



UNIVERSITAS INDONESIA

**POTENSI SAMPAH TPA CIPAYUNG
SEBAGAI BAHAN BAKU *REFUSE DERIVED FUEL* (RDF)**

SKRIPSI

ANUGRAH JUWITA SARI

08 06 33 85 44

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**POTENSI SAMPAH TPA CIPAYUNG
SEBAGAI BAHAN BAKU *REFUSE DERIVED FUEL* (RDF)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

ANUGRAH JUWITA SARI

08 06 33 85 44

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**THE POTENTIAL OF SOLID WASTE IN TPA CIPAYUNG
AS REFUSE DERIVED FUEL (RDF) RAW MATERIAL**

FINAL REPORT

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

ANUGRAH JUWITA SARI

08 06 33 85 44

**FACULTY OF ENGINEERING
ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
DEPOK
JUNE 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 : Anugrah Juwita Sari

NPM : 0806338544

Tanda Tangan : 

Tanggal : 15 Juni 2012

STATEMENT OF AUTHENTICITY

I declare that this final report of one of my my own research,
and all of the references either quoted or cited here
have been mentioned properly.

Name : Anugrah Juwita Sari

Student ID : 0806338544

Signature : 

Date : June 15, 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Anugrah Juwita Sari
NPM : 0806338544
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Potensi Sampah TPA Cipayung Sebagai Bahan Baku *Refuse Derived Fuel* (RDF)

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 : Prof. Dr. Ir. Soelistiyoweni W. (.....)
Dipl., S.E., S.KM.

Pembimbing 2 : Evy Novita Z. S.T., M.Si. (.....)

Penguji 1 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono S.E., M.Eng. (.....)

Penguji 2 : Ir. Gabriel S. Boedi Andari Kristanto (.....)
M.Eng., PhD.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 15 Juni 2012

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report submitted by:

Name : Anugrah Juwita Sari
Student ID : 0806338544
Study Program : Environmental Engineering
Thesis Title : The Potential of Solid Waste in TPA Cipayung as
Refuse Derived Fuel (RDF) Raw Material

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 1 : Prof. Dr. Ir. Soelistiyoweni W. (.....)
Dipl., S.E., S.KM.

Advisor 2 : Evy Novita Z. S.T., M.Si. (.....)

Examiner 1 : Dr. Ir. Djoko M. Hartono S.E., M.Eng. (.....)

Examiner 2 : Ir. Gabriel S. Boedi Andari Kristanto (.....)
M.Eng., PhD.

Defined in : Depok

Date : June 15, 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. Ibu Prof. Dr. Ir. Soelistiyoweni W. Dipl. S.E., S.KM. selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai.
2. Ibu Evy Novita Z. S.T., M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai.
3. Mbak Licka Kamadewi dan Mbak Sri Diah H.S. selaku laboran Program Studi Teknik Lingkungan yang bersedia meluangkan waktunya untuk memberi pengarahan, diskusi, dan masukan.
4. Nur Harini selaku ibuku, Hesti Wahyu Wilujeng selaku adikku, dan Saudara-saudaraku yang lain 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. Kepala UPT dan seluruh staf TPA Cipayung yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di TPA Cipayung.
7. Annisaa Nurbaiti dan Raden Ayu Maryam, teman-temanku yang telah bersedia menjadi pendengar keluh kesah dan pemberi nasihat, semangat, serta dukungan dari awal pengerjaan hingga skripsi ini selesai.
8. Fiona Anindita, teman se-bimbingan yang selalu memberi dukungan dan bantuan selama penelitian dan pengerjaan skripsi ini hingga skripsi ini selesai.
9. Afimonika yang selalu memberikan dukungan hingga skripsi ini selesai dan telah bersedia meminjamkan mobilnya untuk membawa peralatan sampling.

10. Nurul Madina, Arif Prima, Aisha Sean J., Yudithia, Wisnu Rahardian yang selalu memberikan dukungan hingga skripsi ini selesai.
11. Amirul Mukminin dan Argo Baskoro yang telah bersedia meminjamkan motornya dan menemani *sampling* pada hari pertama.
12. Akbar Pratama yang telah bersedia menemani *sampling* pada hari-hari berikutnya hingga selesai.
13. M. Satrio Pratomo dan Caysa Ardi Bimantara yang telah bersedia membantu selama pemeriksaan di laboratorium.
14. Satria Eka Permana yang selalu memberikan nasihat, saran, semangat, dan dukungan dari awal pengerjaan hingga skripsi ini selesai.
15. Amelia Edriani, Widya Puspita Wati, Getfy Gita, Ahmad Haris, dan Ahmad Afwan yang selalu menghibur dan memberi dukungan hingga skripsi ini selesai.
16. Teman-teman Program Studi Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia angkatan 2008 yang telah memberikan semangat dan dukungannya.
17. Pegawai Sekretariat Teknik Sipil Universitas Indonesia.
18. Semua pihak yang telah banyak membantu menyelesaikan skripsi.

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

Depok, 8 Juni 2012

Penulis

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

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

Nama : Anugrah Juwita Sari
NPM : 0806338544
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Jenis Karya : Skripsi

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

Potensi Sampah TPA Cipayung Sebagai Bahan Baku *Refuse Derived Fuel* (RDF)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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 : 15 Juni 2012
Yang menyatakan



(Anugrah Juwita Sari)

STATEMENT OF AGREEMENT
OF FINAL REPORT PUBLICATION FOR ACADEMIC PURPOSES

As a civitas academic of Universitas Indonesia, I, the undersigned:

Name : Anugrah Juwita Sari
Student ID : 0806338544
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-eksklusif Royalty-Free Right** for my scientific work entitled:

The Potential of Solid Waste in TPA Cipayang as Refuse Derived Fuel (RDF) Raw Material

together with the entire documents (if necessary). With the Non-exclusive Royalty-Free Right, Universitas Indonesia has right to store, convert manage in the form of database, keep and publish 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 : June 15, 2012
The Declarer



(Anugrah Juwita Sari)

ABSTRAK

Nama : Anugrah Juwita Sari
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Potensi Sampah TPA Cipayung Sebagai Bahan Baku
Refuse Derived Fuel (RDF)

Komposisi sampah TPA Cipayung terdiri dari 11,972% komponen plastik. Pada kenyataannya tidak semua sampah plastik dapat diproses, hanya sampah plastik dengan kondisi baik yang dapat didaur ulang. Dengan demikian, sampah yang akan ditimbun di TPA Cipayung banyak mengandung komponen yang sulit terurai seperti plastik. Pemanfaatan sampah TPA Cipayung sebagai *refuse derived fuel (RDF)* akan mengurangi beban TPA Cipayung dan memperpanjang umur tampung sampah. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut apakah sampah TPA Cipayung berpotensi sebagai bahan baku RDF. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui untuk komposisi dan karakteristik fisik dan kimia sampah TPA Cipayung dan besarnya potensi energi dari sampah TPA Cipayung serta potensi sampah di TPA Cipayung yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku RDF.

Karakteristik fisik yang diteliti adalah berat jenis. Karakteristik kimia yang diteliti adalah kadar air, kadar volatil, kadar abu, dan nilai kalori (*calorific value*). Karakteristik kimia yang diteliti mengacu kepada analisis proksimat yaitu analisis untuk komponen *combustible* dalam sampah. Metode pengujian kadar air mengacu pada SNI 03-1971-1990, kadar volatil mengacu pada *Standard Method* 2540 E dan kadar abu mengacu pada ASTM E 830-87. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi sampah TPA Cipayung terdiri atas 28,475% plastik; 4,275% kertas dan karton; 3,938% tekstil; 0,676% karet dan kulit; 1,619% kayu; 0,468% kaca; 0,115% logam; 6,050% *diapers* dan pembalut; 54,014% organik; dan 0,371% lain-lain. Potensi energi sampah TPA Cipayung (komponen *combustible*) sebesar 3.576,99-4.787,10 kCal/kg dan sampah di TPA Cipayung yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku RDF secara berurut dari yang memiliki nilai kalori terbesar adalah karet dan kulit dengan nilai kalori 6.992 kCal/kg, plastik dengan nilai kalori 5.491,5 kCal/kg, kayu dengan nilai kalori 3.075,5 kCal/kg, tekstil dengan nilai kalori 2.616 kCal/kg, dan kertas dan karton dengan nilai kalori 2.402,5 kCal/kg. Namun, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kadar air sampah cukup tinggi, yaitu sebesar 51,18%, sehingga perlu dilakukan *pre-treatment* untuk mengurangi kandungan air dalam sampah untuk meningkatkan kualitas sampah dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku RDF.

Kata Kunci:

Sampah, TPA Cipayung, plastik, kertas, karet, kayu, tekstil, *refuse derived fuel (RDF)*, kadar air, kadar volatil, kadar abu, nilai kalori (*calorific value*).

ABSTRACT

Name : Anugrah Juwita Sari
Study Program : Environmental Engineering
Title : The Potential of Solid Waste in TPA Cipayung as Refuse
Derived Fuel (RDF) Raw Material

Solid waste in TPA Cipayung consists of 11,972% plastic. In fact, not all plastic waste can be processed, only those which have good quality which can be recycled. It causes solid waste in TPA Cipayung consists of non-biodegradable components, such as plastic. Solid waste can be utilized as refuse derived fuel (RDF) that can reduce the amount of the loading to TPA Cipayung and extend the using time of TPA Cipayung. It needs to be determined whether the solid waste of TPA Cipayung can be used as RDF's raw material. Therefore, the goal of this study are to determine the composition, physical and chemical properties and energy potential of solid waste at TPA Cipayung and also the potential of solid waste at TPA Cipayung that can be used as RDF raw material.

This study determines the physical and chemical properties of solid waste; those are density, moisture, volatile, and ash content, and also calorific value. The chemical properties refer to proximate analysis which is the analysis for the combustible components of solid waste. The testing method of moisture, volatile, and ash content based on SNI 03-1971-1990, *Standard Method* 2540 E, and ASTM E 830-87 respectively. This results show that solid waste at TPA Cipayung contains 28,475% of plastic; 4,275% of paper and cardboard; 3,938% of textile; 0,676% of rubber and leather; 1,619% of wood; 0,468% of glass; 0,115% of metal; 6,050% of sanitary napkin; 54,014% of organic; and others 0,371%. The energy potential of solid waste in TPA Cipayung (combustible components) is 3.576,99-4.787,10 kCal/kg. The components that have potential as the raw material of RDF are rubber and leather (6.992 kCal/kg), plastic (5.491,5 kCal/kg), wood (3.075,5 kCal/kg), textile (2.616 kCal/kg), paper and cardboard (2.402,5 kCal/kg). However, the moisture content in solid waste is high that is approximately 51,18%. Therefore, this high must be reduce to increase its potential as RDF raw material.

Keywords:

Solid waste, TPA Cipayung, plastic, paper, rubber, wood, textile, refuse derived fuel (RDF), moisture content, volatile content, ash content, and calorific value.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	x
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 STUDI KEPUSTAKAAN	7
2.1 Kerangka Teori.....	7
2.1.1 Limbah Padat	7
2.1.2 <i>Refuse Derived Fuel</i> (RDF)	9
2.1.3 Jenis-Jenis RDF.....	10
2.1.4 Jenis dan Karakteristik Bahan Baku RDF	11
2.1.5 Analisis Karakteristik <i>Refuse Derived Fuel</i> (RDF)	15
2.1.6 Model Empiris Prediksi Energi Sampah	16
2.1.7 Penggunaan RDF	19
2.1.8 <i>Material Flow</i> (Aliran Material) dan <i>Mass Balance</i> (Keseimbangan Massa).....	20
2.2 Kerangka Berpikir	20
BAB 3 METODE PENELITIAN	22

3.1 Pendekatan Penelitian	22
3.2 Variabel Penelitian	22
3.3 Populasi dan Sampel.....	22
3.3.1 Penentuan Titik Pengambilan Sampel.....	23
3.3.2 Pengukuran Komposisi Sampah	23
3.3.3 Pengukuran Berat Jenis	23
3.3.4 Pengukuran Partikel Sampah	23
3.3.5 Pemeriksaan Sampah.....	23
3.4 Data dan Analisis Data.....	24
3.4.1 Data	24
3.4.2 Analisis Data.....	25
3.5 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	28
BAB 4 GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI.....	30
4.1 Lokasi dan Daerah Pelayanan	30
4.2 Sarana dan Prasarana	31
4.3 Operasional TPA	33
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	35
5.1 Analisis Hasil Pengukuran	35
5.1.1 Timbulan Sampah di TPA Cipayung	35
5.1.2 Berat Jenis Sampah	36
5.1.3 Komposisi Sampah di TPA Cipayung.....	37
5.1.4 Ukuran Partikel Sampah (<i>Particle Size Distribution</i>).....	40
5.1.5 Kadar Air (<i>Moisture Content</i>).....	42
5.1.6 Kadar Volatil.....	44
5.1.7 Kadar Abu dan <i>Fixed Carbon</i>	45
5.1.8 Karakteristik Komponen <i>Combustible</i> Sampah TPA Cipayung.	47
5.2 Analisis Hasil Pengujian Nilai Kalori Sampah	50
5.2.1 Analisis Perbandingan Nilai Kalori Sampah TPA Cipayung	
Berbagai Model	51
5.3 Analisis Potensi Sampah TPA Cipayung sebagai Bahan Baku RDF. 55	
5.4 Analisis Aliran Material dan Keseimbangan Massa.....	61
BAB 6 PENUTUP	64
6.1 Kesimpulan	64
6.2 Saran	65
DAFTAR KEPUSTAKAAN.....	66

DAFTAR GAMBAR

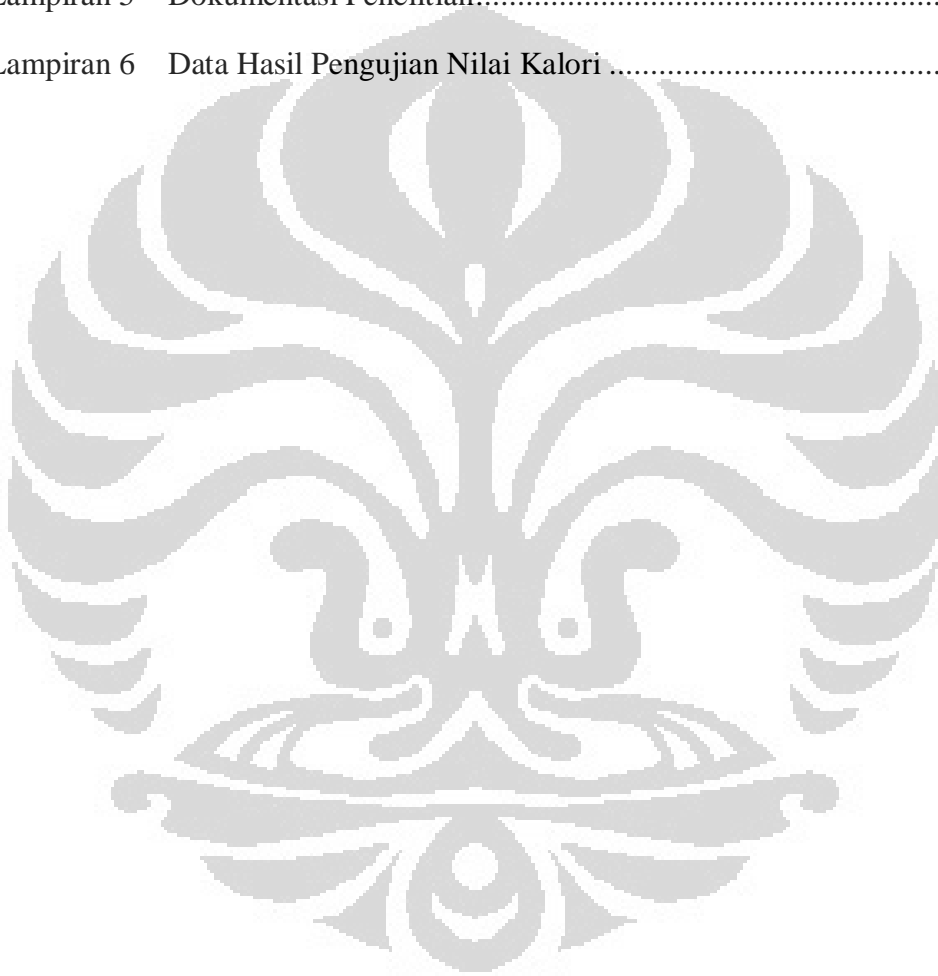
Gambar 2.1. Kerangka Konsep	21
Gambar 3.1. Zona A TPA Cipayung	28
Gambar 4.1. Areal TPA Cipayung	31
Gambar 4.2. Alat Berat Penata Sampah pada <i>Landfill</i>	32
Gambar 4.3. Proses Penataan dan Penimbunan Sampah pada <i>Landfill</i> TPA Cipayung	34
Gambar 5.1. Kotak Pengukur	36
Gambar 5.2. Komposisi Sampah TPA Cipayung	39
Gambar 5.3. Persentase Komposisi Sampah TPA Cipayung pada Delapan Hari Pengukuran	39
Gambar 5.4. Ukuran dan Distribusi Partikel	41
Gambar 5.5. Hasil Pengukuran Partikel	42
Gambar 5.6. Persentase Kadar Air Komponen Sampah TPA Cipayung	43
Gambar 5.7. Persentase Berat Kering Komponen Sampah TPA Cipayung	44
Gambar 5.8. Kadar Volatil Komponen Sampah TPA Cipayung	45
Gambar 5.9. Kadar Abu Komponen Sampah TPA Cipayung	46
Gambar 5.10. Kadar <i>Fixed Carbon</i> Komponen Sampah TPA Cipayung	47
Gambar 5.11. Aliran Material dan Keseimbangan Massa	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sampah RDF	11
Tabel 2.2. Kandungan Energi Komponen Sampah	12
Tabel 2.3. Karakteristik RDF	13
Tabel 2.4. Perbandingan RDF ISTAC (Turki) dan Lechtenberg (Jerman).....	13
Tabel 2.5. Standar Kualitas RDF Finlandia, Italia, dan Inggris	14
Tabel 2.6. <i>European Standard</i> Kualitas RDF	14
Tabel 2.7. Karakteristik Sampah di Beberapa Negara di Asia.....	15
Tabel 3.1. Data yang Diperlukan.....	25
Tabel 3.2. Jadwal Penelitian.....	29
Tabel 5.1. Volume Sampah Masuk per Hari.....	35
Tabel 5.2. Hasil Pengukuran Berat Jenis Sampah TPA Cipayung	37
Tabel 5.3. Hasil Pengukuran Komposisi Sampah TPA Cipayung	38
Tabel 5.4. Hasil Pengukuran Partikel Sampah	40
Tabel 5.5. Kadar Air Sampah TPA Cipayung	42
Tabel 5.6. Berat Kering Komponen Sampah TPA Cipayung	43
Tabel 5.7. Persentase Kadar Volatil Komponen Sampah TPA Cipayung	44
Tabel 5.8. Persentase Kadar Abu Komponen Sampah TPA Cipayung	46
Tabel 5.9. Kadar <i>Fixed Carbon</i> Komponen Sampah TPA Cipayung	47
Tabel 5.10. Perhitungan Kadar Air dan Berat Kering	48
Tabel 5.11. Perhitungan Kadar Volatil dan Kadar Abu.....	49
Tabel 5.12. Kadar Volatil dan Kadar Abu Komponen <i>Combustible</i> Sampah TPA Cipayung	49
Tabel 5.13. Nilai Kalori Sampah TPA Cipayung.....	51
Tabel 5.14. Perhitungan Kandungan Energi Model Tchobanoglous.....	53
Tabel 5.15. Perhitungan Kandungan Energi Model Mrus	53
Tabel 5.16. Perhitungan Kandungan Energi Tanpa Abu Model Mrus	54
Tabel 5.17. Perbandingan Nilai Kalori Berbagai Model	54
Tabel 5.18. Karakteristik Sampah TPA Cipayung	55
Tabel 5.19. Perbandingan Karakteristik Sampah <i>Combustible</i> TPA Cipayung dengan Berbagai Standar.....	55
Tabel 5.20. Perbandingan Karakteristik Komponen Sampah <i>Combustible</i> TPA Cipayung dengan Berbagai Standar.....	56
Tabel 5.21. Perbandingan Karakteristik Sampah <i>Combustible</i> TPA Cipayung dengan Karakteristik Sampah di Beberapa Negara di Asia	61
Tabel 5.22. Persentase Komposisi Sampah TPA Cipayung.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pengukuran Komposisi Sampah	69
Lampiran 2	Pengukuran Berat Jenis Sampah.....	71
Lampiran 3	Pemeriksaan Laboratorium Analisis Proksimat.....	73
Lampiran 4	Data Hasil Pengukuran Komposisi dan Berat Jenis Sampah	76
Lampiran 5	Dokumentasi Penelitian.....	79
Lampiran 6	Data Hasil Pengujian Nilai Kalori	81



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Depok merupakan salah satu kota yang mulai berkembang, terkait dengan fungsi Kota Depok sebagai salah satu kota penyangga Kota Jakarta. Berdasarkan data sensus penduduk tahun 2010, jumlah penduduk Kota Depok sebanyak 1.736.545 dan laju pertumbuhan per-tahun dari tahun 2000-2010 sebesar 4,27% (BPS, 2010). Timbulan sampah penduduk Kota Depok rata-rata setiap harinya sebesar 2,75 liter/orang, asumsi timbulan sampah kota sedang berdasarkan SNI 19-3983-1995.

