan timbangan.
- c. Mencatat masing-masing berat komponen komposisi sampah.



Lampiran 2 Metode Identifikasi Sampah Plastik

Identifikasi Plastik

Untuk mengidentifikasi sampah plastik di UPS berdasarkan jenis polimernya digunakan metode identifikasi plastik dari buku *Polymers All Around You* (Linda Woodward, 2002).

2.1 Tujuan

Untuk mengidentifikasi enam macam polimer plastik yang telah didaur ulang oleh pengukuran karakteristik fisik dan kimia.

2.2 Material

- Sampel setiap jenis plastik yang telah dipotong dalam ukuran yang sama
- Isopropanol
- Minyak sayur
- Gliserin
- Air
- Cangkir kecil atau karton telur untuk menahan potongan plastik
- Stik es krim

Pilihan :

Air panas

2.3.A Prosedur

- 1) Kumpulkan setiap sampel dari 6 jenis plastik dalam tabel
- 2) Potong setiap plastik dalam ukuran yang sama
- 3) Buat larutan dengan komposisi 3 bagian isopropanol dan 2 bagian air dan isi cangkir atau penahan telur hingga setengah dan beri label
- 4) Isi setengah cangkir lagi dengan minyak sayur, air dan gliserin dan beri label tiap tiap wadah
- 5) Letakkan potongan plastik ke dalam tiap larutan. Jika tidak segera tenggelam, tekan supaya turun dengan menggunakan stik es krim dan amati hingga berhenti bergerak
- 6) Catat plastik yang tenggelam atau mengapung dan jenis larutannya
- 7) Ulangi langkah 5 dan 6 dengan sampel plastik yang lain
- 8) Gunakan bagan untuk menjelaskan identitas sampel plastik
- 9) Bila PET dan PVC memberikan hasil yang sama maka kedua sampel tersebut harus dibengkokkan. PVC akan memuih bila dibengkokkan tapi PET tidak

Universitas Indonesia

- 10) Seluruh potongan plastik dibuang dalam wadah daur ulang dan seluruh larutan dibuang ke wastafel

Tes lain untuk mengetahui perbedaan PET dan PVC

- 2) Panaskan air, dan jaga pada kondisi mendidih
- 3) Gunakan penjepit atau tang, tahan potongan plastik dalam air mendidih selama 30 detik
- 4) PET memiliki titik pelunakan yang relatif rendah dan akan menunjukkan beberapa reaksi terhadap air mendidih
- 5) Hati-hati tekan tekuk atau tarik potongan plastik antara jari-jari Anda untuk melihat apakah melunak setelah itu pindahkan dari air

2.3.B Prosedur Alternatif

Selain prosedur di atas dapat juga menggunakan jar atau botol tinggi dan sempit yang berisi cairan dengan urutan sebagai berikut: gliserin, air sedikit berwarna, alkohol/campuran air yang telah diwarnai, Mazola atau minyak jagung. Sampel dijatuhkan ke dalam botol. Sampel plastik akan melayang atau tenggelam pada cairan tertentu bergantung dengan kepadatan atau densitas plastik tersebut

Tabel 1 1 Tabel Densitas Plastik

Jenis Plastik yang Mengambang	Alkohol	Minyak Sayur	Air	Gliserin
PET	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
HDPE	Tidak	Tidak	Ya	Ya
PVC	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak
LDPE	Ya	Tidak	Ya	Ya
PP	Ya	Ya	Ya	Ya
PS	Tidak	Tidak	Tidak	Ya



Lampiran 3 Tabel Komposisi Sampah di UPS

UPS Grogol					
KOMPOSISI SAMPAH		Berat (gr)			
		Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4
PLASTIK	Botol air mineral	10	0	0	0
	Emberan	80	480	50	365
	Tutup botol plastik	0	60	0	40
	Gelas Plastik	0	0	0	100
	Plastik Kresek hitam dan warna	980	6200	8000	8600
	Plastik Putih	0	0	0	5000
	Plastik Tebal	380	20	255	300
	Plastik Kaca	300	80	0	0
LOGAM	Besi	0	0	0	100
	Aluminium	0	0	0	0
	Kuningan	0	0	0	0
	Kaleng	0	140	100	70
KARET	Ban	0	0	0	0
	Lainnya	0	1040	125	200
KACA	Botol Kaca	0	0	0	0
	Kaca/Beling	100	1000	260	0
KERTAS	Duplex	1600	480	3000	0
	Putihan	0	0	0	20
	Kardus	1000	0	0	6000
	Kertas Koran dan Majalah	0	2460	0	20
KAYU		260	1960	275	450
KAIN		180	1440	175	2300
ORGANIK		61800	55200	61000	58000
RESIDU		32250	28500	29900	19500
Total		98940	99060	103140	101065

