



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGOMPOSAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IN VESSEL*
SYSTEM UNTUK SAMPAH UPS KOTA DEPOK**

SKRIPSI

**FIONA ANINDITA
08 06 33 86 96**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGOMPOSAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *IN VESSEL*
SYSTEM UNTUK SAMPAH UPS KOTA DEPOK**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar sarjana teknik**

**FIONA ANINDITA
08 06 33 86 96**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**THE COMPOSTING METHOD OF IN VESSEL SYSTEM FOR
MUNICIPAL SOLID WASTE OF MRF IN DEPOK CITY**

FINAL REPORT

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

**FIONA ANINDITA
08 06 33 86 96**

**ENVIRONMENTAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
UNIVERSITY OF INDONESIA
DEPOK
JUNE 2012**

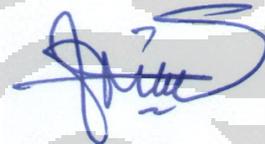
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Fiona Anindita

NPM : 0806338696

Tanda Tangan :



Tanggal : 8 Juni 2012

STATEMENT OF AUTHENTICITY

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

Name : Fiona Anindita

Student ID : 0806338696

Signature :



Date : June 8th 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

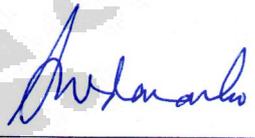
Nama : Fiona Anindita
NPM : 0806338696
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Pengomposan dengan Menggunakan Metode *In Vessel System* untuk Sampah UPS Kota Depok

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir. Sulistiyoweni W.

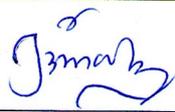
Dipl., S.E., S.KM

()

Pembimbing 2 : Evi Novita Z. ST., M.Si.

()

Penguji 1 : Ir. Irma Gusniani D. M. Sc

()

Penguji 2 : Dr. Ir. Gabriel S. Boedi Andari
Kristanto M.Eng

()

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report submitted by :

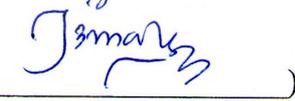
Name : Fiona Anindita
Student ID : 0806338696
Study Program : Environmental Engineering
Thesis Title : The Composting Method of In Vessel System for
Municipal Solid Waste of MRF in Depok City

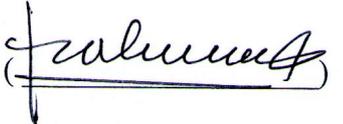
Has been successfully defended before the Council Examiners and was accepted as part of the requirements necessary to obtain a Bachelor of Engineering degree in Environmental Engineering Program, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.

BOARD OF EXAMINERS

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

Advisor 2 : Evi Novita Z. ST., M.Si. ()

Examiner 1 : Ir. Irma Gusniani D. M. Sc ()

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Prof. Dr. Ir. Sulistiyoweni W. Dipl., S.E., S.KM dan Evi Novita Z. ST., M.Si., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dan membimbing penulis dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Ir. Irma Gusniani D. M. Sc dan Dr. Ir. Gabriel S. Boedi Andari Kristanto M.Eng selaku penguji yang telah memberikan saran dan masukan;
- (3) Dahniar dan Abdul Halim selaku orang tua yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral selama kuliah hingga penyusunan skripsi ini;
- (4) Anugrah Juwita Sari selaku teman seperjuangan yang telah menjadi teman dikala senang dan susah selama kuliah dan penyusunan skripsi;
- (5) Satya Mahardika, atas dukungan, semangat, pengertian, dan bantuannya selama penyusunan skripsi;
- (6) Amirul Mukminin, Satrio, dan Arif Prima atas bantuannya selama proses pengomposan.
- (7) Lindi Anggraini dan Hani Trissa Nugrahi atas dukungan dan pengertiannya selama penyusunan skripsi;
- (8) Mbak Diah dan Mbak Licka atas bantuan dan masukkannya selama pengambilan data
- (9) Indah Herning Suari atas bantuannya selama mengambil sampah ke UPS Cipayung;
- (10) Ibu Yati, Pak Abdul Khodir, Bu Yus, dan Inka Fazarillah atas doa, pengertian dan bantuannya selama ini.
- (11) Pak Tris, Mbak Ningsih dan para pekerja di UPS 4 Cipayung atas bantuannya selama sampling.