TPA Cipayung merupakan tempat pembuangan akhir sampah penduduk Kota Depok. Volume sampah yang terangkut ke TPA Cipayung sebanyak 850 m³/hari (DKP Kota Depok, 2011). Berdasarkan penelitian Kurniawati (2010) komposisi sampah plastik TPA Cipayung 11,927% dari total sampah yang diteliti selama sepuluh hari dengan komposisi kertas 6,764%; kaca 0,548%; logam 0,042%; organik 75,633%; dan lainnya 5,086%. Jumlah penduduk yang semakin bertambah setiap tahunnya meningkatkan jumlah timbulan sampah.

Sampah yang tidak dikelola dengan baik dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran terhadap air, tanah, dan udara pada lingkungan sekitarnya. Pencemaran ini terutama diakibatkan oleh lindi sebagai hasil proses penguraian bahan organik yang ada di dalam sampah tersebut.

Lindi akan meresap ke dalam tanah dan berpotensi untuk mencemari air tanah. Lindi dapat pula masuk ke saluran air yang kemudian akan mencemari badan air dan lainnya melalui saluran tersebut. Lindi yang dihasilkan meningkat jumlahnya pada saat musim hujan bila dibiarkan dalam keadaan terbuka. Selain lindi, proses penguraian yang terjadi juga mengeluarkan bau yang secara estetika dapat mengganggu.

Selain itu, proses penguraian sampah yang terus berlangsung dapat menghasilkan gas-gas seperti metana (CH₄), karbon dioksida (CO₂), dan nitrogen oksida (N₂O) yang termasuk dalam kategori gas rumah kaca.

Pengelolaan sampah Kota Depok saat ini menggunakan sistem pengelolaan campuran kumpul-angkut-kelola-buang dan kumpul-angkut-buang. Oleh sebab itu banyak sampah yang masih belum terolah yang masuk ke TPA Cipayung. Seluruh sampah Kota Depok, baik yang melalui pengolahan di UPS atau tidak, dibuang di tempat pembuangan akhir (TPA) Cipayung. Namun, TPA Cipayung yang memiliki luas 11,6 hektar hanya mampu menampung sampah sekitar 1.200 m³/hari (Satyani, 2010). Berdasarkan informasi tersebut diketahui bahwa kapasitas TPA sendiri sudah tidak mampu lagi menampung timbulan sampah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kurniawati, timbulan sampah yang besar menyebabkan usia aktif dari TPA Cipayung, yang seharusnya 10 tahun sejak tahun 2002, menjadi berkurang. Volume sampah TPA Cipayung mencapai 2.276.283,0 m³ pada tahun 2010. Akibatnya dalam waktu dekat ada kemungkinan TPA Cipayung akan ditutup disebabkan TPA sudah tidak mampu lagi menampung sampah.

Refuse Derived Fuel (RDF) merupakan salah satu bentuk pemanfaatan sampah menjadi bahan bakar. Penelitian di Thailand menyebutkan bahwa Thailand dengan komposisi plastik sebanyak 20%, sampah makanan 60%, dan lainnya 15% mengandung nilai kalor 29,5 MJ/kg yang cukup untuk menghasilkan energi (Prechthai et al., 2006).

RDF mampu mereduksi jumlah sampah dan menjadi *co-combustion*, bahan bakar sekunder industri semen dan industri penghasil daya, namun tidak semua industri penghasil daya dapat menjadi target pengguna RDF, hanya industri penghasil daya yang menggunakan bahan bakar padat yang dapat dijadikan target pengguna RDF (Nithikul, 2007)

RDF belum banyak dikembangkan di Indonesia. RDF dikembangkan di ITF (*Intermediate Treatment Facility*) Cakung-Cilincing yang baru beroperasi pada 1 Agustus 2011, walaupun saat ini ITF baru mampu mengolah sampah 450 ton per-hari yang kemudian diolah menjadi kompos, RDF, bahan bakar pembangkit listrik berkapasitas 4,95 MW atau BBG sebesar 445.699 MMBTU (Indopos, 2011). Selain di ITF Cakung-Cilincing, teknologi RDF baru akan

diterapkan di TPA Piyungan, Jogjakarta, bekerja sama dengan DFID (Departemen Kementerian Luar Negeri Inggris) (Cahyono, 2011).

Tingginya harga bahan bakar fosil semakin memaksa industri semen mempertimbangkan penggunaan bahan bakar alternatif untuk produksi klinker (Kara, Gunay, Tabak, & Yildiz, 2009). Nilai kalori yang dimiliki RDF hampir sama dengan batu bara. Hal inilah yang membuat industri semen mulai beralih menggunakan RDF sebagai bahan bakar alternatif.

Selain digunakan sebagai bahan bakar alternatif industri semen, RDF juga dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti batu bara pada PLTU. Hal ini dikarenakan kalor yang dihasilkan antara RDF dan batu bara hampir sama yaitu 3.000-4.000 kkal/kg (Firman, Widiyanto, & Pratama, 2009).

Pengalaman di beberapa negara serta kota lainnya di Indonesia menjadi menarik untuk diteliti terkait dengan bahan baku (*raw material*) yang akan digunakan untuk RDF. Sampah Kota Depok memiliki potensi energi yang cukup besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku RDF terkait dengan komposisi sampah plastik yang cukup banyak dibandingkan komposisi sampah lainnya, selain sampah organik. Potensi energi sampah Kota Depok 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. Penelitian ini menjadi perlu dilakukan untuk mengeksplorasi lebih dalam seberapa besar potensi energi material yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku RDF. Dari uraian di atas penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan untuk mengetahui potensi energi sampah Kota Depok yang mampu dimanfaatkan sebagai bahan baku RDF.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa komposisi sampah plastik TPA Cipayung 11,927% dari total sampah yang diteliti selama sepuluh hari. Komponen sampah plastik yang cukup banyak menunjukkan bahwa sampah TPA Cipayung mengandung cukup banyak komponen yang sulit terurai. Dengan demikian, permasalahan yang dihadapi Kota Depok adalah bagaimana mengolah seluruh sampah yang sulit terurai seperti plastik. Diketahui bahwa tidak seluruh

sampah plastik saat ini dapat dikelola. Sedangkan, hanya sampah plastik dengan kondisi baik yang dapat didaur ulang. Hal ini tentu saja akan menambah beban TPA Cipayung yang telah kelebihan kapasitas dan tidak mampu menampung seluruh sampah yang masuk. Banyaknya komponen sampah yang sulit terurai seperti plastik memungkinkan diterapkannya teknologi RDF pada sampah di TPA Cipayung. Namun, masih diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai komposisi dan karakteristik sampah di TPA Cipayung serta besarnya potensi energi sampah TPA Cipayung. Komposisi dan karakteristik sampah serta besarnya potensi energi sampah TPA Cipayung berpengaruh pada berpotensi atau tidaknya sampah TPA Cipayung sebagai bahan baku RDF. Berdasarkan uraian tersebut maka diajukan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

- a. Bagaimana komposisi dan karakteristik fisik dan kimia sampah di TPA Cipayung?
- b. Berapa besar potensi energi dari sampah di TPA Cipayung ?
- c. Bagaimana potensi sampah di TPA Cipayung yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku RDF?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui komposisi dan karakteristik fisik dan kimia sampah TPA Cipayung.
- b. Mengetahui besarnya potensi energi dari sampah TPA Cipayung.
- c. Mengetahui potensi sampah di TPA Cipayung yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku RDF.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, antara lain:

- a. Memberikan gambaran komposisi dan karakteristik fisik dan kimia sampah di TPA Cipayung.
- b. Memberikan gambaran besarnya potensi energi dari sampah di TPA Cipayung.

- c. Memberikan gambaran potensi sampah di TPA Cipayung yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku *Refuse Derived Fuel* (RDF).
- d. Memberikan sumbangan bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan pendidikan tentang *Refuse Derived Fuel*(RDF).

1.5 Batasan Penelitian

Batasan-batasan penelitian ini dijelaskan pada poin-poin berikut:

- a. Komposisi sampah diukur dengan metode SNI 19-3964-1994.
- b. Karakteristik fisik sampah hanya meliputi parameter berat jenis sampah, ukuran partikel sampah, dan kadar air.
- c. Karakteristik kimia sampah hanya meliputi parameter kadar volatil, kadar abu, dan nilai kalori (*calorific value*).
- d. Kategori sampah TPA Cipayung yang dimaksud adalah sampah yang sudah siap untuk ditimbun pada lahan urug (*landfill site*).
- e. Perhitungan potensi energi sampah TPA Cipayung hanya dilakukan pada jenis sampah plastik, kertas, karet, tekstil, dan kayu.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan seminar 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 : STUDI KEPUSTAKAAN

Pada bab ini berisikan kerangka teori dan kerangka berpikir. Kerangka teori berisikan teori-teori dasar yang mendukung analisis dan pembahasan antara lain definisi limbah padat, pengertian *refuse derived fuel* (RDF), jenis-jenis RDF, karakteristik bahan baku RDF, parameter kualitas RDF, perhitungan kandungan energi, dan teori lain yang berhubungan dengan RDF. Kerangka berpikir berisikan uraian yang kemudian 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 STUDI

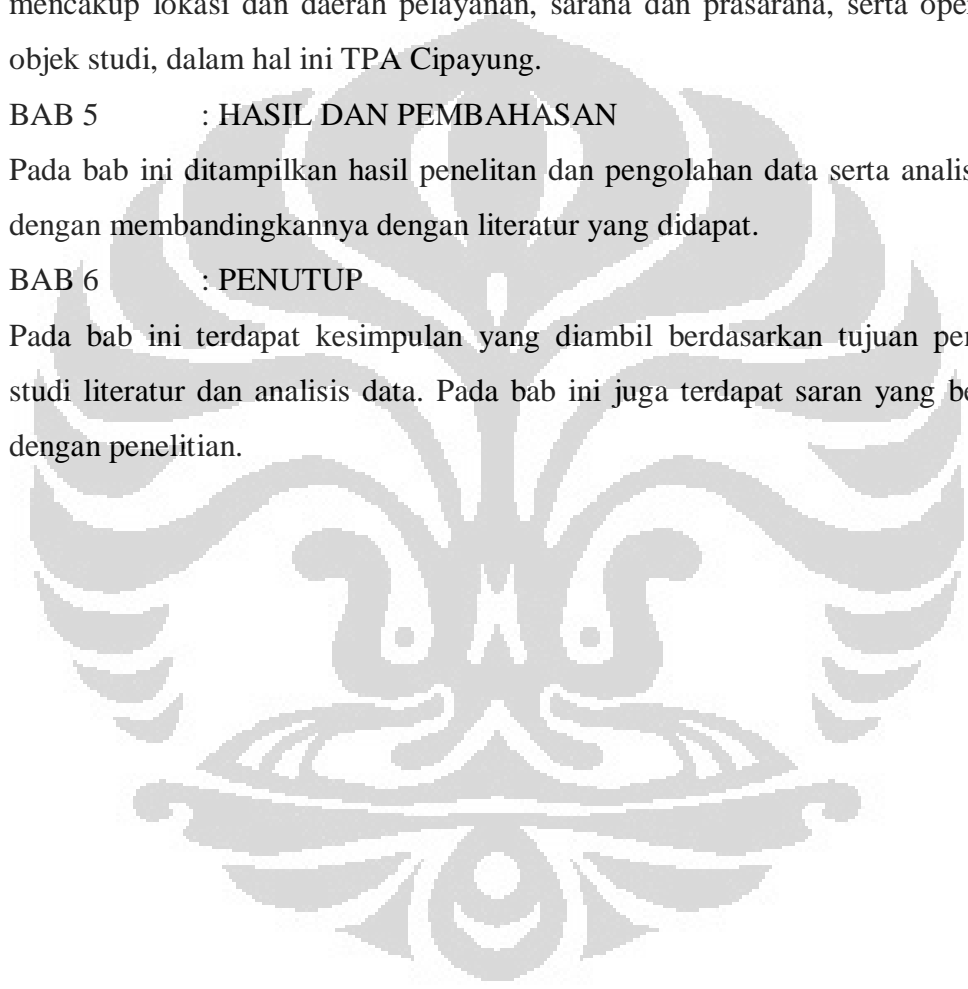
Pada bab ini diberikan gambaran mengenai kondisi umum objek penelitian mencakup lokasi dan daerah pelayanan, sarana dan prasarana, serta operasional objek studi, dalam hal ini TPA Cipayung.

BAB 5 : HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini ditampilkan hasil penelitian dan pengolahan data serta analisis hasil dengan membandingkannya dengan literatur yang didapat.

BAB 6 : PENUTUP

Pada bab ini terdapat kesimpulan yang diambil berdasarkan tujuan penelitian, studi literatur dan analisis data. Pada bab ini juga terdapat saran yang berkaitan dengan penelitian.



BAB 2

STUDI KEPUSTAKAAN

2.1 Kerangka Teori

2.1.1 Limbah Padat

2.1.1.1 Definisi Limbah Padat

Limbah padat atau yang sering dikenal dengan sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat (UU No. 18 Th. 2008). Menurut Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993), limbah padat adalah semua barang sisa yang ditimbulkan dari aktivitas manusia dan binatang yang secara normal padat dan dibuang ketika tidak diinginkan atau tidak berguna.

2.1.1.2 Karakteristik Limbah Padat

Karakteristik limbah padat atau yang lebih dikenal dengan sampah sifat fisik, kimia dan biologis. Pengujian karakteristik sampah digunakan untuk menentukan fasilitas pengolahan, memperkirakan kelayakan pemanfaatan kembali sampah untuk energi dan merencanakan fasilitas pembuangan akhir. Berikut diuraikan karakteristik-karakteristik sampah menurut Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993):

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 didefinisikan sebagai berat material material per-satuan volume. Data berat jenis sampah sering dibutuhkan untuk memperkirakan 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.

- Kadar Air

Pada umumnya kadar air sampah dinyatakan dalam satu dari dua cara. Dalam metode berat basah 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. Dalam bentuk persamaan, berat basah kadar air dinyatakan sebagai berikut:

$$M = \left(\frac{w-d}{w} \right) 100 \quad (2.1)$$

Dimana:

M = kadar air, %

w = berat awal. Kg

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

b. Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia sampah meliputi *proximate analysis* (kadar air, kadar volatil, *fixed carbon*, dan kadar abu), titik lebur, *ultimate analysis* (kadar karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, fosfor), dan kandungan energi.

- *Proximate Analysis*

Perkiraan analisis untuk komponen-komponen sampah meliputi uji:

- *Moisture* (hilangnya uap air ketika dipanaskan sampai 105°C dalam 1 jam)
- *Volatile combustible matter* (tambahan kehilangan berat pada pembakaran di suhu 950°C dalam wadah tertutup)
- *Fixed carbon* (sisa/residu pembakaran yang tersisa setelah bahan yang menguap dihilangkan)
- Abu (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 ultimat dari komponen sampah terdiri dari penentuan persentase C (karbon), H (hidrogen), O (oksigen), N (nitrogen), S (belerang), dan abu. Hasil analisis ultimat digunakan untuk mengkarakterisasi komposisi kimia dari material organik sampah. Hasil analisis ultimat digunakan juga 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, jika komponen dasar diketahui

c. Karakteristik Biologis

Selain plastik, karet, komponen kulit, fraksi organik sampah dapat diklasifikasikan menjadi komponen yang larut dalam air, seperti gula, pati, asam amino, dan berbagai asam organik lainnya, hemiselulosa, selulosa, lemak, lignin, lignoselulosa, dan protein.

2.1.2 *Refuse Derived Fuel* (RDF)

Refuse Derived Fuel (RDF) merupakan salah satu teknik penanganan sampah dengan mengubah sampah menjadi sesuatu yang bermanfaat yaitu bahan bakar. RDF dihasilkan dari pemisahan mekanis fraksi yang mudah terbakar (*combustible fraction*) dan fraksi sampah yang sulit dibakar (*non-combustible fraction*) dari sampah (McDougall, White, Franke, & Hindle, 2001).

Sampah yang termasuk ke dalam fraksi sampah yang sulit dibakar pada umumnya adalah sampah organik yang memiliki kadar air yang sangat tinggi dan beberapa sampah anorganik seperti logam baterai, dan lain sebagainya. Beberapa dari sampah anorganik termasuk ke dalam fraksi sampah yang mudah dibakar, seperti kertas, plastik, dan lain sebagainya. Dalam pembuatan RDF, fraksi sampah yang mudah terbakar pada umumnya dilakukan reduksi ukuran lalu dikeringkan supaya dapat digunakan sebagai bahan bakar.

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). RDF diproduksi dari pemisahan mekanis fraksi *combustible* dan fraksi *non-combustible* sampah, dimana fraksi *combustible* kemudian dicacah dan dibentuk butiran (McDougall, White, Franke, & Hindle, 2001). RDF didapatkan dari sampah plastik yang tak dapat didaur ulang

dan kemudian dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif dalam industri semen (Kara, Gunay, Tabak, & Yildiz, 2009). Chiemchaisri, Charnok dan Visvanathan (2009) menyebutkan bahwa RDF diketahui sebagai bahan bakar alternatif yang diproduksi dari fraksi *combustible* MSW yang tersusun atas sampah plastik dan material lainnya seperti tekstil, kayu, tanah, dan lain sebagainya. RDF berasal dari MSW sering disebut juga dengan *Recoverd Fuel* (REF), *Packaging Derived Fuel* (PDF), *Paper and Plastic Fraction* (PPF), dan *Processed Engineered Fuel* atau PEF (Gendebien et al., 2003). Terdapat dua proses dasar RDF yang setiap prosesnya menghasilkan produk yang berbeda yaitu *densified* RDF (dRDF) dan *coarse* RDF (cRDF) (merujuk kepada bentuk partikel (*fluff*) atau flok) (McDougall, White, Franke, & Hindle, 2001). Mengingat jumlah bahan bakar fosil yang tersedia makin lama makin berkurang, RDF dapat dijadikan pilihan bahan bakar alternatif. Namun, perlu melakukan pemilihan komponen sampah yang baik untuk menghasilkan mutu RDF yang baik pula.

2.1.3 Jenis-Jenis RDF

Terdapat tujuh tipe RDF yang berbeda yang diklasifikasikan oleh *American Society for Testing and Material* (ASTM) E 856 *Standard Definitions of Terms and Abbreviations Relating to Physical and Chemical Characteristic of Refuse Derived Fuel* (Caputo & Pelagagge, 2002; Nithikul, 2007).

- RDF-1

RDF-1 adalah RDF yang berasal dari sampah yang digunakan langsung dari bentuk terbuangnya.

- RDF-2

RDF-2 berasal dari sampah yang diproses menjadi partikel kasar dengan atau tanpa logam besi (*ferrous metal*) dimana 95% berat awal melewati saringan berukuran 6 inch persegi. RDF-2 biasa disebut *Coarse* RDF.

- 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% berat awal yang dapat melewati saringan berukuran 2 inch persegi (disebut juga sebagai *Fluff* RDF).

- RDF-4

RDF-4 merupakan fraksi sampah mudah terbakar (*combustible*) yang diolah menjadi bentuk serbuk, 95% berat awal dapat melalui saringan 10-mesh (0,035 inch persegi). RDF-4 disebut juga sebagai *dust RDF* atau p-RDF.

- 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).

- RDF-6

RDF-6 adalah RDF dalam bentuk cair atau *liquid RDF*. RDF-6 disebut juga sebagai RDF *slurry*.

- RDF-7

RDF-7 adalah RDF yang berasal dari sampah yang dapat dibakar RDF-7 disebut juga sebagai RDF *synthetic gas* (*syngas*).

2.1.4 Jenis dan Karakteristik Bahan Baku RDF

Pada umumnya, sampah yang diolah menjadi RDF merupakan sampah yang dilihat berdasarkan nilai kalori, kadar air, kadar volatil, kadar abu, kadar klorin, dan beberapa parameter lainnya. Tabel 2.1 di bawah ini menunjukkan beberapa jenis sampah yang dapat dijadikan bahan baku RDF dan nilai kalornya berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dong Trang T. T. dan Byeong Kyu Lee:

Tabel 2.1. Sampah RDF

Komponen Sampah	<i>Low Heating Value</i> (kcal/kg)
Kertas	3.588
Kayu	4.400
Tekstil	5.200
Resin sintetis	7.857
Lumpur pengolahan air limbah	1.800
Karet dan kulit	7.200
Plastik	8.000
Lumpur olahan	3.000

Sumber: Trang & Lee, 2009

Nilai kalori merupakan sejumlah energi yang dilepaskan per unit massa atau per unit volume dari suatu material atau bahan ketika material tersebut habis terbakar (ASABE S593.1 2011). Nilai kalori umumnya dinyatakan dengan istilah *calorific value* atau *heating value*. Nilai kalori terbagi atas dua *High Heating Value* (HHV) atau *Gross Calorific Value* (GCV) dan *Low Heating Value* (LHV) atau *Net Calorific Value*. *High Heating Value* (HHV) atau *Gross Calorific Value* (GCV) merujuk kepada kondisi ketika air yang terkandung dalam material terkondensasi di luar produk pembakaran (Sokhansanj, 2011). Oleh karena kondensasi ini seluruh nilai kalori dari suatu material mencakup nilai kalor laten penguapan air. Dengan kata lain HHV memperhitungkan nilai kalor laten penguapan air dalam produk pembakaran. Lain halnya dengan GCV/HHV, *Net Calorific Value* atau *Low Heating Value* (LHV) merujuk kepada kondisi ketika air pada hasil akhir pembakaran tertinggal sebagai uap. Uap tidak terkondensasi sehingga nilai kalor laten penguapan air tidak terhitung di dalam NCV/LHV.

Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993) menyebutkan beberapa komponen sampah memiliki kandungan energi atau nilai kalori yang tipikal yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut:

Tabel 2.2. Kandungan Energi Komponen Sampah

Komponen	Energi (Btu/lb)	
	Rentang	Tipikal
Plastik	6.000-7.000	7.000
Kertas	5.000-8.000	7.200
Karet	9.000-12.000	10.000
Tekstil	6.500-8.000	7.500
<i>Cardboard</i>	6.000-7.500	7.000
Kaca	50-100	60

Sumber: Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993

Dalam literatur yang digunakan oleh Kara, Gunay, Tabak, dan Yildiz (2009), terdapat beberapa spesifikasi yang harus dimiliki oleh sampah bahan baku

RDF. Tabel 2.3 di bawah ini menunjukkan spesifikasi yang digunakan dalam penelitian Kara, Gunay, Tabak, dan Yildiz (2009):

Tabel 2.3. Karakteristik RDF

Nilai kalori minimum	4.000 kcal/kg
<i>Bulk density</i>	0,7 g/cm ³
<i>Minimum density</i>	1,3 g/cm ³
Kadar Abu	< 15%
Kadar Air	10%

Sumber: Kara, Gunay, Tabak, & Yildiz, 2009

RDF dengan kualitas tinggi memiliki nilai *Low Heating Value* (LHV) >4000 kcal/kg (Caputo & Pelagagge, 2002). Namun, semakin besar LHV yang diinginkan, semakin banyak langkah-langkah pemilahan yang harus dilakukan dan semakin sedikit output RDF yang dapat diproduksi. Ban-ban mobil yang sudah tidak digunakan dapat dicampur dengan MSW untuk mendapatkan nilai LHV yang diinginkan, tapi akan menambah biaya untuk pemrosesannya (Caputo & Pelagagge, 2002).

Tabel 2.4. Perbandingan RDF ISTAC (Turki) dan Lechtenberg (Jerman)

Parameter	RDF analysis (ISTAC)	Standardized Limit (Lechtenberg)
Total karbon, %	58	-
Inorganik karbon, %	0,5	-
Organik karbon, %	57,5	-
Kadar Abu, %	7,7	8-12
Kadar Volatil, %	92,3	50-80
pH	6,7	-
Kadar Air, %	25	<20
<i>Bulk density</i> , gr/cm ³	0,154	-
<i>Lower calorific value</i> , kcal/kg	3.500	-
<i>Conductivity</i> , us/cm	3,04	-
Sulfur, %	0,46	<0,5
Klorin, %	0,9519	<1

Sumber: Kara, Gunay, Tabak, & Yildiz, 2009

Beberapa batas nilai dibuat untuk karakteristik RDF berdasarkan penelitian Kara, Gunay, Tabak, dan Yildiz, 2009. Dapat dilihat pada Tabel 2.4 di atas ini perbandingan karakteristik RDF yang dibuat di ISTAC Co. Turki dan RDF yang diproduksi di *Massenvernichtungswaffen* (MVW) Lechtenberg Jerman.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nithikul (2007) di Thailand, standar kualitas RDF yang digunakan Finlandia, Inggris, dan Italia adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5. Standar Kualitas RDF Finlandia, Italia, dan Inggris

Parameter	Finlandia	Italia	Inggris
Nilai Kalori (MJ/kg)	13-16	15	18,7
Kadar Air %w	25-35	Maks 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: Nithikul, 2007 diolah dari Gendebien et al., 2003

Tabel 2.6 di bawah ini menunjukkan standar Eropa untuk penggunaan RDF:

Tabel 2.6. European Standard Kualitas RDF

Parameter	European Standard
<i>Low Heating Value</i> (MJ/kg)	>15
Kadar air, %	<25
Kadar Abu %w	<5
Sulfur %w	<0,4
Klorin %w	<0,5

Sumber: Nithikul, 2007

Sedangkan tabel di bawah ini menunjukkan karakteristik sampah di beberapa negara di Asia:

Tabel 2.7. Karakteristik Sampah di Beberapa Negara di Asia

Parameter	Nonthaburi (Thailand)	Korea	Kuala Lumpur (Malaysia)
Kadar Air (% w)	47%	-	55,01
Kadar Volatil (% dry)	-	-	-
Kadar Volatil (% w)	-	-	31,36
Kadar Abu (% dry)	59,8	-	-
Kadar Abu (% w)	-	-	9,26
Nilai Kalori (kCal/kg)	6.931	4.937	2.180

Sumber: Chimchaisri et al., 2006; Trang & Lee, 2009; dan Kathirvale et al., 2003

2.1.5 Analisis Karakteristik *Refuse Derived Fuel* (RDF)

a. Kadar Air

Berdasarkan penjelasan mengenai nilai kalori pada sub-subbab 2.1.5, kadar air mempengaruhi energi yang digunakan untuk pembakaran suatu material. RDF dengan kadar air yang rendah mempercepat proses pembakaran, sebaliknya RDF dengan kadar air yang tinggi memperlambat proses pembakaran dan memperbesar energi yang dibutuhkan untuk proses pembakaran RDF. Hal tersebut disebabkan energi yang digunakan untuk pembakaran RDF digunakan pertama kali untuk menguapkan seluruh air yang terkandung dalam RDF.

b. *Volatile Matter*

Volatile matter merupakan material mudah menguap yang terdapat dalam RDF. *Volatile matter* merupakan indeks dari kandungan bahan bakar bentuk gas (UNEP, 2006). Berikut ini beberapa pengaruh *volatile matter* dalam pembakaran:

- *Volatile matter* membantu memudahkan penyalaan material.
- *Volatile matter* mempengaruhi kebutuhan bahan bakar yang mungkin diperlukan untuk penyalaan awal.

c. Kadar Abu

Kadar abu merupakan residu pembakaran yang tidak akan terbakar. Analisis kadar abu dilakukan untuk mengetahui jumlah bagian yang tidak terbakar setelah terjadinya pembakaran sempurna. Kadar abu menjadi penting dalam RDF karena kadar abu mempengaruhi efisiensi pembakaran (UNEP, 2006).

d. Nilai Kalori (*Calorific Value*)

Nilai kalori dalam RDF merupakan jumlah panas yang diperoleh ketika terjadi pembakaran sempurna. Nilai kalori menunjukkan energi yang dikandung dan dihasilkan RDF setelah dilakukan pembakaran.

2.1.6 Model Empiris Prediksi Energi Sampah

Beberapa model empiris yang dapat digunakan untuk memprediksi kandungan energi dalam sampah diuraikan diantaranya (Qudais et al., 2000):

2.1.6.1 – Analisis Komposisi Fisik

a. Model Konvensional

$$H_n = 88,2R + 40,5(G + P) - 6W \quad (2.1)$$

Dimana:

H_n = *net calorific value* (kcal/kg)

R = plastik, persen berat kering

G = sampah organik, persen berat kering

P = kertas, persen berat kering

W = kadar air, persen berat kering

b. Model Khan dan Abu Gharah

$$E = 23(F + 3,6(PA)) + 160(PL) \quad (2.2)$$

Dimana:

E = kandungan energi dalam sampah (Btu/lb)

PL = persentase berat plastik

F = persentase berat sampah makanan (*food waste*)

PA = persentase berat kertas

2.1.6.2 Analisis *Ultimate*

a. Model Dulong

$$H_n = 81C + 342,5 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 22,5S - 6(9H + W) \quad (2.3)$$

Dimana:

H_n = *net calorific value* (kcal/kg)

C = karbon (wt%)

H = hidrogen (wt%)

O = oksigen (wt%)

S = sulfur (wt%)

b. Model Stener

$$H_n = 81 \left(C - \frac{3O}{8} \right) + 57 \left(\frac{3O}{8} \right) + 345 \left(H - \frac{O}{16} \right) + 25S - 6(9H + W) \quad (2.4)$$

c. Model Scheurer-Kestner

$$H_n = 81 \left(C - \frac{3O}{4} \right) + 342,5H + 25S + 57 \left(\frac{3O}{4} \right) - 6(9H + W) \quad (2.5)$$

2.1.6.3 Analisis *Proximate*

a. Model Tradisional

$$H_n = 45B - 6W \quad (2.6)$$

Dimana:

B = *combustible volatile matter*

W = kadar air (% *dry basis*)

b. Model Bento

$$Hn = 44,75B - 5,85W + 21.2 \quad (2.7)$$

c. Model Tchobanoglous

$$Kandungan\ Energi = \frac{\sum A \times B}{\sum B} \quad (2.8)$$

Dimana:

A = kandungan energi tiap komponen sampah (kCal/kg)

B = berat sampah (kg)

d. Model Mrus

$$HHV_C = HHV_{WC} \div \left(\frac{C}{100}\right) \quad (2.9)$$

$$HHV_{RDF} = HHV_C \left(1 - \frac{N + M}{100}\right) \quad (2.10)$$

Dimana:

N = persentase material *noncombustible* seperti material inorganik, inert (%)

M = persentase kadar air dalam sampah (%)

C = persentase fraksi *combustible* (%)

HHV_{RDF} = kandungan energi dalam RDF (kCal/kg)

HHV_C = kandungan energi (nilai kalori) sampah *combustible* dalam 100% sampah (kCal/kg)

HHV_{WC} = kandungan energi (nilai kalori) sampah *combustible* (kCal/kg)

Untuk analisis kandungan energi bahan bakar perlu diperhitungkan persentase abu yang terkandung dalam sampah. Berikut persamaan sampah sebagai bahan bakar:

$$Kandungan\ Energi\ (HHV_{AC}) = HHV_{WC} \div \frac{CA}{100} \quad (2.11)$$

Dimana:

HHV_{WC} = kandungan energi (nilai kalori) sampah *combustible* (kCal/kg)

CA = persentase berat kering sampah tanpa abu (%)

HHV_{AC} = kandungan energi (nilai kalori sampah) bebas abu (*dry ash free*) (kCal/kg)

Sampah sebagai RDF:

$$\text{Kandungan Energi (} HHV_{RDF} \text{)} = HHV_{AC} \left(1 - \frac{A + M}{100}\right) \quad (2.12)$$

Dimana:

A = persentase abu dalam RDF (%)

M = persentase kadar air dalam RDF (%)

HHV_{AC} = kandungan energi (nilai kalori sampah) bebas abu (*dry ash free*) (kCal/kg)

HHV_{RDF} = kandungan energi dalam RDF (kCal/kg)

2.1.7 Penggunaan RDF

RDF banyak digunakan sebagai *co-combustion* pada industri semen. Hal ini membuktikan bahwa terdapat pasar yang menerima RDF. Namun, karakteristik RDF yang penting untuk industri semen adalah nilai kalori dan kadar air (Kara, Gunay, Tabak, & Yildisz, 2009). Kadar air total RDF yang cocok untuk industri semen adalah 10%-15%. Selain itu RDF tidak boleh mengandung klorin dalam jumlah tinggi, umumnya batas maksimum kandungan klorin dalam RDF adalah 1%. Kandungan klorin yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan oleh industri semen. Semen dengan kandungan klorin tinggi memperlemah kuat tekan beton dalam waktu 2, 7, dan 28 hari. Berdasarkan EURITS (*European Association of Waste Thermal Treatment Companies for Specialized waste*) nilai kalori RDF untuk *co-combustion* pada industri semen adalah lebih dari 15 MJ/kg dan untuk kadar abu kurang dari 5% (Nithikul, 2007 diolah dari Gendebien et al., 2003).

Keuntungan penggunaan RDF sebagai bahan bakar adalah *heating value* yang tinggi, homogenitas komposisi fisik-kimia, kemudahan disimpan, ditangani

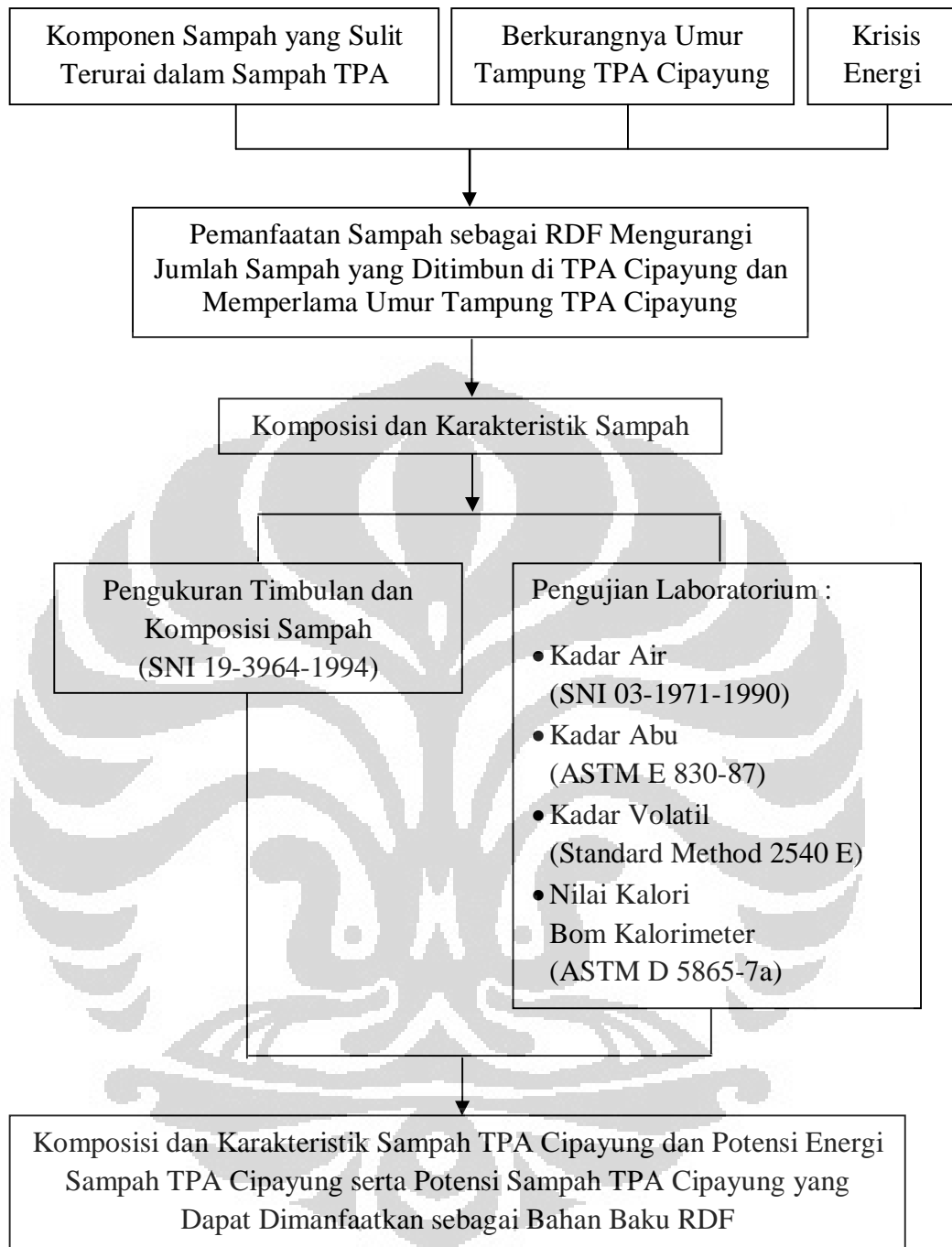
dan ditransportasikan, semakin sedikit emisi polutan yang dihasilkan dan berkurangnya udara yang dibutuhkan untuk proses pembakaran. Namun, produksi *high calorific value* RDF mengharuskan proses produksi yang kompleks yang mengarah kepada efisiensi massa yang kecil (Caputo & Pelagagge, 2002).

2.1.8 *Material Flow* (Aliran Material) dan *Mass Balance* (Keseimbangan Massa)

Dalam pengelolaan sampah, aliran material (*material flow*) dan keseimbangan massa (*mass balance*) digunakan dalam menganalisis daur hidup sampah untuk melihat tingkat efektifitas pengelolaan sampah. Hal perlu diperhatikan adalah *inflow* (aliran masuk) harus sama dengan *outflow* (aliran keluar) ditambah dengan emisi yang dihasilkan dari setiap proses pengelolaan sampah. Analisis aliran material merupakan metode untuk menggambarkan, menginvestigasi, dan mengevaluasi metabolisme sistem antropogenik dan geogenik (Brunner & Rechberger, 2004)

2.2 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir penelitian ini bermula dari umur tampung TPA Cipayung yang semakin berkurang. Selain itu, sampah TPA Cipayung mengandung cukup banyak komponen yang sulit terurai seperti plastik. Pemanfaatan sampah TPA Cipayung sebagai RDF akan mengurangi beban TPA Cipayung dan memperpanjang umur tampung sampah. Selain itu, RDF dapat dimanfaatkan sebagai alternatif sumber energi di masa krisis energi seperti saat ini. Namun, perlu diteliti lebih lanjut mengenai komposisi dan karakteristik sampah TPA Cipayung, apakah berpotensi sebagai bahan baku RDF. Karakteristik sampah TPA Cipayung yang diteliti adalah kadar air, kadar volatil, kadar abu, dan nilai kalor (*calorific value*). Karakteristik ini merupakan karakteristik dasar bahan baku RDF. Dengan membandingkan karakteristik sampah TPA Cipayung dengan karakteristik standar bahan baku RDF, akan diketahui sampah TPA Cipayung berpotensi atau tidak sebagai bahan baku RDF.



Gambar 2.1. Kerangka Konsep

Sumber: Hasil Olahan, 2011

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian yang dilakukan termasuk jenis penelitian kuantitatif. Pendekatan penelitian kuantitatif merupakan pendekatan-pendekatan yang didasarkan pada informasi numerik dan biasanya diasosiasikan dengan analisis-analisis statistik (Stokes, 2003). Pendekatan ini digunakan untuk menentukan komposisi sampah di TPA dan karakteristik dari sampah tersebut.

Penelitian eksperimental merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian dilakukan langsung di TPA dan laboratorium. Penelitian di TPA bertujuan untuk mengetahui komposisi sampah dan pengambilan sampel sampah. Penelitian di laboratorium dilakukan untuk mengetahui karakteristik sampah dari sampel yang diambil di TPA.

3.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat dua jenis variabel yang diteliti. Pertama adalah variabel bebas sebagai obyek yang difokuskan. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah sampah TPA Cipayung. Variabel bebas menyebabkan timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah nilai kalori (*calorific value*), kadar air, dan kadar abu.

3.3 Populasi dan Sampel

Populasi sampah yang diteliti adalah sampah di TPA Cipayung. Sampah yang dimaksud adalah sampah yang sudah siap untuk ditimbun pada lahan urug (*landfill site*). Sampah tersebut yang digunakan sebagai sampel uji pengukuran komposisi sampah. Sampel yang didapat dari titik pengambilan sampel kemudian dilakukan uji pengukuran komposisi sampah.

3.3.1 Penentuan Titik Pengambilan Sampel

Penentuan titik pengambilan sampel di titik dimana sampah telah di-*unloading* dari kendaraan pengangkut sampah dan sampah yang sudah siap untuk ditimbun pada lahan urug (*landfill site*).

3.3.2 Pengukuran Komposisi Sampah

Pengukuran komposisi sampah mengacu kepada SNI 19-3964-1994 tentang Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah. Pengukuran komposisi sampah dilakukan dengan mengambil sampel sampah pada titik yang telah ditentukan.

3.3.3 Pengukuran Berat Jenis

Berat jenis sampah dihitung dengan menggunakan kotak berukuran 0,5 m x 0,5 m x 0,5 m yang telah diketahui beratnya. Sampah dimasukkan ke dalam kotak tersebut. Kemudian kotak tersebut dihentak 3 kali dengan diangkat setinggi 20 cm, lalu dijatuhkan ke tanah. kemudian diukur dan dicatat volume sampah serta ditimbang dan dicatat beratnya. Berat jenis sampah didapatkan dari selisih berat sampah dengan kotaknya dikurangi berat kotak lalu dibagi dengan volume sampah.

3.3.4 Pengukuran Partikel Sampah

Pertikel sampah diukur dengan saringan berdiameter 40 mm dan 8 mm. Pengukuran akan ini menghasilkan persentase material sampah yang tertahan saringan berdiameter 40 mm dan 8 mm serta persentase material sampah yang lolos saringan 8 mm.

3.3.5 Pemeriksaan Sampah

3.3.5.1 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 porselin. 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.

3.3.5.2 Kadar Volatil

Prosedur pengukuran kadar volatil dilakukan berdasarkan *Standard Method* 2540 E. Sampel yang sudah dikeringkan di dalam oven 105°C, dari pengukuran kadar air, dipanaskan lagi di dalam furnace dengan suhu 550°C selama 1 jam. Setelah itu sampel dimasukkan ke dalam desikator hingga suhu ruang, kemudian sampel ditimbang.

3.3.5.3 Kadar Abu

Pemeriksaan kadar abu dilakukan berdasarkan ASTM E 830-87. Sisa sampel yang telah dipanaskan dengan suhu 550°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.

3.3.5.4 Nilai Kalori (*Calorific Value*)

Pengukuran nilai kalor menggunakan alat bom kalorimeter. Pengujian nilai kalor ini dilakukan di laboratorium Balai Besar Teknologi Energi Pusat Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Serpong.