UPS Grogol					
KOMPOSISI SAMPAH		Berat (gr)			
		Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8
PLASTIK	Botol air mineral	220	0	0	50
	Emberan	555	560	0	200
	Tutup botol plastik	55	30	25	200
	Gelas Plastik	110	50	150	150
	Plastik Kresek hitam dan warna	7400	10100	5750	5000
	Plastik Putih	900	2400	5200	5000
	Plastik Tebal	0	250	325	0
	Plastik Kaca	10	0	0	0
LOGAM	Besi	315	0	0	0
	Alumunium	10	125	0	0
	Kuningan	0	0	0	0
	Kaleng	150	270	200	200
KARET	Ban	0	0	0	0
	Lainnya	20	60	500	0
KACA	Botol Kaca	220	0	300	750
	Kaca/Beling	40	1050	600	400
KERTAS	Duplex	4000	3500	4500	0
	Putihan	610	30	0	9500
	Kardus	0	500	0	0
	Kertas Koran dan Majalah	1125	1200	0	0
KAYU		450	0	450	500
KAIN		210	2700	1500	1500
ORGANIK		66700	59000	59000	52000
RESIDU		15000	19225	23500	26750
Total		98100	101050	102000	102200

UPS Permata Regency					
KOMPOSISI SAMPAH		Berat (gr)			
		Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4
PLASTIK	Botol air mineral	25	110	250	85
	Emberan	500	450	400	1000
	Tutup botol plastik	20	0	50	85
	Gelas Plastik	100	750	180	100
	Plastik Putih	3900	3500	7800	4350
	Plastik Kresek Warna	5750	3800	1800	3400
	Plastik Tebal	0	900	0	0
	Sachet	1500	2750	3800	2300
	Botol kosmetik, sabun, shampoo	55	150	180	15
	Plastik Kaca	0	50	0	0
LOGAM	Besi	55	50	0	0
	Alumunium	0	75	0	10
	Kuningan	0	0	0	0
	tembaga	0	0	0	0
KARET	Ban	0	0	270	0
	Lain-lain	0	0	0	0
KACA	Botol Kaca	0	0	1000	0
	Kaca/Beling	570	1300	0	700
KERTAS	Duplex	1050	3000	6000	3200
	Putihan	0	200	150	775
	Kardus	1350	0	0	800
	Kertas Majalah	140	0	0	0
	Kertas Koran	1550	2800	500	2600
ELEKTRONIKA		40	150	0	25
KALENG (PK)		0	250	270	155
ORGANIK		59800	60100	64800	62300
KAIN		610	850	0	0
RESIDU		18675	18100	17500	17500
Lain-lain		300	0	0	0
Total		95990	99335	104950	99400

UPS Permata Regency					
KOMPOSISI SAMPAH		Berat (gr)			
		Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8
PLASTIK	Botol air mineral	0	135	40	0
	Emberan	500	600	0	1210
	Tutup botol plastik	20	70	0	0
	Gelas Plastik	100	190	50	0
	Plastik Putih	3600	3800	3600	3200
	Plastik Kresek Warna	5900	4600	5800	5600
	Plastik Tebal	30	0	280	200
	Sachet	1800	4100	2200	2400
	Botol kosmetik, sabun, shampoo	845	150	40	0
	Plastik Kaca	0	0	0	0
LOGAM	Besi	0	0	50	50
	Alumunium	0	40	20	0
	Kuningan	0	0	0	0
	tembaga	0	0	0	0
KARET	Ban	0	0	0	0
	Lain-lain	0	0	1400	280
KACA	Botol Kaca	300	1360	1140	600
	Kaca/Beling	0	0	1310	40
KERTAS	Duplex	4200	3150	4000	3600
	Putihan	300	300	350	800
	Kardus	2000	500	900	0
	Kertas Majalah	0	0	30	0
	Kertas Koran	1400	1100	2000	2600
ELEKTRONIKA		30	80	280	50
KALENG (PK)		200	270	100	210
ORGANIK		61000	58200	61000	55000
KAIN		0	450	3600	1850
RESIDU		23000	20000	11800	18000
Lain-lain		0	0	0	0
Total		105225	99095	99990	95690