3.4 Data dan Analisis Data

3.4.1 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Dilakukan beberapa metode untuk memperoleh kedua data tersebut, yaitu sebagai berikut:

a. Studi Literatur

Metode pengumpulan data ini dikenal dengan studi pustaka, dimana data diambil dari sumber tertulis atau dokumen seperti buku, jurnal penelitian, dan lain sebagainya. Data yang diperoleh dari metode ini digunakan sebagai data sekunder.

b. Survey dan Pengukuran Langsung

Survey dan pengukuran langsung dilakukan untuk mendapatkan data-data yang harus diukur secara langsung di lapangan. Data-data yang diperoleh dari survey dan pengukuran langsung digunakan sebagai data primer. Data-data yang diperoleh dari survey dan pengukuran langsung adalah berat sampah, berat masing-masing komponen sampah.

c. Uji Laboratorium

Uji laboratorium dilakukan untuk mendapatkan data-data yang perlu diuji dalam laboratorium terlebih dahulu sebelum dapat digunakan. Data-data yang diperoleh dari pengujian laboratorium digunakan sebagai data primer. Data-data yang diperoleh dari pengujian laboratorium berupa data kadar air, kadar volatil, kadar abu, nilai kalori (*calorific value*).

Tabel 3.1. Data yang Diperlukan

Data	Jenis Data	Sumber
Berat Jenis Sampah	Primer	Pengukuran Langsung
Komposisi Sampah	Primer	Pengukuran Langsung
Kadar Air	Primer	Pengujian Laboratorium
Kadar Abu	Primer	Pengujian Laboratorium
Kadar Volatil	Primer	Pengujian Laboratorium
Nilai Kalori	Primer	Pengujian Laboratorium

Sumber: Hasil Olahan, 2011

3.4.2 Analisis Data

Data yang telah diperoleh dianalisis dan diolah untuk mendapatkan karakteristik sampah potensial RDF. Analisis data dilakukan dengan pendekatan perhitungan sebagai berikut:

a. Perhitungan Berat Jenis Sampah

Untuk mendapatkan berat jenis sampah, perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Sampah} = \frac{\text{massa sampah}(kg)}{\text{volume sampah}(m^3)} \quad (3.1)$$

b. Perhitungan Timbulan Sampah

Timbulan sampah dihitung berdasarkan rumus:

$$\text{Volume 1 hari } (m^3) = \sum \{kapasitas\} \text{ kendaraan pengangkut} \quad (3.2)$$

$$\text{Timbulan sampah} \left(\frac{m^3}{\text{hari}} \right) = \frac{\text{Volume Total Pengukuran } (m^3)}{\text{Lama Pengukuran } (\text{hari})} \quad (3.3)$$

$$\text{Timbulan sampah} \left(\frac{kg}{\text{hari}} \right) = \text{Timbulan sampah} \left(\frac{m^3}{\text{hari}} \right) \times \text{Berat Jenis} \left(\frac{kg}{m^3} \right) \quad (3.4)$$

c. Perhitungan Kadar Air

Kadar air sampel didapatkan dari perhitungan di bawah ini:

$$M = \left(\frac{w - d}{w} \right) \times 100\% \quad (3.5)$$

Dimana:

M = kadar air, %

w = berat awal, g

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

d. Perhitungan Kadar Volatil

Perhitungan kadar volatil menggunakan *Standard Method 2540 E*. Kadar volatil sampel didapatkan melalui rumus di bawah ini:

$$V = \left(\frac{d - e}{w} \right) \times 100\% \quad (3.6)$$

Dimana:

V = kadar volatil, %

w = berat awal, g

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

e = berat setelah dipanaskan dalam *furnace* 550°C, g

e. Perhitungan Kadar Abu

Kadar abu didapatkan melalui rumus di bawah ini:

$$Ash = \left(\frac{e - f}{w} \right) \times 100\% \quad (3.7)$$

Dimana

Ash = kadar abu, %

e = berat setelah dipanaskan dalam *furnace* 550°C, g

f = berat setelah dipanaskan dalam *furnace* 950°C, g

w = berat awal, g

f. Perhitungan Nilai Kalori (*Calorific Value*) Sampah

Perhitungan nilai kalori (*calorific value*) atau kandungan energi menggunakan model Tchobanoglous dan model Mrus seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.8, 2.9, dan 2.11.

$$Kandungan\ Energi = \frac{\sum A \times B}{\sum B}$$

Dimana:

A = kandungan energi (nilai kalori) tiap komponen sampah (kcal/kg)

B = berat sampah (kg)

$$HHV_C = HHV_{WC} \div \left(\frac{C}{100} \right)$$

$$HHV_{AC} = HHV_{WC} \div \frac{CA}{100}$$

Dimana:

HHV_{wc} = kandungan energi (nilai kalori) sampah *combustible* (kCal/kg)

CA = persentase berat kering sampah tanpa abu

C = persentase fraksi *combustible* (%)

HHV_C = kandungan energi (nilai kalori) sampah *combustible* dalam 100% sampah (kCal/kg)

3.5 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di TPA Cipayung. Lokasi penelitian dibatasi pada titik pembuangan pada zona A. Pengujian karakteristik proksimat sampel dilakukan di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan Universitas Indonesia. Waktu penelitian adalah 8 (delapan) hari mengacu kepada SNI 19-39641994. Gambar 3.1 berikut ini menunjukkan lokasi penelitian.



Gambar 3.1. Zona A TPA Cipayung

Sumber: Telah Diolah Kembali dari maps.google.co.id, 2012

Tabel 3.2 di bawah ini menunjukkan jadwal penelitian selama penelitian berlangsung:

Tabel 3.2. Jadwal Penelitian

No	Jadwal Penelitian	November				Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pemilihan Judul																																
2	Studi Literatur																																
3	Perizinan ke Dinas Kebersihan Depok																																
4	Perizinan ke TPA Cipayung																																
5	Penentuan Laboratorium Tempat Uji Nilai Kalori																																
6	Pengumpulan Data Penelitian																																
7	Pengolahan Data Penelitian																																
8	Analisa Hasil Penelitian																																
9	Penyusunan Laporan Tugas Akhir																																
10	Presentasi Tugas Akhir																																
11	Revisi Laporan Tugas Akhir																																

Sumber: Hasil Olahan, 2012

BAB 4

GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI

4.1 Lokasi dan Daerah Pelayanan

Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Cipayung berlokasi di Kecamatan Cipayung, Kelurahan Cipayung, Kota Depok, Propinsi Jawa Barat. TPA Cipayung berbatasan dengan Kelurahan Cipayung (RW 03, 04, 05, 06, 07) dan Kelurahan Pasir Putih (RW 02, 03, 04). TPA Cipayung merupakan tempat pemrosesan akhir sampah yang sudah beroperasi sejak tahun 1984. Luas total kawasan pemrosesan akhir sampah TPA Cipayung mencapai 11,2 hektar dengan area *landfill* seluas 5,1 hektar. *Landfill* TPA Cipayung terbagi atas 3 kolam atau zona pembuangan, yaitu zona A, B, dan C. Di ujung Selatan terletak zona A dengan luas area sekitar 2,1 hektar. Zona A memiliki ketinggian sampah aktual rata-rata 4 meter. Di sebelah zona A terletak zona B dengan luas area sekitar 2,4 hektar dan ketinggian aktual 6 meter. Zona C terletak di Utara lokasi TPA dengan luas area 6000 m². Zona C dioperasikan sejak akhir tahun 2010 dan ditutup pada bulan Mei tahun 2011, sehingga saat ini pembuangan dilakukan di zona A dan B secara bergiliran.

Tempat pemrosesan akhir sampah TPA Cipayung menerima sampah-sampah di Kota Depok yang berasal dari perumahan, pasar, dan lain-lain. TPA Cipayung melayani 11 kecamatan di Kota Depok, yaitu Kecamatan Pancoran Mas, Kecamatan Sawangan, Kecamatan Sukmajaya, Kecamatan Cimanggis, Kecamatan Limo, Kecamatan Beji, Kecamatan Cinere, Kecamatan Cilodong, Kecamatan Tapos, Kecamatan Bojongsari, dan Kecamatan Cipayung. Luas wilayah Kota Depok yang dilayani sebesar 199,44 km² dengan jumlah penduduk sebanyak 1.736.565 jiwa (BPS, 2010).

Gambar 4.1 di bawah ini menunjukkan letak zona-zona pembuangan sampah pada TPA Cipayung beserta fasilitas-fasilitas pendukung pemrosesan sampah seperti kantor, UPS (Unit Pengelolaan Sampah), hanggar, dan kolam pengolahan lindi.



Gambar 4.1. Areal TPA Cipayung

Sumber: Telah Diolah Kembali dari maps.google.co.id, 2012

4.2 Sarana dan Prasarana

TPA Cipayung memiliki sarana dan prasarana penunjang meliputi kantor, area parkir kendaraan, area pencucian kendaraan, unit pengolahan sampah, jalan akses, kolam pengolahan air lindi, sumur pantau, pos pencatatan volume, hanggar, armada pengangkut sampah, dan alat berat.

Pada TPA Cipayung terdapat 5 unit pengelolaan sampah (UPS), 4 dari 5 unit UPS bekerja aktif sedangkan 1 unit sudah tidak digunakan kembali. Kelima unit pengelolaan sampah tersebut dilalui jalur ritasi pengangkutan sampah menuju TPA Cipayung. Jalur ritasi pengangkutan sampah merupakan jalan akses menuju TPA Cipayung yang memiliki lebar 3 meter.

Di areal pemrosesan akhir sampah TPA Cipayung terdapat area parkir kendaraan dengan luas $\pm 600 \text{ m}^2$ dan area pencucian kendaraan seluas $\pm 400 \text{ m}^2$. Di lokasi TPA Cipayung terdapat juga sebuah hanggar yang dioperasikan sebagai tempat perbaikan kendaraan pengangkut sampah ataupun alat berat. Di samping

hanggar terdapat pos pencatatan volume. Sebelum kendaraan pengangkut sampah menurunkan muatan, volume sampah yang masuk dicatat di pos ini setiap harinya.

Dua unit *excavator* dan satu unit *buldozer*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2, dioperasikan untuk menata sampah pada *landfill*. Sampah yang telah diangkut, diletakkan di titik pembuangan, lalu dua unit *excavator* secara estafet mengambil dan meletakkan sampah pada *landfill*. *Buldozer* bekerja untuk mendorong dan memadatkan sampah yang telah ditata di atas *landfill*.



Gambar 4.2. Alat Berat Penata Sampah pada *Landfill*

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012

Dua unit pengolahan air lindi dioperasikan untuk menampung dan mengolah air lindi yang dihasilkan dari penumpukan sampah di *landfill* sebelum dilepas ke lingkungan. Kolam pengolahan air lindi tersebut berada di sebelah Barat dan di sebelah Utara zona B. Di areal TPA Cipayung terdapat 3 sumur pantau sebagai indikator pencemaran air lindi terhadap air tanah di sekitar TPA Cipayung. Tabel 4.1 menunjukkan data sarana dan prasarana yang dimiliki TPA Cipayung.

Sampah yang diproses setiap harinya di TPA Cipayung diangkut dengan beberapa jenis kendaraan pengangkut sampah meliputi *dump truck*, *arm roll*, *tronton*, *kijang*, *motor*, dan *engkel*. Kapasitas angkut setiap kendaraan berbeda-beda bergantung pada jenis kendaraannya. Terdapat 92 unit kendaraan pengangkut yang beroperasi untuk melakukan aktivitas pengangkutan sampah, 54 unit diantaranya merupakan armada milik Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota

Depok, sedangkan beberapa unit sisanya milik Dinas Pasar dan swadaya masyarakat.

Kendaraan pengangkut berjenis *dump truck* memiliki kapasitas angkut muatan sebanyak 8 m³ setiap satu kali pengangkutan. Sedangkan *arm roll* memiliki kapasitas angkut muatan sebanyak 4 m³, *tronton* memiliki kapasitas 10 m³, kendaraan kijang memiliki kapasitas 3 m³, gerobak motor (motor) memiliki kapasitas 2 m³, dan engkel memiliki kapasitas muatan 1 m³.

Dalam sehari, armada pengangkut sampah melakukan ritasi hingga 3 kali. Berdasarkan hasil rekapitulasi sampah yang masuk ke TPA Cipayung tahun 2011, diperoleh data bahwa volume sampah yang masuk ke TPA Cipayung terhitung dari tanggal 3 Januari 2011 hingga tanggal 31 Oktober 2011 adalah sebanyak 220060 m³, sehingga didapatkan rata-rata volume sampah yang masuk ke TPA Cipayung adalah 850 m³/hari.

4.3 Operasional TPA

UPT TPA Cipayung merupakan unsur pelaksana untuk menunjang operasional Dinas Kebersihan dan Pertamanan dalam melaksanakan sebagian urusan pemerintahan bidang pekerjaan umum di bidang pengelolaan TPA. Pimpinan tertinggi pengelolaan TPA Cipayung adalah Kepala UPT (Unit Pelaksana Teknis) TPA Cipayung. Sumber daya manusia yang mengelola operasional TPA cipayung sebanyak 41 orang.

Pengangkutan sampah dilakukan oleh pekerja yang dibawah langsung oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan. Kegiatan pemrosesan sampah berlangsung setiap hari Senin hingga hari Sabtu mulai pukul 08.00 WIB hingga pukul 17.00 WIB. Berbeda dengan kegiatan pemrosesan sampah, kegiatan perkantoran dimulai setiap hari Senin sampai dengan hari Jumat.

Pengangkutan sampah dilakukan setiap hari operasional menggunakan kendaraan pengangkut sampah. Selanjutnya, sampah tersebut dibuang ke titik pembuangan setelah dilakukan pencatatan volume sampah masuk. Kemudian, dua unit *excavator* dioperasikan secara estafet untuk mengambil dan meletakkan sampah pada *landfill*. Satu unit *buldozer* bertugas untuk menata serta memadatkan sampah di atas *landfill*. Para pemulung yang mencari sampah yang layak jual

mulai bekerja sejak sampah dibuang di titik pembuangan hingga sampah siap ditata dan dipadatkan di atas *landfill* oleh *buldozer*. Proses pembuangan, penataan dan penimbunan sampah pada area *landfill* TPA Cipayung ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Pada lokasi pembuangan akhir TPA Cipayung tidak dilakukan proses pengomposan. Proses yang terjadi adalah penataan sampah pada *landfill* di zona pembuangan dan *material recovery* melalui pemilahan yang dilakukan oleh pemulung. Sampah yang akan ditimbun pada lahan urug yang dari proses di tempat pembuangan akhir berasal dari sisa *material recovery*.



Gambar 4.3. Proses Penataan dan Penimbunan Sampah pada *Landfill* TPA Cipayung

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Hasil Pengukuran

5.1.1 Timbulan Sampah di TPA Cipayung

Timbulan sampah didapatkan berdasarkan jumlah dan kapasitas kendaraan pengangkut sampah yang masuk ke TPA Cipayung selama delapan hari penelitian. Dari data jumlah dan kapasitas kendaraan pengangkut sampah yang masuk ke TPA Cipayung, didapatkan volume sampah yang dibuang di area *landfill* TPA Cipayung. Sehingga, dari data tersebut didapatkan timbulan sampah rata-rata per hari dalam satuan volume (m^3). Dengan didapatkannya berat jenis sampah dari hasil pengukuran berat jenis sampah, besar timbulan sampah dapat direpresentasikan dalam satuan kg per hari. Tabel di bawah ini menunjukkan hasil pengukuran volume sampah masuk selama delapan hari penelitian:

Tabel 5.1. Volume Sampah Masuk per Hari

Hari Ke-	Volume per Hari (m^3)
1	817
2	803
3	803
4	826
5	782
6	626
7	769
8	711
Total	6.137

Sumber: Diolah dari UPT TPA Cipayung, 2012

Volume sampah yang dibuang ke area *landfill* TPA Cipayung sebanyak selama delapan hari penelitian sebanyak $6.137 m^3$. Dengan menggunakan persamaan 3.3, diperoleh data timbulan sampah TPA Cipayung sebesar $767,125 m^3/hari$. Dari hasil penelitian selama delapan hari, diperoleh data berat jenis sampah sebesar $166,919 kg/m^3$. Dengan demikian, dengan menggunakan

persamaan 3.4 didapatkan besar timbunan sampah TPA Cipayung sebanyak 128.048,1 kg/hari atau sekitar 128 ton/hari.

5.1.2 Berat Jenis Sampah

Berat jenis sampah diukur dengan memasukkan sampah ke dalam kotak pengukur kemudian dipadatkan dengan cara menghentakkan kotak pengukur selama tiga kali lalu dicatat volume dan beratnya. Gambar 5.1 di bawah ini menunjukkan bentuk kotak pengukur.



Gambar 5.1. Kotak Pengukur

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012

Volume sampah dihitung dengan cara mengukur penurunan sampah setelah dihentak-hentakkan selama tiga kali. Ketinggian penurunan sampah diukur menggunakan penggaris di keempat sisi kotak pengukur dan ditengah-tengah kotak pengukur. Ketinggian penurunan sampah rata-rata ($H_{\text{penurunan}}$) didapat dari rata-rata ketinggian penurunan sampah yang didapat dari keempat sisi dan titik di tengah kotak pengukur.

$$\text{Volume penurunan sampah} = A_{\text{total}} \times H_{\text{penurunan}}$$

$$\text{Volume sampah} = \text{volume kotak} - \text{volume penurunan sampah}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan rata-rata berat jenis sampah TPA Cipayung dari delapan hari pengukuran sebesar 166,919 kg/m³. Perhitungan selengkapnya dijelaskan pada Lampiran 2. Tabel 5.2 berikut ini menunjukkan hasil perhitungan berat jenis sampah dalam delapan hari pengukuran.

Tabel 5.2. Hasil Pengukuran Berat Jenis Sampah TPA Cipayung

Hari Ke-	Berat Jenis (kg/m ³)
1	198,436
2	151,630
3	149,310
4	171,711
5	167,635
6	171,514
7	166,595
8	158,526
Rata-rata	166,919

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993) menyatakan, dalam bukunya yang berjudul *Integrated Solid Waste Management*, bahwa berat jenis dipengaruhi oleh lokasi geografis, musim, dan lama penyimpanan sampah. Kota Depok berada di dalam wilayah Negara Indonesia yang memiliki kelembaban dan curah hujan yang cukup tinggi. Hal ini mempengaruhi karakteristik sampah di Indonesia terutama di Kota Depok sehingga memiliki nilai berat jenis yang cukup tinggi.

5.1.3 Komposisi Sampah di TPA Cipayung

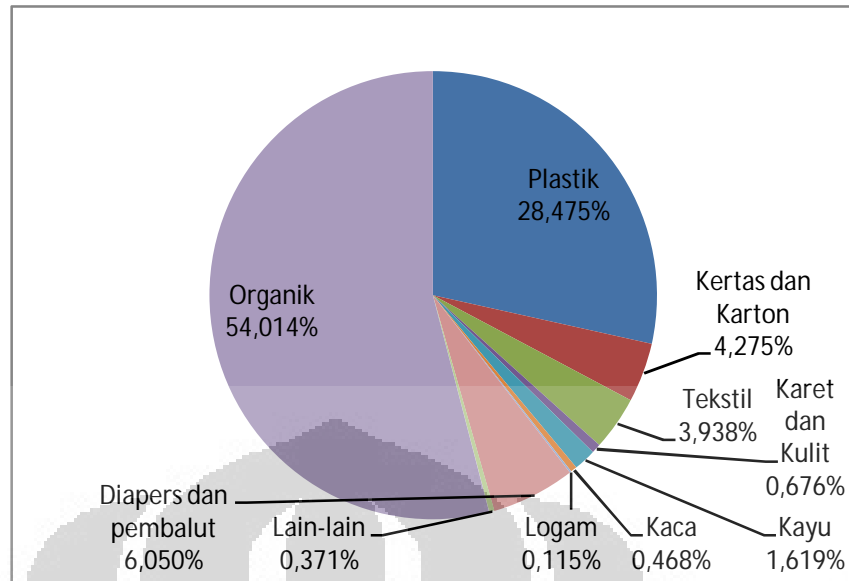
Sampah untuk pengukuran komposisi diambil dari titik *unloading* kendaraan pengangkut sampah, saat sampah sudah siap ditimbun di *landfill* oleh *buldozer*. Sampah yang digunakan untuk pengukuran komposisi sebanyak 100 kg. Pelaksanaan pengukuran komposisi mengacu kepada SNI 19-3964-1994. Pengukuran komposisi dilakukan untuk mengetahui komponen dalam sampah. Pengukuran komposisi dilakukan selama delapan hari. Tabel 5.3 di bawah ini menunjukkan hasil pengukuran komposisi sampah TPA Cipayung.

Tabel 5.3. Hasil Pengukuran Komposisi Sampah TPA Cipayung

Komposisi	Berat (%)								Rata-rata
	Hari Ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Plastik	16,000	21,000	26,800	38,000	30,350	35,650	27,000	33,000	28,475
Kertas dan Karton	3,100	4,000	5,000	4,800	4,100	2,700	4,500	6,000	4,275
Tekstil	2,000	2,000	3,000	5,200	8,000	5,100	3,700	2,500	3,938
Karet dan Kulit	0,260	0,700	0,600	0,300	1,200	1,000	1,250	0,100	0,676
Kayu	2,000	0,300	2,500	2,400	2,300	1,000	1,350	1,100	1,619
Kaca	0,550	0,400	0,800	0,650	0,300	0,345	0,300	0,400	0,468
Logam	0,070	0,180	0,010	0,200	0,070	0,080	0,200	0,110	0,115
<i>Diapers</i> dan pembalut	7,000	6,000	5,000	6,200	5,600	5,600	4,000	9,000	6,050
Lain-lain	0,000	0,090	0,110	0,250	0,300	1,000	1,000	0,215	0,371
Organik	69,020	65,330	56,180	42,000	47,780	47,525	56,700	47,575	54,014
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

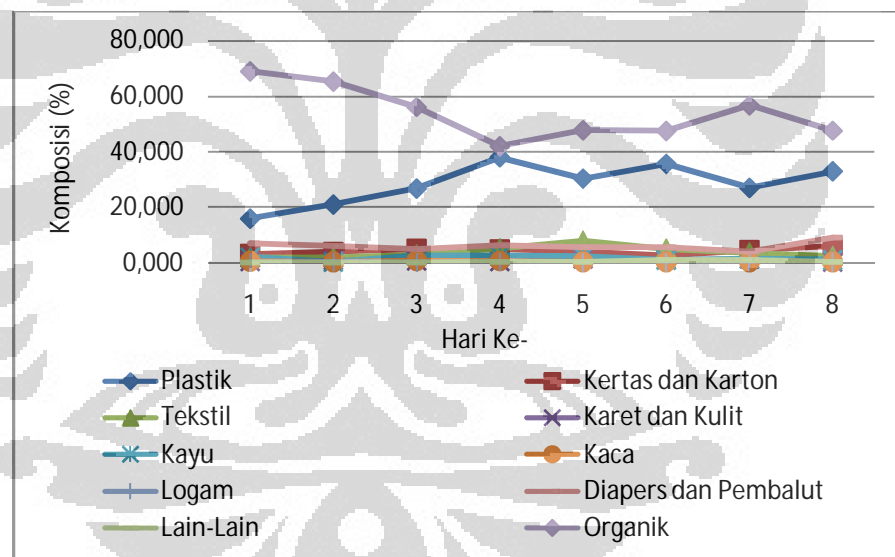
Sumber: Hasil Olahan, 2012

Gambar 5.2 di bawah ini menunjukkan persentase rata-rata komposisi sampah TPA Cipayung. Pengukuran komposisi selama delapan hari menunjukkan bahwa sampah TPA Cipayung terdiri atas 28,475% plastik, 4,275% kertas dan karton, 3,938% tekstil, 0,676% karet dan kulit, 1,619% kayu, 0,468% kaca, 0,115% logam, 6,050% *diapers* dan pembalut, 54,014% organik, dan 0,371% lain-lain. Komponen sampah yang mendominasi sampah TPA Cipayung adalah komponen organik kemudian diikuti dengan komponen plastik, *diapers* dan pembalut, kertas dan karton, tekstil, kayu, dan komponen lainnya. Gambar 5.3 di bawah ini menunjukkan grafik persentase komposisi sampah TPA Cipayung hasil penelitian selama delapan hari.



Gambar 5.2. Komposisi Sampah TPA Cipayung

Sumber: Hasil Olahan, 2012



Gambar 5.3. Persentase Komposisi Sampah TPA Cipayung pada Delapan Hari Pengukuran

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Komponen organik merupakan komponen yang mendominasi sampah TPA Cipayung. Seperti yang telah dijelaskan pada batasan masalah, kategori sampah TPA Cipayung yang dimaksud adalah sampah yang sudah siap untuk ditimbun pada lahan urug (*landfill site*). Berdasarkan pengamatan langsung, pada sampah yang masuk ke area *landfill* TPA Cipayung tidak dilakukan proses

pengomposan. Proses yang dilakukan pada sampah TPA Cipayung hanya proses daur ulang (*recycling*) yang dilakukan oleh pemulung. Reduksi sampah yang dilakukan pemulung ini mencapai 10% (DKP Kota Depok, 2011). Sehingga, komponen organik, seperti sisa makanan, sampah dapur, dan lain sebagainya, terdapat dalam sampah yang akan ditimbun di lahan urug.

Hasil pengukuran komposisi menunjukkan bahwa dalam sampah TPA Cipayung terdapat potensi jumlah sampah untuk proses pengomposan sebesar 54,014% dari sampah total sampah, dengan asumsi bahwa pada seluruh komponen organik dalam sampah TPA Cipayung dapat dilakukan proses pengomposan. Hasil pengukuran komposisi juga menunjukkan potensi jumlah sampah daur ulang mencapai 0,583%, total persentase kaca dan logam dalam sampah jika diasumsikan bahwa seluruh kaca dan logam dapat didaur ulang.

5.1.4 Ukuran Partikel Sampah (*Particle Size Distribution*)

Pertikel sampah diukur dengan saringan berdiameter 40 mm dan 8 mm. Pengukuran ini menghasilkan persentase material sampah yang tertahan saringan berdiameter 40 mm dan 8 mm serta persentase material sampah yang lolos saringan 8 mm.

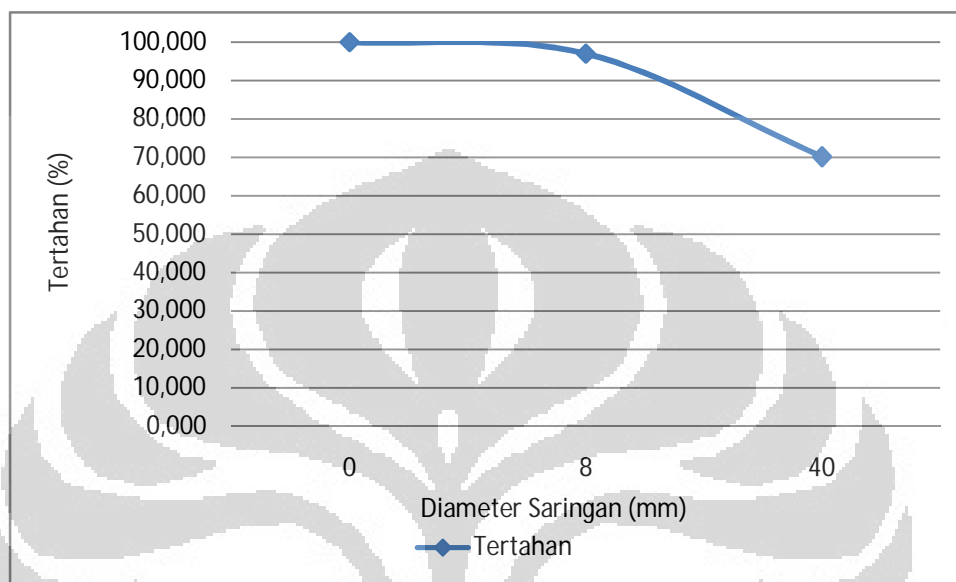
Sebanyak 2 kg sampah digunakan untuk sampel pengukuran partikel sampah. Sampah sebanyak 2 kg ini diambil dari 100 kg sampah yang digunakan untuk pengukuran komposisi. Setelah selesai pengukuran partikel sampah, 2 kg sampah dikembalikan bersama sisa dari 100 kg sampah untuk dilakukan pengukuran komposisi. Data hasil pengukuran komposisi ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 5.4. Hasil Pengukuran Partikel Sampah

Saringan	Berat (%)								Rata-rata
	Hari ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
> 40 mm	69,5	70,5	61	62,5	72	73	83,5	68,5	70,063
40 mm > x > 8 mm	28,25	27,5	35	35	20	25	15	30	26,969
< 8 mm	2,25	2	4	2,5	8	2	1,5	1,5	2,969

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Berdasarkan data di atas, 70,063% sampah TPA Cipayung memiliki ukuran partikel >40 mm, 26,969% berukuran diantara 40 mm dan 8 mm, dan hanya 2,969% yang memiliki ukuran partikel <8 mm. Grafik di bawah ini menunjukkan distribusi ukuran partikel sampah TPA Cipayung:



Gambar 5.4. Ukuran dan Distribusi Partikel

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Hasil pengukuran partikel sampah ini menunjukkan bahwa besar komponen sampah TPA Cipayung berukuran > 40 mm, contohnya seperti kantong plastik, wadah minuman, sampah organik seperti daun, kayu, dan lain sebagainya. Untuk pemanfaatan sampah sebagai bahan baku RDF, semakin besar ukuran sampah yang akan diolah sebagai RDF semakin sulit penanganannya. Dibutuhkan *pre-treatment* sebelum dapat diolah menjadi RDF. *Pre-treatment* yang umumnya dilakukan adalah mencacah (*shredding*) sampah agar memiliki ukuran yang lebih kecil agar penguapan air semakin mudah terjadi. Pencacahan dapat membantu pengurangan kadar air dalam sampah jika kandungan air dalam sampah cukup besar. Foto di bawah ini menunjukkan hasil pengukuran partikel sampah TPA Cipayung:



Gambar 5.5. Hasil Pengukuran Partikel

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012

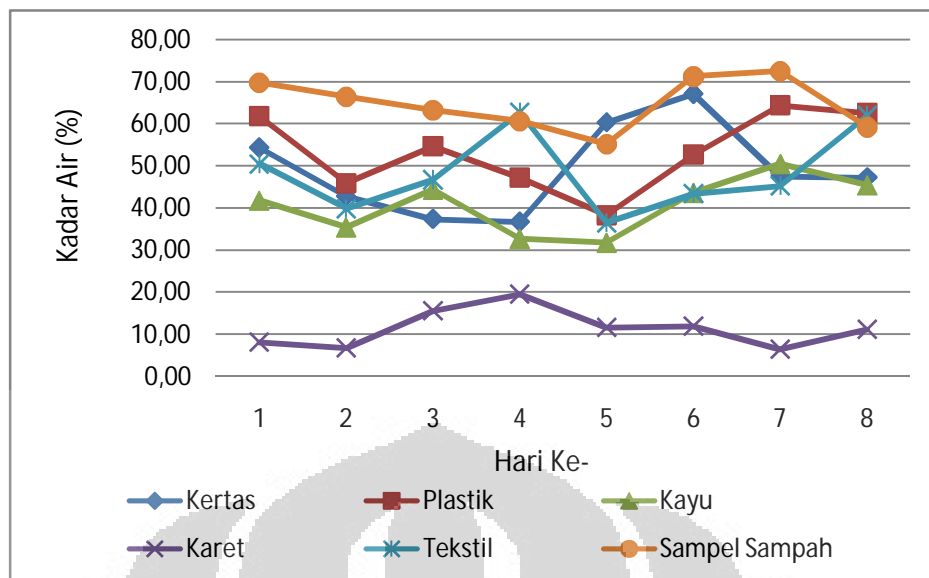
5.1.5 Kadar Air (*Moisture Content*)

Pengukuran kadar air sampah dilakukan di Laboratorium Teknik Kesehatan dan Lingkungan Universitas Indonesia. Nilai kadar air menunjukkan persentase kandungan air dalam material sampah. Hasil pengujian kadar air ditunjukkan pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.6 berikut ini:

Tabel 5.5. Kadar Air Sampah TPA Cipayung

Komposisi	Kadar Air (%)								Rata-rata
	Hari Ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Kertas	54,29	42,78	37,39	36,72	60,29	67,04	47,55	47,24	49,16
Plastik	61,83	45,88	54,66	47,19	38,30	52,69	64,35	62,47	53,42
Kayu	41,77	35,39	44,32	32,71	31,76	43,63	50,44	45,38	40,67
Karet	8,16	6,79	15,65	19,54	11,71	11,94	6,51	11,15	11,43
Tekstil	50,42	39,78	46,72	62,65	36,51	43,40	45,23	61,96	48,33
Sampel Sampah	69,75	66,44	63,16	60,58	55,17	71,20	72,47	59,20	64,74

Sumber: Hasil Olahan, 2012



Gambar 5.6. Persentase Kadar Air Komponen Sampah TPA Cipayung
Sumber: Hasil Olahan, 2012

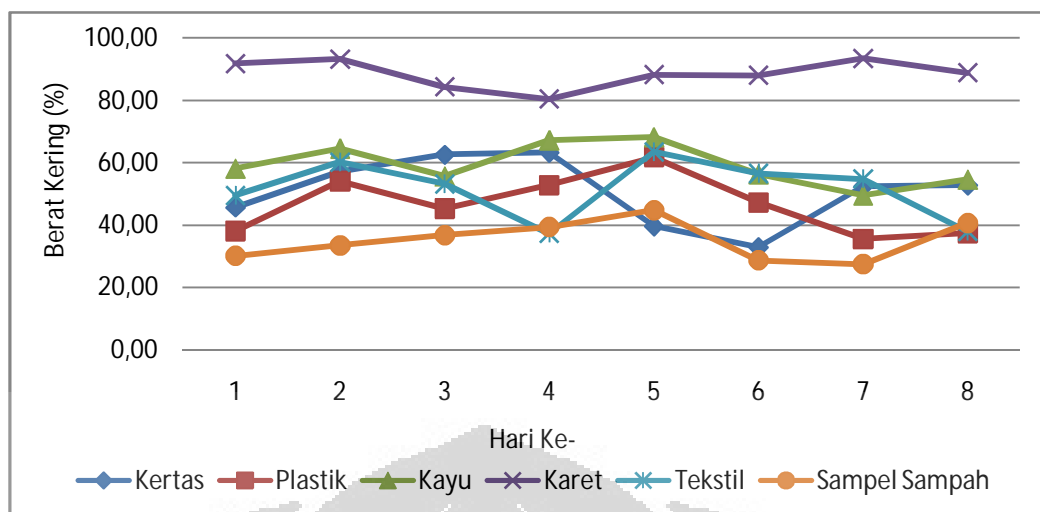
Plastik memiliki nilai kadar air rata-rata yaitu 53,42%. Rata-rata kadar air kertas sebesar 49,16%, tekstil 48,33%, kayu 40,67% dan yang terakhir karet sebesar 11,43%. Sedangkan untuk sampel sampah secara keseluruhan memiliki kadar air sebesar 64,47%.

Persentase berat kering sampah didapatkan berdasarkan pengukuran kadar air. Setelah didapatkan persentase kadar air sampah, untuk mendapatkan persentase berat kering sampah menggunakan persamaan dimana persentase berat kering sama dengan 100% dikurangi persentase kadar air. Hasil perhitungan persentase berat kering setiap komponen sampah TPA Cipayung selama delapan hari penelitian ditunjukkan pada Tabel 5.6 dan Gambar 5.7 di bawah ini:

Tabel 5.6. Berat Kering Komponen Sampah TPA Cipayung

Komposisi	Berat Kering (%)								Rata-rata
	Hari Ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Kertas	45,71	57,22	62,61	63,28	39,71	32,96	52,45	52,76	50,84
Plastik	38,17	54,12	45,34	52,81	61,70	47,31	35,65	37,53	46,58
Kayu	58,23	64,61	55,68	67,29	68,24	56,37	49,56	54,62	59,33
Karet	91,84	93,21	84,35	80,46	88,29	88,06	93,49	88,85	88,57
Tekstil	49,58	60,22	53,28	37,35	63,49	56,60	54,77	38,04	51,67
Sampel Sampah	30,25	33,56	36,84	39,42	44,83	28,80	27,53	40,80	35,26

Sumber: Hasil Olahan, 2012



Gambar 5.7. Persentase Berat Kering Komponen Sampah TPA Cipayung

Sumber: Hasil Olahan, 2012

5.1.6 Kadar Volatil

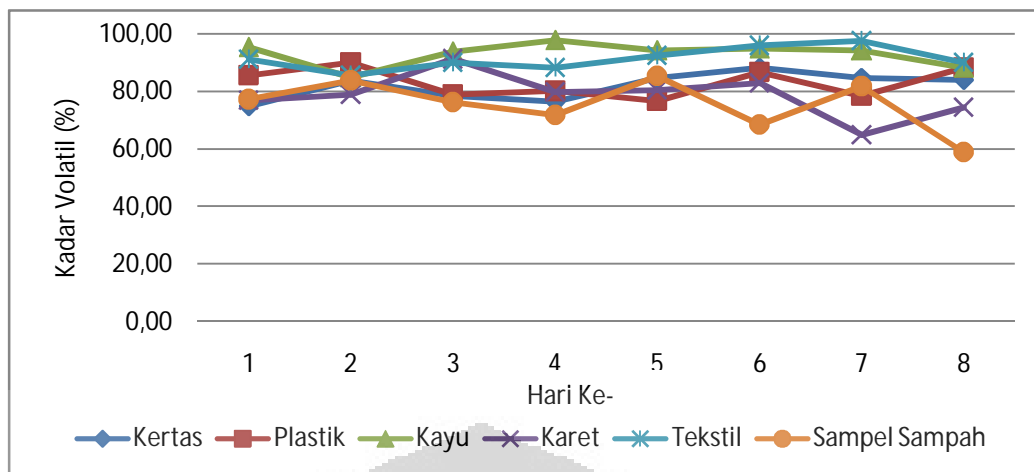
Pengukuran kadar volatil dilakukan setelah dilakukannya pengukuran kadar air. Pengukuran kadar volatil dilakukan di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan Universitas Indonesia menggunakan *furnace* dengan suhu 550°C. Nilai kadar volatil menunjukkan persentase material yang menguap pada suhu 550°C yang terkandung dalam material sampah.

Persentase kadar volatil di bawah ini dihitung berdasarkan pada berat keringnya. Tabel dan grafik di bawah ini menunjukkan persentase kadar volatil sampah TPA Cipayung dalam *dry basis*:

Tabel 5.7. Persentase Kadar Volatil Komponen Sampah TPA Cipayung

Komposisi	Kadar Volatil (%)								Rata-rata
	Hari Ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Kertas	75,00	83,71	78,40	76,35	84,77	88,23	84,71	84,00	81,89
Plastik	85,63	90,02	78,88	80,13	76,69	86,63	78,56	88,27	83,10
Kayu	95,39	84,88	93,76	97,85	94,29	94,91	94,23	88,28	92,95
Karet	76,95	78,96	91,26	79,81	80,39	83,01	64,92	74,43	78,72
Tekstil	91,21	85,52	90,08	88,27	92,49	95,94	97,57	89,95	91,38
Sampel Sampah	77,26	83,81	76,21	71,81	85,30	68,40	81,84	58,85	75,43

Sumber: Hasil Olahan, 2012



Gambar 5.8. Kadar Volatil Komponen Sampah TPA Cipayung

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Kertas memiliki nilai kadar volatil rata-rata yaitu 81,89%. Rata-rata kadar volatil plastik sebesar 83,10%, kayu 92,95%, karet 78,72% dan tekstil sebesar 92,09%. Karet memiliki kadar volatil rata-rata terbesar dibandingkan komponen sampah lainnya. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, kadar volatil rata-rata sampah TPA Cipayung ditunjukkan pada sampah utuh yaitu sebesar 75,43%.

5.1.7 Kadar Abu dan *Fixed Carbon*

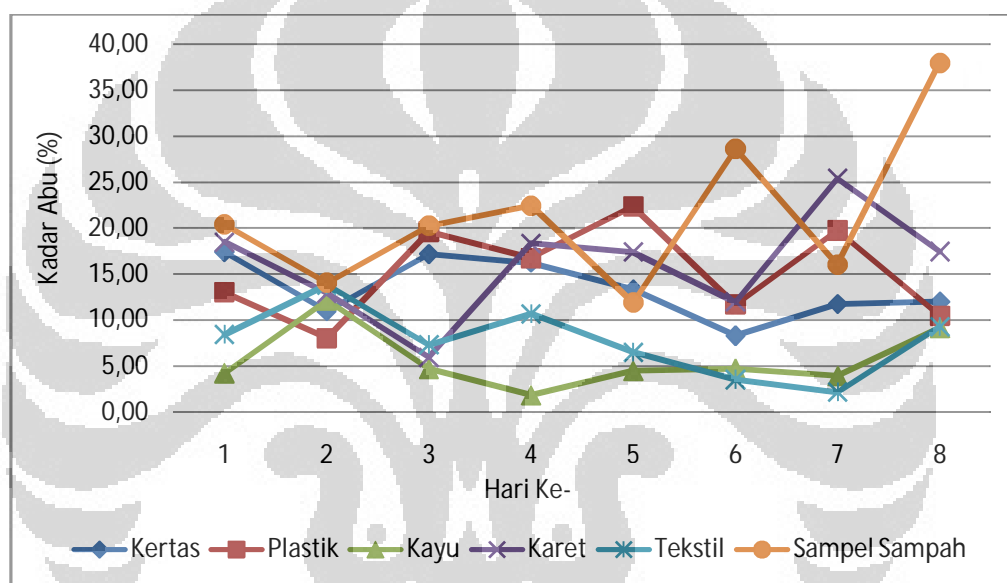
Pengukuran kadar abu dilakukan setelah dilakukannya pengukuran kadar volatil. Pengukuran kadar abu dilakukan di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan Universitas Indonesia menggunakan *furnace* dengan suhu 950°C. Nilai kadar abu menunjukkan persentase material sampah yang tersisa setelah dipanaskan pada suhu 950°C. Pengukuran kadar abu selama delapan hari menghasilkan data sebagai berikut:

Persentase kadar abu ditunjukkan dalam *dry basis*. Tabel dan grafik di bawah ini menunjukkan data kadar abu yang terkandung dalam setiap komponen sampah di TPA Cipayung selama delapan hari penelitian. Berdasarkan hasil pengujian, plastik memiliki nilai kadar abu rata-rata yaitu 15,21%. Rata-rata kadar abu kertas sebesar 13,39%, tekstil 7,70%, kayu 5,64% dan karet sebesar 15,98%. Sedangkan kadar abu rata-rata untuk keseluruhan sampah sebesar 7,03%.