UPS Cilangkap					
KOMPOSISI SAMPAH		Berat (gr)			
		Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4
PLASTIK	Botol air mineral	50	25	350	95
	Emberan	60	490	675	50
	Tutup botol plastik	40	25	60	50
	Gelas Plastik	625	130	350	200
	Plastik Putih	1835	3000	7000	940
	Plastik Kresek Warna	6000	7000	7000	5440
	Plastik Tebal	35	70	150	55
	Sachet	0	0	125	550
	Botol kosmetik, sabun	190	95	70	170
	Plastik Kaca	20	0	0	30
LOGAM	Besi	0	0	0	5
	Alumunium	0	25	200	5
	Kuningan	0	0	0	0
	tembaga	0	0	0	0
KARET	Ban	0	80	0	0
	Lain - lain	50	0	125	0
KACA	Botol Kaca	580	0	0	720
	Kaca/Beling	830	775	1400	250
KERTAS	Duplex	3900	2000	2400	875
	Putihan	0	470	700	330
	Kardus	0	795	700	5
	Kertas Majalah	0	0	150	0
	Kertas Koran	0	1500	1000	940
ELEKTRONIKA		40	200	150	5
KALENG (PK)		250	225	500	150
ORGANIK		79700	71800	65000	69960
KAIN		1875	3000	750	350
RESIDU		8950	11000	10000	11480
Lain-lain		50	10	240	10
Total		105080	102715	99095	92665

UPS Cilangkap					
KOMPOSISI SAMPAH		Berat (gr)			
		Hari 5	Hari 6	Hari 7	Hari 8
PLASTIK	Botol air mineral	280	50	210	420
	Emberan	380	200	340	220
	Tutup botol plastik	0	5	74	100
	Gelas Plastik	280	70	80	200
	Plastik Putih	1700	1780	3000	2400
	Plastik Kresek Warna	5200	4700	3000	4000
	Plastik Tebal	110	80	0	0
	Sachet	750	500	300	2200
	Botol kosmetik, sabun	40	5	0	0
	Plastik Kaca	0	0	0	0
LOGAM	Besi	0	0	50	50
	Alumunium	10	10	0	450
	Kuningan	0	0	0	0
	Tembaga	0	0	0	0
KARET	Ban	40	0	0	260
	Lain - lain	0	0	300	0
KACA	Botol Kaca	600	0	370	590
	Kaca/Beling		990	1250	1100
KERTAS	Duplex	1700	790	1200	2250
	Putihan	110	290	0	375
	Kardus	2280	0	200	560
	Kertas Majalah	0	0	0	0
	Kertas Koran	900	1190	600	565
ELEKTRONIKA		450	50	80	220
KALENG (PK)		60	50	300	0
ORGANIK		68700	68300	72000	73000
KAIN		400	3000	110	940
RESIDU		8800	12700	9800	8200
Lain-lain		100	210	0	0
Total		92890	94970	93264	98100

Lampiran 4 Gambar - Gambar Pengambilan Data



4.1 Pengukuran Komposisi Sampah di UPS



Gambar 4.1 Kotak yang digunakan saat sampling



Gambar 4.2 Proses pemilahan sampah



Gambar 4.3 Sampah plastik hasil pemilahan

4.2 Pengujian Parameter Fisik di Laboratorium



Gambar 4.4 Sampel sampah karet hasil pengukuran kadar air dan kadar abu



Gambar 4.5 Sampel sampah kertas hasil pengukuran kadar air dan kadar abu

4.3 Pengujian Identifikasi Plastik



Gambar 4.6 Larutan yang digunakan dalam pengujian