Tabel 5.8. Persentase Kadar Abu Komponen Sampah TPA Cipayung

Komposisi	Kadar Abu (%)								Rata-rata
	Hari Ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Kertas	17,39	10,96	17,18	16,23	13,30	8,29	11,74	11,99	13,39
Plastik	13,02	8,05	19,60	16,73	22,34	11,70	19,75	10,49	15,21
Kayu	4,23	12,13	4,70	1,83	4,49	4,71	3,91	9,15	5,64
Karet	18,48	12,90	5,94	18,33	17,40	11,96	25,40	17,45	15,98
Tekstil	8,42	13,80	7,30	10,68	6,48	3,50	2,14	9,27	7,70
Sampel Sampah	20,39	14,04	20,24	22,42	11,88	28,59	15,99	37,95	21,44

Sumber: Hasil Olahan, 2012

**Gambar 5.9. Kadar Abu Komponen Sampah TPA Cipayung**

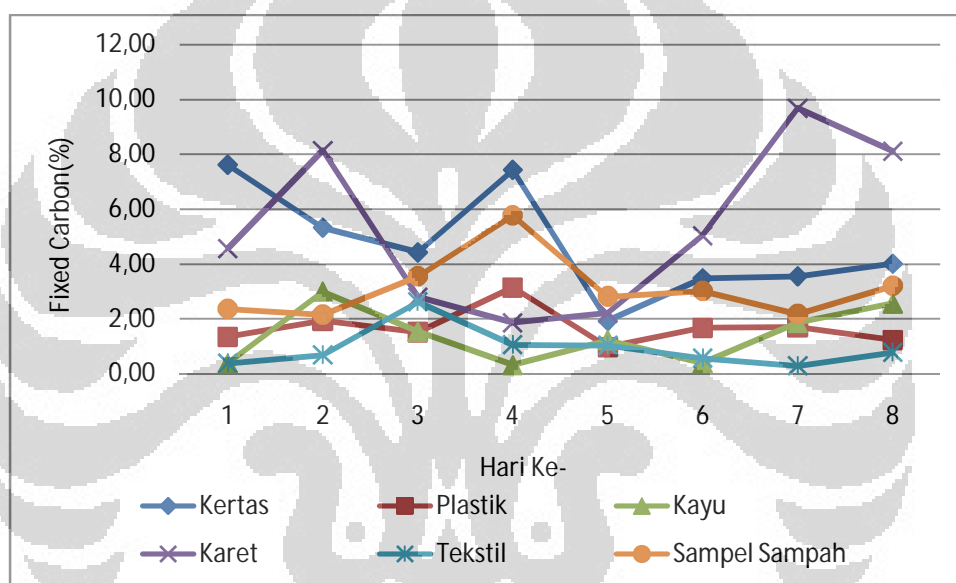
Sumber: Hasil Olahan, 2012

Fixed carbon adalah kadar tetap yang ada pada material setelah *volatile matter* terpisahkan. Pada saat sampah dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 950°C, masih tersisa terdapat material yang terbakar pada suhu tersebut. Material yang terbakar pada suhu 950°C disebut sebagai *fixed carbon*. Tabel dan gambar di bawah ini menunjukkan data *fixed carbon* dalam sampah selama delapan hari penelitian:

Tabel 5.9. Kadar *Fixed Carbon* Komponen Sampah TPA Cipayang

Komposisi	<i>Fixed Carbon</i> (%)								
	Hari Ke-								Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Kertas	7,61	5,32	4,42	7,43	1,93	3,48	3,55	4,01	4,72
Plastik	1,35	1,93	1,52	3,14	0,98	1,67	1,69	1,24	1,69
Kayu	0,38	2,99	1,54	0,32	1,22	0,38	1,86	2,56	1,41
Karet	4,57	8,15	2,80	1,86	2,21	5,03	9,68	8,12	5,30
Tekstil	0,38	0,69	2,62	1,05	1,02	0,55	0,28	0,78	0,92
Sampel Sampah	2,35	2,15	3,55	5,77	2,81	3,01	2,17	3,19	3,13

Sumber: Hasil Olahan, 2012

**Gambar 5.10. Kadar *Fixed Carbon* Komponen Sampah TPA Cipayang**

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Berdasarkan hasil pengujian, plastik mengandung *fixed carbon* rata-rata yaitu 1,69%. Rata-rata *fixed carbon* kertas sebesar 4,72%, tekstil 0,92%, kayu 1,41% dan karet sebesar 5,30%. Sedangkan *fixed carbon* rata-rata untuk keseluruhan sampah sebesar 3,13%.

5.1.8 Karakteristik Komponen *Combustible* Sampah TPA Cipayang

Komponen *combustible* sampah TPA Cipayang terdiri atas plastik, kertas dan karton, karet dan kulit, tekstil, dan kayu. Perhitungan kadar air komponen *combustible* sampah TPA Cipayang adalah sebagai berikut:

Tabel 5.10. Perhitungan Kadar Air dan Berat Kering

Komponen	Berat (kg)	% Kadar Air Komponen	Berat Air (kg)	Berat Kering (kg)	% Berat Kering
Plastik	28,43	53,42	15,18	13,24	34,01
Kertas dan Karton	4,28	49,16	2,10	2,17	5,58
Tekstil	3,94	48,33	1,90	2,03	5,23
Karet dan Kulit	0,68	11,43	0,08	0,60	1,54
Kayu	1,62	40,67	0,66	0,96	2,47
Total	38,93		19,93	19,01	

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Kadar air sampah komponen *combustible* didapatkan melalui perhitungan berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \left(\frac{\text{berat air (kg)}}{\text{berat total (kg)}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Kadar air (\%)} = \left(\frac{19,93 \text{ kg}}{38,93 \text{ kg}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Kadar air (\%)} = 51,18\%$$

$$\text{Berat kering (\%)} = 100\% - \% \text{ kadar air} = 48,82\%$$

Kadar air komponen *combustible* sebesar 51,18%. Untuk pemanfaatan sebagai bahan baku RDF, nilai ini melebihi nilai kadar air pada *European Standard* yaitu <25% atau pun standar-standar yang digunakan berbagai negara lainnya seperti Finlandia 25%-35%, Italia <25%, dan Inggris 7%-28%. Kadar air sampah dipengaruhi oleh musim, kelembaban, kondisi cuaca dan hujan (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993). Berdasarkan data hujan bulanan pada bulan Maret tahun 2012 dari situs bmgk.go.id, Kota Depok memiliki curah hujan menengah dengan rentang 151-200 mm dengan sifat hujan atas normal 116-150%. Kondisi ini dapat mempengaruhi kandungan air sampah TPA Cipayang sehingga memiliki kadar air yang tinggi.

Kadar volatil dan kadar abu komponen *combustible* sampah TPA Cipayang didapatkan dari data hasil pengukuran kadar volatil yang dilakukan di laboratorium dan berat kering tiap komponen dalam sampah TPA Cipayang. Tabel berikut ini menunjukkan perhitungan lengkapnya:

Tabel 5.11. Perhitungan Kadar Volatil dan Kadar Abu

Komponen	Berat Sampah <i>Combustible</i> (kg)	% Komposisi Sampah <i>Combustible</i>	Berat Kering (kg)	% Berat Kering	% Volatil Komponen	Material Volatil (kg)	% Kadar Abu	Berat Abu (kg)
Plastik	28,43	73,0	13,24	34,01	83,10	11,00	15,21	2,01
Kertas dan Karton	4,28	11,0	2,17	5,58	81,89	1,78	13,39	0,29
Tekstil	3,94	10,1	2,03	5,23	91,38	1,86	7,70	0,16
Karet dan Kulit	0,68	1,7	0,60	1,54	78,72	0,47	15,98	0,10
Kayu	1,62	4,2	0,96	2,47	92,95	0,89	5,64	0,05
Total	38,93		19,01			16,01		2,61

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Kadar volatil dan kadar abu sampah (*dry basis*) bahan baku RDF dihitung berdasarkan berat keringnya. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di bawah ini:

$$\text{Kadar volatil (\%)} = \left(\frac{\text{berat material volatil (kg)}}{\text{berat kering total (kg)}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Kadar volatil (\%)} = \left(\frac{16,01 \text{ kg}}{19,01 \text{ kg}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Kadar volatil (\%)} = 84,21 \%$$

$$\text{Kadar abu (\%)} = \left(\frac{\text{berat abu (kg)}}{\text{berat kering total (kg)}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu (\%)} = \left(\frac{2,61 \text{ kg}}{19,01 \text{ kg}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu (\%)} = 13,74 \%$$

Tabel di bawah ini merangkum hasil perhitungan kadar volatil dan kadar abu di atas:

Tabel 5.12. Kadar Volatil dan Kadar Abu Komponen *Combustible* Sampah TPA Cipayung

	<i>Dry Basis</i>
Kadar Volatil (%)	84,21
Kadar Abu (%)	13,74

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Kadar abu sampah *combustible* TPA melebihi standar yang biasa digunakan di ISTAC Co. (Turki) dan Lechtenberg (Jerman). Standar kandungan abu yang digunakan ISTAC Co. (Turki) sebesar 7,7% dan 8-12% untuk Lechtenberg (Jerman). Kadar abu yang tinggi merepresentasikan bahwa sampah akan menyisakan residu berupa abu dalam porsi yang banyak setelah dilakukan pembakaran. Kadar abu yang tinggi akan menyulitkan penanganan (*handling*) terhadap residu pembakaran. Sedangkan, kadar abu yang sedikit memudahkan penanganan (*handling*) terhadap residu pembakaran.

Kandungan material volatil dalam komponen *combustible* sampah TPA Cipayung cukup tinggi. Jika dibandingkan dengan standar yang digunakan di Lechtenberg (Jerman) yaitu sebesar 50-80%, kandungan volatil dalam sampah memenuhi standar. Namun, jika dibandingkan dengan standar di ISTAC Co. (Turki) yaitu sebesar 92,3%, kandungan volatil dalam sampah kurang memenuhi standar.

5.2 Analisis Hasil Pengujian Nilai Kalori Sampah

Kertas, plastik, kayu, karet, dan tekstil merupakan komponen sampah TPA Cipayung yang diuji nilai kalori atau kandungan energinya. Pemilihan kelima komponen ini didasarkan pada probabilitas komponen tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar dan bahan baku RDF. Komponen sampah organik sebenarnya merupakan salah satu komponen sampah yang dapat dijadikan bahan bakar. Namun, pada studi ini diasumsikan komponen sampah organik digunakan dalam proses pengomposan, bukan sebagai bahan baku.

Data dibawah ini merupakan hasil pengujian nilai kalori sampah TPA Cipayung yang dilakukan di Laboratorium Balai Besar Teknologi Energi Pusat Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Serpong, Tangerang, Banten:

Tabel 5.13. Nilai Kalori Sampah TPA Cipayung

Komposisi	Nilai Kalori (kCal/kg)		
	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Kertas	2.552	2.253	2.402,5
Plastik	5.239	5.744	5.491,5
Kayu	4.180	1.971	3.075,5
Karet	8.244	5.740	6.992
Tekstil	3.574	1.658	2.616

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Balai Besar Teknologi Energi, 2012

Terdapat perbedaan nilai kalori sampel 1 dan sampel 2 yang cukup signifikan pada komponen kayu, karet, dan tekstil. Hal ini mungkin terjadi dikarenakan karakteristik bahan yang berbeda walaupun termasuk ke dalam komponen yang sama.

5.2.1 Analisis Perbandingan Nilai Kalori Sampah TPA Cipayung Berbagai Model

Nilai kalori yang terkandung dalam sampah dapat diketahui dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah dijabarkan pada sub-subbab 2.1.7 dengan memasukkan data-data yang telah didapatkan dari hasil pengujian laboratorium.

a. Model Konvensional

$$H_n = 88,2R + 40,5(G + P) - 6W$$

Dimana:

H_n = net calorific value (kcal/kg)

R = plastik, persen berat kering = 34,01(ditambah dengan persen berat kering tekstil dan karet karena berasal dari bahan sintesis)

G = sampah organik, persen berat kering = 2,47

P = kertas, persen berat kering = 5,58

W = kadar air, persen berat kering = 51,18

$H_n = 3.614,96$ kCal/kg

b. Model Khan dan Abu Gharah

$$E = 23(F + 3,6(PA)) + 160(PL)$$

Dimana:

E = kandungan energi dalam sampah (Btu/lb)

PL = persentase berat plastik = 73

F = persentase berat sampah makanan (*food waste*) = pada studi ini tidak diperhitungkan dalam komponen *combustible* sampah

PA = persentase berat kertas = 11

$$E = 7.802,2 \text{ btu/lb} = 4.334,73 \text{ kCal/kg}$$

c. Model Tradisional

$$H_n = 45B - 6W$$

Dimana:

B = *combustible volatile matter* = 84,21

W = kadar air = 51,18

$$H_n = 3.482,28 \text{ kCal/kg}$$

d. Model Bento

$$H_n = 44,75B - 6W + 21,2$$

Dimana:

B = *combustible volatile matter* = 84,21

W = kadar air = 51,18

$$H_n = 3.490,11 \text{ kCal/kg}$$

e. Model Tchobanoglous

Tabel di bawah ini menunjukkan perhitungan nilai kalori berdasarkan model Tchobanoglous.

Tabel 5.14. Perhitungan Kandungan Energi Model Tchobanoglous

Komponen	Berat (kg)	Kandungan Energi (kCal/kg)	Total Energi (kCal)
Kertas	4,3	2.402,5	10.270,7
Plastik	28,4	5.491,5	156.095,9
Kayu	1,6	3.075,5	4.978,5
Karet	0,7	6.992	4.728,3
Tekstil	3,9	2.616	10.300,5
Total	38,9		186.373,9

Sumber: Hasil Olahan, 2012

$$\text{Kandungan Energi (kCal/kg)} = \frac{\sum A \times B}{\sum B}$$

Dimana:

A = kandungan energi (nilai kalori) tiap komponen sampah (kCal/kg)

B = berat sampah (kg)

Kandungan Energi = 4.787,10 kCal/kg

f. Model Mrus

Tabel 5.15. Perhitungan Kandungan Energi Model Mrus

Komponen	% Berat Kering	HHV Komponen (kCal/kg)	HHV (kCal/kg)
Kertas	5,58	2.402,5	134,1
Plastik	34,01	5.491,5	1.867,5
Kayu	2,47	3.075,5	75,9
Karet	1,54	6.992,0	107,6
Tekstil	5,23	2.616,0	136,7
Total	48,82		2.321,8

Sumber: Hasil Olahan, 2012

$$HHV_C = HHV_{WC} \div \left(\frac{C}{100}\right)$$

Dimana:

HHV_{WC} = kandungan energi (nilai kalori) sampah *combustible* (kCal/kg)

C = persentase fraksi *combustible* (%)

HHV_C = kandungan energi (nilai kalori) sampah *combustible* dalam 100% sampah (kCal/kg)

HHV_C = 4.755,74 kCal/kg

Tabel di bawah ini menunjukkan perhitungan kandungan energi sampah dengan memperhitungkan kandungan abu dalam sampah.

Tabel 5.16. Perhitungan Kandungan Energi Tanpa Abu Model Mrus

Komponen	% Berat Kering	% Kadar Abu	% Tanpa Abu
Kertas	5,58	13,39	4,83
Plastik	34,01	15,21	28,84
Kayu	2,47	5,64	2,33
Karet	1,54	15,98	1,29
Tekstil	5,23	7,70	4,82
Total	48,82		42,11

Sumber: Hasil Olahan, 2012

$$HHV_{AC} = HHV_{WC} \div \frac{CA}{100}$$

Dimana:

HHV_{wc} = kandungan energi (nilai kalori) sampah *combustible* (kCal/kg)

CA = persentase berat kering sampah tanpa abu

HHV_C = kandungan energi (nilai kalori) sampah *combustible* dalam 100% sampah (kCal/kg)

$$HHV_{AC} = 11.292,64 \text{ kCal/kg}$$

Seluruh hasil perhitungan nilai kalori dengan berbagai model ditunjukkan pada Tabel 5.17 berikut ini:

Tabel 5.17. Perbandingan Nilai Kalori Berbagai Model

Model	Nilai Kalori (kCal/kg)
Konvensional	3.614,96
Khan dan Abu Gharah	4.334,73
Tradisional	3.576,99
Bento	3.584,29
Tchobanoglous	4.787,10
Mrus	4.755,74
Mrus (tanpa abu)	11.292,64

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Tabel 5.17 di atas menunjukkan perhitungan nilai kalori atau kandungan energi dengan berbagai model. Hasil perhitungan nilai kalori dengan berbagai model dan berdasarkan hasil pengujian menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda kecuali hasil perhitungan model Mrus yang memperhitungkan kadar abu. Hasil perhitungan nilai kalori dengan model Mrus yang memperhitungkan kadar abu dalam sampah menunjukkan hasil paling tinggi. Dengan demikian, nilai kalori hasil perhitungan model Mrus (tanpa abu) menunjukkan bahwa semakin sedikit abu yang terkandung dalam sampah, semakin tinggi nilai kalori atau energi yang dikandungnya. Sampah dengan kadar abu yang rendah memiliki kandungan energi yang tinggi.

5.3 Analisis Potensi Sampah TPA Cipayung sebagai Bahan Baku RDF

Tabel di bawah ini merangkum serta menunjukkan karakteristik sampah hasil penelitian:

Tabel 5.18. Karakteristik Sampah TPA Cipayung

Parameter	
Kadar Air (% w)	51,18
Kadar Volatil (% dry)	84,21
Kadar Abu (% dry)	13,74
Nilai Kalori (kCal/kg)	3.576,99-4.787,10

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Tabel berikut ini menunjukkan perbandingan karakteristik sampah TPA Cipayung dengan berbagai standar karakteristik sampah bahan baku RDF:

Tabel 5.19. Perbandingan Karakteristik Sampah *Combustible* TPA Cipayung dengan Berbagai Standar

Parameter	TPA Cipayung	ISTAC Co. (Turki)	Lechtenberg (Jerman)	European Standard	Finlandia	Italia	Inggris
Kadar Air (%w)	51,18	25	<20	<25	25-35	<25	7-28
Kadar Volatil (%dry)	84,21	92,3	50-80	-	-	-	-
Kadar Abu (%dry)	13,74	7,7	8-12	-	-	-	-
Nilai Kalori (kCal/kg)	3.576,99 - 4.787,10	3.500	-	3.585	3.107-3.824	3.585	4.469

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Tabel di bawah ini menampilkan perbandingan karakteristik masing-masing komponen sampah *combustible* TPA Cipayung dengan berbagai standar karakteristik sampah bahan baku RDF:

Tabel 5.20. Perbandingan Karakteristik Komponen Sampah *Combustible* TPA Cipayung dengan Berbagai Standar

Parameter	Plastik	Kertas dan Karton	Tekstil	Karet dan Kulit	Kayu	ISTAC Co. (Turki)	Lechtenberg (Jerman)	European Standard	Finlandia	Italia	Inggns
Kadar Air (%ow)	53,42	49,16	48,33	11,43	40,67	25	<20	<25	25-35	<25	7-28
Kadar Volatil (%dry)	83,10	81,89	91,38	78,72	92,95	92,3	50-80	-	-	-	-
Kadar Volatil (%ow)	38,62	39,60	47,34	66,03	54,98	-	-	-	-	-	-
Kadar Abu (%dry)	15,21	13,39	7,70	15,98	5,64	7,7	8-12	-	-	-	-
Kadar Abu (%ow)	7,18	7,00	3,86	13,83	3,70	-	-	<5	5-10	20	12
Nilai Kalori (kCal/kg)	5.492	2.403	2.616	6.992	3.076	3.500	-	3.585	3.107-3.824	3.585	4.469

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Dari Tabel 5.19 di atas, kadar air sampah *combustible* TPA Cipayung lebih tinggi dibandingkan dengan semua standar. Hal ini dikarenakan karakteristik sampah negara Indonesia yang cenderung memiliki kadar air yang tinggi. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kadar air sampah dipengaruhi oleh musim, kelembaban, kondisi cuaca dan hujan (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993). Berdasarkan data hujan bulanan pada bulan Maret tahun 2012 dari situs bmgk.go.id, Kota Depok memiliki curah hujan menengah dengan rentang 151-200 mm dengan sifat hujan atas normal 116-150%. Kondisi ini dapat mempengaruhi kandungan air dalam sampah TPA Cipayung sehingga memiliki kadar air yang tinggi.

Kadar air yang tinggi menunjukkan bahwa sampah TPA Cipayung harus dilakukan *pre-treatment* terlebih dahulu, sebelum dapat dijadikan bahan baku RDF, untuk mengurangi kandungan air yang terdapat dalam sampah sehingga sesuai dengan standar. Kadar air yang tinggi akan mempersulit pembakaran RDF dan memperbesar energi yang dibutuhkan untuk membakar RDF. Energi pembakaran menjadi lebih besar disebabkan RDF dengan kadar air yang tinggi memerlukan energi tambahan untuk menghilangkan kadar air, sebelum RDF akhirnya dapat dibakar dan menghasilkan energi. Namun, jika dilihat per-komponen sampah, karet dan kulit memiliki kadar air yang rendah, sesuai dengan

standar yang ada. Alternatif *pre-treatment* untuk mendapatkan kadar air yang rendah sesuai dengan standar bahan baku RDF adalah dengan mencacah (*shredding*) sampah yang akan dijadikan sebagai bahan baku RDF. Setelah dilakukan pencacahan sampah dapat dikeringkan cukup dengan bantuan udara. Pengurangan kadar air sampah seperti ini tidak perlu memerlukan biaya yang besar.

Kadar volatil sampah komponen *combustible* TPA Cipayung cukup tinggi dan sesuai dengan standar Lechtenberg (Jerman) walaupun tidak cukup sesuai dengan standar ISTAC Co. (Turki). Kadar volatil mempengaruhi penyalaan awal saat pembakaran dan mempengaruhi kebutuhan bahan bakar yang digunakan untuk penyalaan awal. Untuk pemanfaatan sebagai bahan baku RDF, kadar volatil yang tinggi menunjukkan bahwa sampah mudah dibakar dan tidak membutuhkan energi dan bahan bakar dalam jumlah besar untuk penyalaan awal pada saat pembakaran RDF untuk menghasilkan energi.

Dalam pemanfaatan yang lain, sampah rumah tangga dapat dijadikan sebagai bahan bakar dan bahan baku alternatif dalam *co-processing* semen klinker. Dalam *co-processing*, sampah rumah tangga dapat dijadikan sebagai bahan baku sekunder dalam pembakaran semen di dalam unit kiln, dengan mengkombinasikannya dengan bahan bakar primer pembakaran semen yaitu bahan bakar fosil, umumnya digunakan batu bara. Sampah yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar substitusi (alternatif) harus memiliki nilai kalori >2.500 kCal/lg (Geocycle, 2012). Untuk pemanfaatan ini, sampah yang dijadikan bahan baku umumnya dan sebaiknya memiliki kadar air yang rendah sehingga pembakaran menjadi lebih efisien yaitu tidak banyak energi yang bersumber dari bahan bakar fosil yang terbuang hanya untuk mengurangi kadar air dalam sampah, sebelum akhirnya sampah dapat dibakar dan dapat menghasilkan energi. Abu yang dihasilkan dari pembakaran sampah dapat dijadikan sebagai bahan baku alternatif (tambahan) dalam pembuatan semen klinker. Abu memiliki kadar silika yang tinggi, sehingga abu cocok digunakan sebagai bahan baku semen klinker (Geocycle, 2012).

Persentase kadar abu sampah *combustible* TPA Cipayung tidak sesuai dengan beberapa standar. Begitu juga dengan kadar abu komponen sampah

combustible TPA Cipayung. Walaupun demikian, kadar abu yang terkandung tidak terlalu jauh melebihi standar. Kandungan abu dalam sampah *combustible* TPA Cipayung dapat dimanfaatkan sebagai raw material dalam pembuatan semen klinker.

Pengolahan sampah dengan memanfaatkan *co-processing* semen memberikan manfaat yang lebih baik dibandingkan pengolahan sampah dengan insinerator atau langsung dibuang ke *landfill*. Pada *co-processing*, temperatur pembakaran yang digunakan yaitu $>2.000^{\circ}\text{C}$ sedangkan pada insinerator temperatur yang digunakan adalah $<1.480^{\circ}\text{C}$. Dioksin dihasilkan pada suhu pembakaran di bawah 800°C . Pembakaran dengan suhu diatas 2.000°C memungkinkan untuk tidak terbentuknya dioksin. Insinerator masih memungkinkan terbentuknya dioksin dari proses pembakaran (Geocycle, 2012).

Berdasarkan Tabel 5.21 di bawah ini, hasil perhitungan nilai kalori menunjukkan bahwa sampah *combustible* TPA Cipayung, dalam hal ini adalah plastik, kertas, karet, kayu, dan tekstil, memiliki nilai kalori yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan standar-standar di atas. Hasil perbandingan pada Tabel 5.19 menunjukkan bahwa sampah TPA Cipayung berpotensi sebagai bahan baku RDF dengan kandungan energi sebesar $3.576,99 - 4.787,10$ kCal/kg.

Jika dilihat per-komponen sampah, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.20, komponen karet dan kulit merupakan komponen yang memiliki potensi yang besar untuk dijadikan sebagai bahan baku RDF. Hal ini terlihat dari besarnya nilai kalori yang dikandung komponen karet dan kulit, yaitu sebesar 6.992 kCal/kg. Selain itu, komponen karet dan kulit memiliki kadar air yang rendah, hanya sebesar $11,43\%$ dan memiliki kadar volatil yang cukup tinggi, yaitu sebesar $78,72\%$. Walaupun demikian, kendala terbesar untuk menggunakan komponen karet dan kulit sebagai bahan baku RDF adalah jumlah dalam sampah sangat sedikit. Hasil *sampling* penelitian ini menunjukkan persentase komponen karet dan kulit dalam sampah TPA Cipayung hanya sebesar $0,676\%$.

Komponen plastik memiliki karakteristik yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku RDF setelah komponen karet dan kulit. Nilai kalori yang dikandung komponen plastik sebesar $5.491,5$ kCal/kg. Nilai kalori yang dikandung komponen plastik lebih besar dibandingkan standar-standar yang

digunakan di beberapa negara, seperti yang telah ditunjukkan pada pembahasan sebelumnya. Selain itu, jumlah komponen plastik dalam sampah TPA Cipayung cukup banyak, yaitu sebesar 28,475%. Kandungan abu dalam komponen plastik sebesar 15,21%. Kandungan air yang terdapat dalam komponen sampah sangat tinggi, yaitu sebesar 53,24%. Pada umumnya kadar air maksimal material untuk bahan baku RDF sebesar 25%. Sehingga perlu *pre-treatment* pengurangan kadar air untuk meningkatkan potensi komponen plastik sebagai bahan baku RDF.

Karakteristik komponen kayu tidak memiliki potensi sebesar komponen karet dan kulit serta plastik sebagai bahan baku RDF. Nilai kalori yang dikandung komponen kayu hanya sebesar 3.075,5 kCal/kg. Nilai kalori yang dikandung komponen kayu tidak cukup sesuai jika dibandingkan dengan standar di negara Finlandia, Italia, Inggris, Turki dan *European Standard*. Selain itu, kadar air yang terkandung dalam komponen kayu sangat tinggi, yaitu sebesar 40,67% dan jumlah komponen kayu dalam sampah TPA Cipayung hanya sebesar 1,619%. Sehingga perlu *pre-treatment* untuk mengurangi kandungan air dalam komponen kayu untuk dapat digunakan sebagai bahan baku RDF. Walaupun demikian, kadar volatil yang terkandung dalam komponen kayu sangat besar, yaitu sebesar 92,95%. Kadar abu dalam komponen kayu cukup rendah, hanya sebesar 5,64% .

Karakteristik komponen tekstil tidak memiliki potensi sebesar komponen-komponen yang telah dijelaskan sebelumnya. Nilai kalori yang terkandung dalam komponen tekstil hanya sebesar 2.616 kCal/kg. Kadar air yang dikandung komponen plastik juga tinggi, yaitu sebesar 48,33%. Persentase komponen tekstil dalam sampah TPA Cipayung cukup sedikit, hanya sebesar 3,938%. Walaupun demikian, kadar volatil yang terkandung dalam komponen tekstil sangat tinggi, yaitu sebesar 91,38%. Kadar volatil mempengaruhi kebutuhan bahan bakar yang mungkin diperlukan untuk penyalaan awal. Kadar abu yang terkandung dalam komponen tekstil cukup rendah, yaitu hanya 7,70%.

Karakteristik komponen kertas dan karton tidak cukup berpotensi dibandingkan komponen-komponen lainnya. Nilai kalori yang terkandung dalam komponen tekstil sebesar 2.402,5 kCal/kg. Kadar air yang terkandung dalam komponen kertas dan karton sangat tinggi, yaitu sebesar 49,16%. Persentase komponen kertas dan karton dalam sampah tidak cukup besar, hanya 4,275%.

Namun, kadar volatil yang dikandung cukup tinggi, yaitu sebesar 81,89% Kadar abu yang terkandung dalam komponen kertas juga cukup tinggi, yaitu sebesar 13,39%.

Komponen plastik serta karet dan kulit memiliki nilai kalori yang besar dan sesuai dengan berbagai standar yang ditampilkan di atas. Komponen kertas dan karton, tekstil, dan kayu tidak memiliki nilai kalori yang cukup besar dan tidak cukup sesuai dengan standar. Sehingga, komponen sampah TPA Cipayung yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku RDF secara berurutan dari yang paling berpotensi adalah, karet dan kulit dengan nilai kalori 6.992 kCal/kg, plastik dengan nilai kalori 5.491,5 kCal/kg, kayu dengan nilai kalori 3.075,5 kCal/kg, tekstil dengan nilai kalori 2.616 kCal/kg, dan kertas dan karton dengan nilai kalori 2.402,5 kCal/kg.

Jika dibandingkan dengan karakteristik sampah di beberapa negara di Asia, seperti Thailand, Korea, dan Malaysia, kadar air sampah TPA Cipayung masih lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air sampah di negara Thailand. Nilai kadar air sampah TPA Cipayung dibandingkan dengan kadar air sampah pada *landfill* Nonthaburi dalam penelitian Prechtai et al. (2006). Namun, kadar air sampah TPA Cipayung lebih rendah jika dibandingkan dengan sampah di negara Malaysia. Perbandingan ini menggunakan karakteristik sampah di Kuala Lumpur dalam penelitian Kathirvale, Yunus, Sopian, dan Samsuddin (2003).

Untuk perbandingan nilai kalori, nilai kalori sampah Nonthaburi (Thailand) masih jauh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kalori sampah TPA Cipayung. Nilai kalori sampah TPA Cipayung relatif tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan sampah di negara Korea pada penelitian Trang & Lee (2009). Namun, jika dibandingkan dengan sampah di negara Malaysia dalam penelitian Kathirvale, Yunus, Sopian, dan Samsuddin (2003), sampah TPA Cipayung memiliki nilai kalori yang lebih besar.

Kadar abu yang terkandung dalam sampah di TPA Cipayung jauh lebih sedikit dibandingkan dengan sampah Nonthaburi (Thailand). Dalam penelitian Trang & Lee (2009) di Korea dan Kathirvale, Yunus, Sopian, dan Samsuddin (2003) di Malaysia tidak disebutkan kandungan abu (*dry basis*) dalam sampah.

Perbedaan kadar air, kadar abu, dan nilai kalori ini mungkin disebabkan oleh perbedaan komponen dan jumlah komponen yang terkandung dalam sampah di setiap penelitian dan perbedaan kondisi musim pada setiap penelitian dan setiap negara. Tchobanoglous, Theisen, dan Vigil (1993) menyatakan, dalam bukunya yang berjudul *Integrated Solid Waste Management*, bahwa berat jenis dipengaruhi oleh lokasi geografis, musim, dan lama penyimpanan sampah. Nilai kalori yang berbeda mungkin disebabkan komponen yang terkandung dalam sampah. Nilai kalori yang terkandung dalam sampah di Nonthaburi (Thailand) mungkin mengandung cukup banyak sampah yang memiliki nilai kalori yang tinggi, seperti karet dan plastik. Tabel di bawah ini menunjukkan perbandingan karakteristik sampah TPA Cipayung dengan karakteristik sampah di beberapa negara di Asia.

Tabel 5.21. Perbandingan Karakteristik Sampah *Combustible* TPA Cipayung dengan Karakteristik Sampah di Beberapa Negara di Asia

Parameter	TPA Cipayung	Thailand	Korea	Malaysia
Kadar Air (%w)	51,18	47	-	55,01
Kadar Volatil (%dry)	84,21	-	-	-
Kadar Abu (%dry)	13,74	59,8		-
Nilai Kalori (kCal/kg)	3.576,99 - 4.787,10	6.931	4.937	2.180

Sumber: Hasil Olahan, 2012

5.4 Analisis Aliran Material dan Keseimbangan Massa

Aliran material dan keseimbangan massa didapatkan dari hasil penelitian dan seluruh perhitungan yang telah dilakukan. Gambar di bawah ini menunjukkan aliran material dan keseimbangan massa sampah TPA Cipayung. Tabel di bawah ini menunjukkan persentase komposisi sampah TPA Cipayung:

Tabel 5.22. Persentase Komposisi Sampah TPA Cipayung

Komponen	Berat (kg)	% Komposisi	Berat Sampah <i>Combustible</i> (kg)	% Komposisi Sampah <i>Combustible</i>	Berat Sampah Organik (kg)	% Sampah Organik	Berat Sampah <i>non-Combustible</i> (kg)	% Komposisi Sampah <i>non-Combustible</i>
Plastik	28,4	28,4	28,4	73,01				
Kertas dan Karton	4,3	4,3	4,3	10,98				
Tekstil	3,9	3,9	3,9	10,11				
Karet dan Kulit	0,7	0,7	0,7	1,74				
Kayu	1,6	1,6	1,6	4,16				
Organik	54,0	54,0			54,0	100,0		
Kaca	0,5	0,5					0,5	6,64
Logam	0,1	0,1					0,1	1,63
Diapers dan pembalut	6,1	6,1					6,1	85,77
Lain-lain	0,4	0,4					0,4	5,96
Total	100,0	100,0	38,9	100,0	54,0	100,0	7,1	100,0

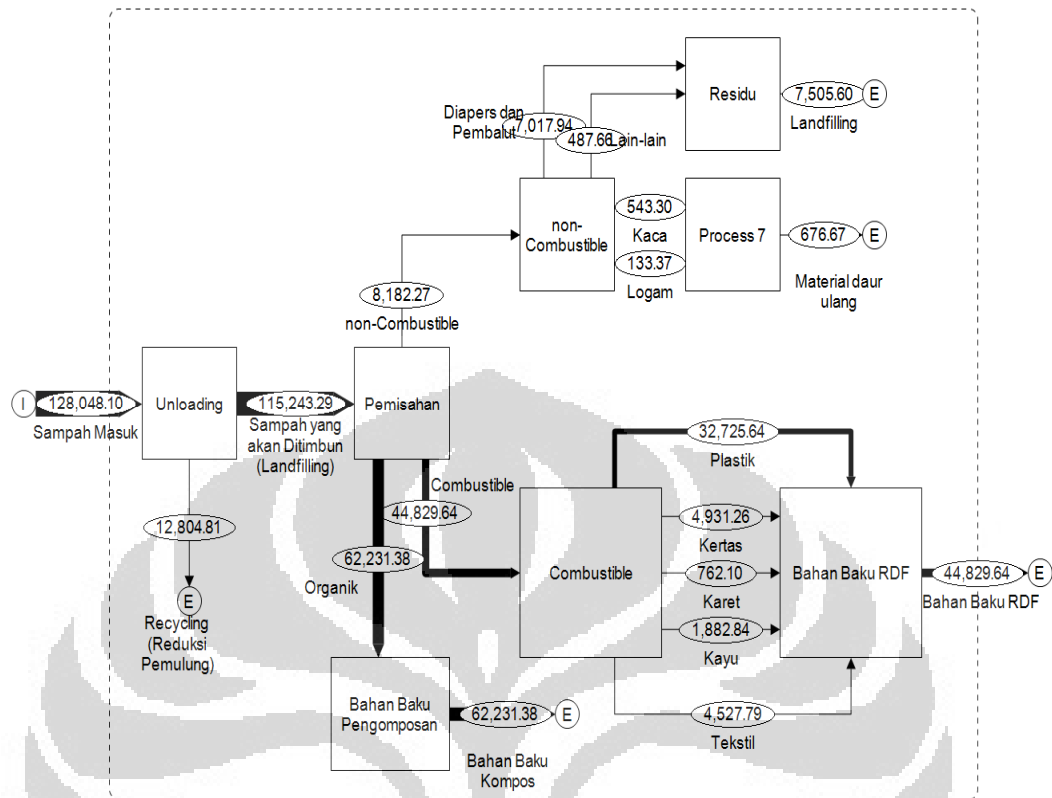
Sumber: Hasil Olahan, 2012

Gambar 5.11 di bawah ini menunjukkan aliran material mulai dari sampah masuk hingga pengolahan yang mungkin dapat diterapkan. Perhitungan aliran material dan keseimbangan massa dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak, yaitu STAN 2.0. Aliran material berawal dari sampah masuk dengan timbulan sebanyak 128.048,1 kg/hari. Persentase aliran massa dan keseimbangan massa didapatkan dari persentase komposisi sampah TPA Cipayung yang ditunjukkan pada Tabel 5.21. Banyaknya sampah yang dapat didaur ulang (*recycling*) melalui reduksi pemulung sebesar 10% (DKP Kota Depok, 2011). Pada studi ini, sampah organik tidak dimasukkan ke dalam kelompok sampah *combustible*, walaupun sebenarnya sampah organik termasuk ke dalam kelompok sampah *combustible*. Dari gambar aliran material di atas, dapat diketahui bahwa masih terdapat sampah yang berpotensi sebagai bahan baku pengomposan sebanyak 62.231,38 kg/hari, sebanyak massa komponen organik yang masuk ke area *landfill*.

Import: 128,048.10

dStock: 0.00 kg/d

Export: 128,048.10



sda, 2012

Gambar 5.11. Aliran Material dan Keseimbangan Massa

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Komponen logam yang terdapat di dalam sampah TPA Cipayung sebanyak 133,37 kg/hari dan kaca sebanyak 543,3 kg/hari. Dari angka-angka tersebut, material daur ulang yang terdapat dalam sampah TPA Cipayung sebanyak 676,67 kg/hari, dengan asumsi seluruh kaca dan logam dapat didaur ulang. Sehingga, material sampah yang dibuang ke area *landfill* hanya sebesar 7.505,6 kg/hari. Angka ini lebih kecil dibandingkan sampah yang masuk ke area *landfill* tanpa ada pemrosesan kembali pada sampah TPA Cipayung, yaitu sebesar 115.234,29 kg/hari. Dengan demikian, dapat diketahui material sampah TPA Cipayung yang mungkin dapat dijadikan bahan baku RDF yaitu sebesar 44.829,64 kg/hari dengan potensi energi 160,3 GCal/hari - 214,6 GCal/hari. Sehingga sampah TPA Cipayung memiliki energi setara dengan 671,2 GJ/hari – 898, GJ/hari. Dengan asumsi seluruh material *combustible* dijadikan bahan baku RDF.

BAB 6

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

a. Komposisi dan karakteristik fisik dan kimia sampah TPA Cipayung:

1) Komposisi:

Sampah TPA Cipayung terdiri dari komponen plastik 28,475%; kertas dan karton 4,275%; tekstil 3,938%; karet dan kulit 0,676%; kayu 1,619%; kaca 0,468%; logam 0,115%; *diapers* dan pembalut 6,050%; organik 54,014%; dan lain-lain 0,371%.

2) Karakteristik:

- Berat jenis sampah TPA Cipayung sebesar 166,919 kg/m³.
- Ukuran partikel sampah TPA Cipayung 70,063% sampah memiliki ukuran partikel >40 mm, 26,969% berukuran diantara 40 mm dan 8 mm, dan hanya 2,969% yang memiliki ukuran partikel <8 mm.
- Karakteristik komponen plastik dalam sampah TPA Cipayung, yaitu: kadar air 53,42%; kadar volatil 83,10%; kadar abu 15,21%; nilai kalori 5.491,5 kCal/kg.
- Karakteristik komponen kertas dan karton dalam sampah TPA Cipayung, yaitu: kadar air 49,16%; kadar volatil 81,89%; kadar abu 13,39%; nilai kalori 2.402,5 kCal/kg.
- Karakteristik komponen tekstil dalam sampah TPA Cipayung, yaitu: kadar air 48,33%; kadar volatil 91,38%; kadar abu 7,70% , nilai kalori 2.616 kCal/kg.
- Karakteristik komponen karet dan kulit dalam sampah TPA Cipayung, yaitu: kadar air 11,43%; kadar volatil 78,72%; kadar abu 15,98% , nilai kalori 6.992 kCal/kg.

- Karakteristik komponen kayu dalam sampah TPA Cipayung, yaitu: kadar air 40,67%; kadar volatil 92,95%, kadar abu 5,64%, nilai kalori 3.075,5 kCal/kg.
- b. Potensi energi sampah TPA Cipayung (komponen *combustible*) sebesar 3.576,99-4.787,10 kCal/kg atau setara dengan 671,2 GJ/hari - 898, GJ/hari dengan kandungan air 51,18%; kadar volatil 84,21%; kadar abu 13,74%.
- c. Sampah TPA Cipayung yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku RDF secara berurut dari yang paling berpotensi adalah, karet dan kulit dengan nilai kalori 6.992 kCal/kg, plastik dengan nilai kalori 5.491,5 kCal/kg, kayu dengan nilai kalori 3.075,5 kCal/kg, tekstil dengan nilai kalori 2.616 kCal/kg, dan kertas dan karton dengan nilai kalori 2.402,5 kCal/kg.

6.2 Saran

- a. *Pre-treatment* perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas bahan baku RDF. Alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan mengurangi kadar air yang tinggi dalam sampah TPA Cipayung komponen *combustible* (plastik, kertas dan karton, tekstil, dan kayu).
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik lain dalam sampah. Seperti kandungan klorin dan sulfur. Untuk pemanfaatan RDF sebagai bahan baku alternatif semen klinker, kandungan klorin yang tinggi dalam sampah akan menyebabkan semen klinker memiliki kandungan klorin yang tinggi. Kandungan klorin yang tinggi mampu menyebabkan terjadinya korosi pada besi beton. Sedangkan kandungan sulfur yang tinggi, dapat menyebabkan polusi udara berupa SO_x dari pembakaran RDF.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- American Society for Testing Material (ASTM) D 5231-92. *Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste*.
- American Society for Testing Matertial (ASTM) E 711-87. *Standard Test Method for Gross Calorific Value of Refuse-Derived Fuel by the Bomb Calorimeter*.
- American Society for Testing Matertial (ASTM) E 830-87. *Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Refuse Derived Fuel*.
- American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE) S593.1. (2011). *Terminology and Definitions for Biomass Production, Harvesting and Collection, Storage, Processing, Converting and Utilization*.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Mei 23, 2012. http://www.bmkg.go.id/BMKG_Pusat/Klimatologi/Informasi_Hujan_Bulanan.bmkg
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2010). *Hasil Sensus Penduduk 2010 Data Agregat per kecamatan di Kota Depok*.
- Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2004). *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. ISBN 0-203-59141-0.
- Cahyono, B. (2011, September 8). TPA Piyungan diperluas 5 hektare. November 30, 2011. <http://www.harianjogja.com/2011/harian-jogja/bantul-2/2012-tpa-piyungan-diperluas-5-hektare-148817>
- Caputo, A., & Pelagagge, P.M. (2002). RDF production plants: I Design and costs. *Applied Thermal Engineering*, 22, 423-437.
- Chiemchaisri, C., Charnok, B., & Visvanathan, C. (2009). Recovery of plastic waste from dumpsite as refuse-derived fuel and its utilization in small gasification system. *Bioresource Technology*, 101, 1522-1527.
- Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota (DKP) Depok. *Rekap Sampah Bulanan 2011*. Tidak Dipublikasikan.
- Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota (DKP) Depok. *Presentasi Pengelolaan Sampah Pada Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Cipayung Depok*. Tidak Dipublikasikan.

- Gendebien, A., Leavens, A., Blackmore, K., Godley, A., Lewin, K., Whiting, K.J., et al. (2003). *Refuse Derived Fuel, Current Practice and Perspective*. European Commission.
- Geocycle-Holcim. (2012). Bahan Presentasi Kunjungan Lapangan ke PT Holcim Indonesia Tbk. Tidak Dipublikasikan.
- Firman, T.A., Widiyanto, A.W., & Pratama, B. (2009). *Pemanfaatan Refuse Derived Fuel (RDF) sebagai Raw Material Pengganti Batubara pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)*.
- Indopos. (2011). *ITF Cacing, Sampah Bernilai Ekonomis*. November 30, 2011. <http://www.indopos.co.id/index.php/arsip-berita-jakarta-raya/53-jakarta-raya/17193-itf-cacing-sampah-bernilai-ekonomis.html>.
- Kara, M., Gunay, E., Tabak, Y., Yildiz, S. (2009). Perspective for pilot scale study of RDF in Istanbul, Turkey. *Waste Management*, 29, 2976-2982.
- Kathirvale, S., Yunus, M.N.M., Sopian, K., Samsuddin, A.H. (2003). Energy potential from municipal solid waste in Malaysia. *Renewable Energy*, 29, 559-567.
- Kurniawati, N.N. (2010). *Studi Timbulan dan Komposisi Limbah Padat di TPA Cipayung Sebagai Dasar Perhitungan Aktif di Tempat Pembuangan Akhir*. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- McDougall, F., White, P., Franke, M., Hindle., P. (2001). *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory*. Oxford: Blackwell Science.
- Mrus, S.T. & Prendergast C.A. (2000). Heating Value of Refuse Derived Fuel.
- Nithikul, J. (2007). *Potential of Refuse Derived Fuel Production from Bangkok Municipal Waste*. School of Environment, Resource and Development, Asian Institute of Technology.
- Prechtai, T., Visvanathan, C., & Cheimchaisri, C. (2006). RDF Production Potential of Municipal Solid Waste. *The 2nd joint International Conference on "Sustainable Energy and Environment (SEE 2006)"*.
- Qudais, M.A. & Qudais, H.A. (2000). Energy content of municipal solid waste in Jordan and its potential utilization. *Energy Conversion & Management*, 41, 983-991.

- Satyani, N.A.A. (2010). *Karakteristik Limbah Padat Berdasarkan Sifat Fisik (Berat Jenis dan Kadar Air) Serta Kimia (Berat Kadar Volatil, Kadar Abu, Karbon, Nitrogen, Sulfur, Fosfor, dan Kalium) di Tempat Pembuangan Akhir Cipayung*. Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1971-1990. *Pengujian Kadar Air Agregat*.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-3964-1994. *Metode Pengambilan dan Pengukuran Contoh Timbulan dan Komposisi Sampah Perkotaan*.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-3983-1995. *Spesifikasi Timbulan Sampah untuk Kota Kecil dan Kota Sedang di Indonesia*.
- Sokhansanj, S. (2011). *The Effect of Moisture on Heating Values*. Oak Ridge National Laboratory.
- Standard Method 2540 E. *Fixed and Volatile Solid*.
- Stokes, J. (2003). *How to Do Media and Cultural Studies*. November 30, 2011.
http://books.google.co.id/books?id=meYfy1ofLsC&pg=PR11&dq=penelitian+kuantitatif+adalah&hl=id&ei=80LNT9ahCcuGrAfKu-H4Cg&sa=X&oi=book_result&ct=book-thumbnail&resnum=8&ved=0CFQQ6wEwBw
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. Singapore: McGraw-Hill Inc.
- Trang T. T. D. & Lee, B-K. (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.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.
- United Nation Environment Programme (UNEP). (2006). *Pedoman Efisiensi Energi di Asia. Bahan Bakar dan Pembakaran*.
- UPT TPA Cipayung. (2012). *Daftar Isian Ritasi Pengangkutan dan Pembuangan Sampah ke TPA Cipayung 2012*. Tidak Dipublikasikan.

Lampiran 1. Pengukuran Komposisi Sampah

Pengukuran komposisi sampah dilakukan berdasarkan SNI 19-3964-1994. Berikut ini langkah-langkah pengukuran komposisi sampah TPA Cipayung:

1. Menyiapkan alat-alat:

- Timbangan 1 kg, 5 kg, 20 kg, dan 100 kg
- Plastik alas kotak
- Kotak pengukur
- Sekop
- *Container* plastik
- Kantong sampah (untuk membawa sampah) dari loading ke tempat pemilahan
- Terpal untuk alas pemilahan
- *Zipper bag*

2. Mengambil sampah di titik *unloading* menggunakan kantong sampah.

Cara pengambilan:

- Sampah di-*unloading* dari kendaraan pengangkut
- Sampah dimabil oleh pemulung
- Sampah siap di tempatkan di *landfill*
- Saat sampah siap diletakkan itulah sampah diambil sebanyak kira-kira >100 kg.

3. Membawa kantong berisi sampah ke tempat pemilahan

4. Menimbang berat kotak dan mengukur volume kotak, serta mencatatnya.

5. Memasukkan sampah ke dalam kotak

6. Menghentikan kotak pengukur sebanyak 3 kali

7. Mengukur volume sampah dan mencatatnya

8. Menimbang berat sampah dan mencatatnya

9. Poin 5 – 8 dilakukan hingga berat sampah mencapai 100 kg

10. Meletakkan sampah di atas terpal alas pemilahan (pengukuran komposisi)

11. Mengambil sampah ± 2 kg

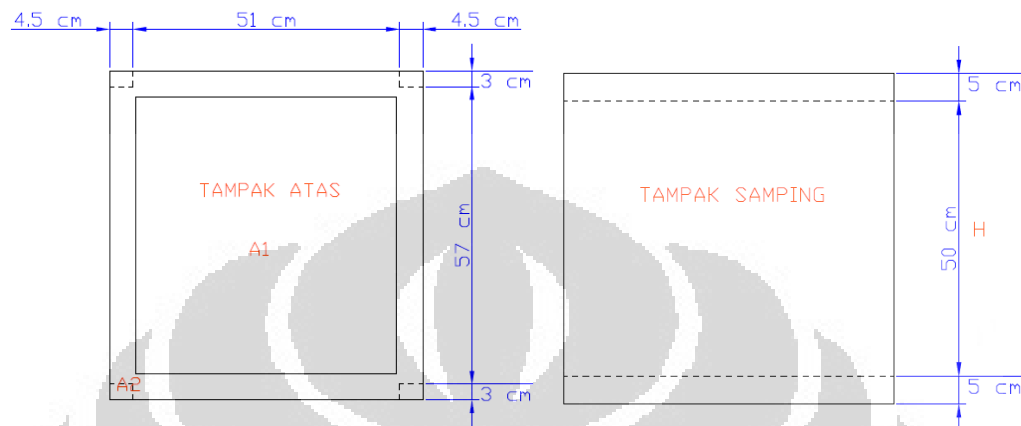
12. Melakukan pengukuran *particle size*:

Lampiran 1. Pengukuran Komposisi Sampah (Lanjutan)

- Menimbang berat masing-masing berat boks *particle size* dan mencatatnya
 - Memasukkan sampah ke dalam boks
 - Mengayak boks hingga sampah terpisahkan berdasarkan ukuran partikelnya.
 - Menimbang berat sampah yang tertahan di setiap boks dan mencatatnya
 - Mengembalikan dan mencampur sampah kembali ke alas pemilahan (pengukuran komposisi)
13. Menimbang dan mencatat berat masing-masing *container* plastik.
 14. Melakukan pemilahan sampah berdasarkan komposisi yang telah ditentukan.
 15. Meletakkan sampah yang telah dipilah berdasarkan komposisinya ke dalam *container* plastik
 16. Menimbang dan mencatat berat masing-masing komposisi sampah
 17. Mengambil sampel sampah dari setiap komposisi
 18. Memasukkan masing-masing sampel komposisi sampah ke dalam *zipper bag* yang telah ditandai
 19. Mencampur sisa sampah dan mengambil beberapa gram untuk dibawa ke laboratorium
 20. Memasukkan sampah ke dalam *zipper bag* yang telah ditandai
 21. Mengembalikan sisa sampah ke *landfill*
 22. Membersihkan seluruh peralatan sampling
 23. Mengembalikan seluruh peralatan sampling ke tempat semula
 24. Membawa sampel ke laboratorium.

Lampiran 2: Pengukuran Berat Jenis Sampah

2.1 Volume Kotak Pengukur



Berdasarkan gambar di atas, kotak pengukur volume sampah tidak berbentuk kubus secara utuh. Terdapat kayu perkuatan di keempat sudut kotak yang mengurangi volume kotak pengukur. Perhitungan volume kotak pengukur sebagai berikut:

$$A_{total} = A_1 - 4A_2$$

$$A_{total} = (60 \times 63) \text{ cm} - 4(3 \times 4,5) \text{ cm}$$

$$A_{total} = 3726 \text{ cm}^2$$

$$Volume = A_{total} \times H$$

$$Volume = 3726 \text{ cm}^2 \times 50 \text{ cm}$$

$$Volume = 186300 \text{ cm}^3 = 0,1863 \text{ m}^3$$

2.2 Perhitungan Berat Jenis Sampah

Volume sampah dihitung dengan cara mengukur penurunan sampah setelah dihentak-hentakkan selama tiga kali. Ketinggian penurunan sampah diukur menggunakan penggaris di keempat sisi kotak pengukur dan ditengah-tengah kotak pengukur. Ketinggian penurunan sampah rata-rata ($H_{\text{penurunan}}$) didapat dari

Lampiran 2. Pengukuran Berat Jenis Sampah (Lanjutan)

rata-rata ketinggian penurunan sampah yang didapat dari keempat sisi dan titik di tengah kotak pengukur.

$$\text{Volume penurunan sampah} = A_{\text{total}} \times H_{\text{penurunan}}$$

$$\text{Volume sampah} = \text{volume kotak} - \text{volume penurunan sampah}$$

Berat sampah yang didapatkan hasil pencatatan berat sampah yang diteliti, kemudian dibagi dengan volume sampah hasil pengukuran volume dengan kotak pengukur. Contoh perhitungan berat jenis sampah :

$$\text{Berat sampah} = 100 \text{ kg}$$

$$\text{Volume sampah} = 0,504 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat jenis sampah} &= \frac{100 \text{ kg}}{0,504 \text{ m}^3} \\ &= 198,4 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Lampiran 3: Pemeriksaan Laboratorium Analisis Proksimat

3.1 Pemeriksaan Kadar Air

Pemeriksaan kadar air ini dilakukan berdasarkan SNI 03-1971-1990.

3.1.1 Alat dan Bahan

- Alat
 - 1) Oven
 - 2) Timbangan digital
 - 3) Cawan
 - 4) Besi Penjepit
- Bahan
 - 1) Sampel yang akan diperiksa

3.1.2 Cara Kerja

1. Cawan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 3 jam untuk mendapatkan bobot tetap.
2. Cawan ditimbang dan dicatat beratnya.
3. Sampel dimasukkan ke dalam cawan sebanyak ± 10 gram
4. Cawan yang telah berisi sampel dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 3 jam
5. Setelah 3 jam, cawan yang berisi sampel dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit.
6. Cawan yang berisi sampel ditimbang dan dicatat beratnya.

3.2 Pemeriksaan Kadar Volatil

Prosedur pengukuran kadar volatil dilakukan berdasarkan *Standard Method 2540 E*.

3.2.1 Alat dan Bahan

- Alat

Lampiran 3. Pemeriksaan Laboratorium Analisis Proksimat (Lanjutan)

- 1) Furnace
- 2) Timbangan digital
- 3) Cawan
- 4) Besi Penjepit

- Bahan

- 1) Sampel hasil pemeriksaan kadar air

3.2.2 Cara Kerja

1. Cawan yang berisi sampel hasil pemeriksaan kadar air dimasukkan ke dalam furnace dengan suhu 550°C selama 1 jam.
2. Setelah 1 jam, cawan yang berisi sampel dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit (hingga cawan kembali dingin)
3. Cawan yang berisi sampel ditimbang dan dicatat beratnya.

3.3 Pemeriksaan Kadar Abu

Pemeriksaan kadar abu dilakukan berdasarkan ASTM E 830-87.

3.3.1 Alat dan Bahan

- Alat

- 1) Furnace
- 2) Timbangan digital
- 3) Cawan
- 4) Besi Penjepit

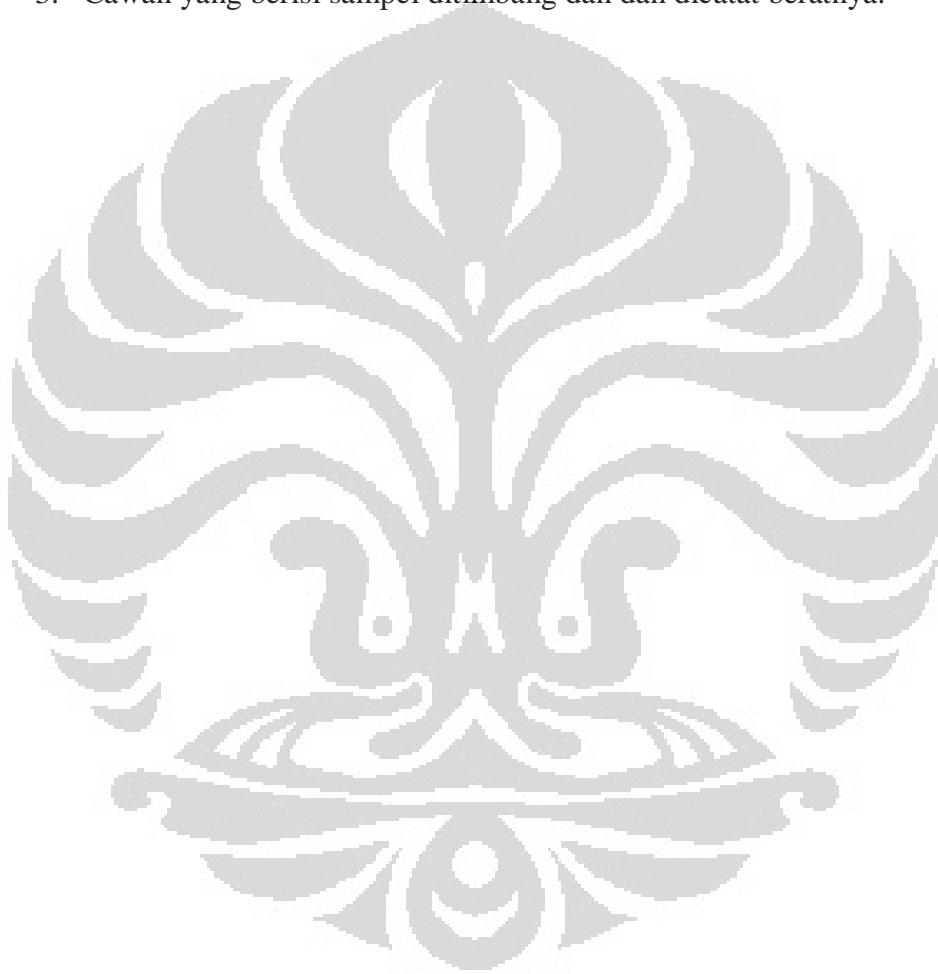
- Bahan

- 1) Sampel hasil pemeriksaan kadar volatil

Lampiran 3. Pemeriksaan Laboratorium Analisis Proksimat (Lanjutan)

3.3.2 Cara Kerja

1. Cawan yang berisi sampel hasil pemeriksaan kadar volatil dimasukkan ke dalam furnace dengan suhu 950°C selama 7 menit.
2. Setelah 7 menit, cawan yang berisi sampel dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit (hingga cawan kembali dingin)
3. Cawan yang berisi sampel ditimbang dan dan dicatat beratnya.



4.1 Data Komposisi Sampah

Tabel 4.1. Komposisi Sampah

Komposisi	Berat (kg)								Rata-rata
	Hari Ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Plastik	16,000	21,000	26,800	38,000	30,350	35,650	27,000	33,000	28,475
Kertas dan Karton	3,100	4,000	5,000	4,800	4,100	2,700	4,500	6,000	4,275
Tekstil	2,000	2,000	3,000	5,200	8,000	5,100	3,700	2,500	3,938
Karet dan Kulit	0,260	0,700	0,600	0,300	1,200	1,000	1,250	0,100	0,676
Kayu	2,000	0,300	2,500	2,400	2,300	1,000	1,350	1,100	1,619
Kaca	0,550	0,400	0,800	0,650	0,300	0,345	0,300	0,400	0,468
Logam	0,070	0,180	0,010	0,200	0,070	0,080	0,200	0,110	0,115
<i>Diapers</i> dan pembalut	7,000	6,000	5,000	6,200	5,600	5,600	4,000	9,000	6,050
Lain-lain	0,000	0,090	0,110	0,250	0,300	1,000	1,000	0,215	0,371
Organik	69,020	65,330	56,180	42,000	47,780	47,525	56,700	47,575	54,014
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Sumber: Hasil Perhitungan, 2012

Lampiran 4. Data Hasil Pengukuran Komposisi dan Berat Jenis Sampah (Lanjutan)

4.2 Data Ukuran Partikel Sampah

Tabel 4.2. Ukuran Partikel Sampah

Saringan	Berat (gram)								Rata-rata
	Hari ke-								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Tertahan 40 mm	1390	1410	1220	1250	1440	1460	1670	1370	1401,250
Tertahan 8 mm	565	550	700	700	400	500	300	600	539,375
Lolos 8 mm	45	40	80	50	160	40	30	30	59,375
Total	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000

Sumber: Hasil Perhitungan, 2012

Lampiran 4. Data Hasil Pengukuran Komposisi dan Berat Jenis Sampah (Lanjutan)

4.3 Data Berat Jenis Sampah

Tabel 4.3. Berat Jenis Sampah

Hari Ke-	Densitas
1	198,436
2	151,630
3	149,310
4	171,711
5	167,635
6	171,514
7	166,595
8	158,526
Rata-rata	166,919

Sumber: Hasil Perhitungan, 2012

Lampiran 5: Dokumentasi Penelitian



Gambar 5.1. Alat-alat Pengukuran Komposisi

Sumber: Dokumentasi Penelitian



Gambar 5.2. Proses Pengukuran Komposisi (Kiri-Kanan: Penimbangan Sampah – Sampah Dihentakkan – Pemilahan Sampah)

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012



Gambar 5.3. Hasil Pemilahan (Kiri-Kanan, Atas-Bawah: Plastik, Kertas, Kayu, Karet, Tekstil, Logam, Diapers dan Pembalut, Kaca, Lain-lain)

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012

Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian (Lanjutan)



Gambar 5.4. Saringan Ukuran Partikel

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012



Gambar 5.5. Hasil Pengukuran Partikel Sampah (Kiri-Kanan: >40 mm, $40\text{mm} > x > 8\text{mm}$, $< 8\text{mm}$)

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012



Gambar 5.6. Alat-alat Pemeriksaan Laboratorium (Kiri-Kanan: Timbangan, Desikator, Oven, Furnace)

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2012



Gambar 5.7. Hasil Pemeriksaan Laboratorium (Kiri-Kanan: Kadar Air, Kadar Volatil, Kadar Abu)

Sumber: Hasil Dokumentasi, 2012

Lampiran 6. Data Hasil Pengujian Nilai Kalori


BPPT Energy Technology Center
(Balai Besar Teknologi Energi)


No.: 53/LapJatek/B2TE/BPPT/IV/12

**LAPORAN ANALISA
REPORT OF ANALYSIS**

SAMPLE CODE	CALORIFIC VALUE (kCal/kg)	STANDARD METHOD
PLASTIK – I (Hari Ke 4)	5239	ASTM D-5865-7a
KAYU – I (Hari ke 4)	4180	
KERTAS – I (Hari ke 4)	2552	
TEKSTIL – I (Hari ke 4)	3574	
KARET - I (Hari ke 4)	8244	

ENERGY TECHNOLOGI CENTER
Technical manager,


Dr. SD Sumbogo Murti, MEng
NIP. 196909281988121001



AN. 0159- KA

2/2

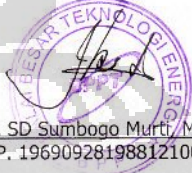
Lampiran 6. Data Hasil Pengujian Nilai Kalori (Lanjutan)

No.: 55 /LapJatek/B2TE/BPPT/IV/12

**LAPORAN ANALISA
REPORT OF ANALYSIS**

SAMPLE CODE	CALORIFIC VALUE (kCal/kg)	STANDARD METHOD
PLASTIK – II (Hari Ke 8)	5744	ASTM D-5865-7a
KAYU – II (Hari ke 8)	1971	
KERTAS – II (Hari ke 8)	2253	
TEKSTIL – II (Hari ke 8)	1658	
KARET - II (Hari ke 8)	5740	

ENERGY TECHNOLOGI CENTER
Technical manager,


 Dr. SD Sumbogo Murti, MEng
 NIP. 196909281988121001

AN. 0160 – KA

2/2