- (12) Seluruh pekerja di Rumah Kompos atas bantuannya menyediakan tempat pengomposan selama lebih dari 2 bulan;
- (13) Mbak Fitri, atas bantuannya dalam masalah yang dihadapi selama skripsi;
- (14) Seluruh teman – teman Sipil Lingkungan 2008, yang selalu bersama-sama di saat suka dan duka selama 4 tahun ini;
- (15) Seluruh kerabat dan teman penulis yang tak bisa disebutkan satu per satu atas dukungan yang telah diberikan.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 8 Juni 2012

Penulis

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

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

Nama : Fiona Anindita

NPM : 0806338696

Program Studi: Teknik Lingkungan

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

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:

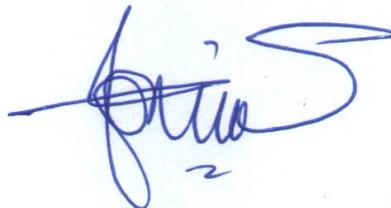
Pengomposan dengan Menggunakan Metode *In Vessel System* untuk Sampah UPS Kota Depok.

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 8 Juni 2012



(Fiona Anindita)

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

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

Name : Fiona Anindita
Sutudent ID : 0806338696
Study Program: Environmental Engineering
Department : Civil Engineering
Faculty : Engineering
Type of Work : Final Report

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

The Composting Method of In Vessel System for Municipal Solid Waste of MRF in Depok City

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

I certifythat the above statement is true.

Signed at : Depok

Date this : June 8th 2012

The Declarer



(Fiona Anindita)

ABSTRAK

Nama : Fiona Anindita
NPM : 0806338696
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pengomposan dengan Menggunakan Metode *In Vessel System* untuk Sampah UPS Kota Depok

Pengomposan yang dilakukan UPS di Depok menggunakan metode *open windrow*. Pengomposan tersebut masih belum optimal karena tidak memenuhi SNI 19-7030-2004. Pengomposan dengan metode *open windrow* memerlukan lahan yang luas dan tidak dapat mengontrol bau dan *leachate*. Untuk itu, perlu dilakukan pengomposan dengan metode *in vessel system*. Salah satu parameter yang penting dalam proses pengomposan adalah kadar air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter, kualitas kompos, waktu yang dibutuhkan, serta *leachate* yang dihasilkan dalam proses pengomposan dengan menggunakan metode *in-vessel*. Eksperimen pengomposan dengan metode *in-vessel* menggunakan 2 kontainer dengan 2 jenis kadar air *feedstock* yang berbeda, yaitu 58,7 % (*Vessel 1*) dan 68,7 % (*Vessel 2*). Udara yang di suplai selama pengomposan sebesar 0,017 m³ udara/menit per 1m³ sampah dengan siklus *on/off* aeratornya adalah 3 menit/1 menit. Suhu maksimum yang dapat dicapai oleh *Vessel 1* dan *Vessel 2* adalah 50°C dan 49°C. Kompos yang dihasilkan pada *Vessel 1* memiliki kadar air 54,97%; pH 8,38; dan rasio C/N 8,26 dengan produksi *leachate* selama proses pengomposan sebanyak 2,45 L dengan konsentrasi COD *leachatenya* sebesar 12.840 ppm. Sedangkan kompos yang dihasilkan pada *Vessel 2* memiliki kadar air 39,5%; pH 8,4; dan rasio C/N 8,45 dengan produksi *leachate* selama proses pengomposan sebanyak 3,35 L dengan konsentrasi COD *leachatenya* sebesar 3340 ppm. Kualitas kompos yang dihasilkan pada kedua *vessel* tidak memenuhi SNI 19-7030-2004 dalam beberapa parameter, seperti rasio C/N dan pH.

Kata Kunci:

Pengomposan, *in vessel system*, kelembaban, rasio C/N, *leachate*

ABSTRACT

Name : Fiona Anindita
Major : Environmental Engineering
Title : The Composting Method of In Vessel System for Municipal
Solid Waste of MRF in Depok City

Material Recovery Facility (MRF) in Depok perform composting with open windrow method. The composting process has not run well because the quality doesn't meet the standard based on SNI 19-7030-2004. Open windrow composting requires a large area and can not control the odor and leachate. Therefore, it should be done by the method of in vessel composting system. One of the important parameters in the composting process is the moisture content. The purpose of this study are to know the parameters, the quality of compost, the time required, and leachate produced in composting process of in-vessel method. This composting experiments with in-vessel method was using two containers with 2 types of different moisture content of feedstock, those are 58.7% (Vessel 1) and 68.7% (Vessel 2). The air supply during composting is 0.017 m³ of air / min per 1 m³ bins with on / off cycles of aerator is 3 minutes / 1 minute. The maximum temperature that can be achieved by Vessel 1 and Vessel 2 were 50°C and 49°C. Compost produced on Vessel 1 has a moisture content of 54.97%, pH of 8.38, and the ratio C / N of 8.26 with the production of leachate during the composting process is 2.45 L with COD concentrations of leachate is 12840 ppm. While the compost produced at the Vessel 2 has a moisture content of 39.5%, pH of 8.4, and the ratio C / N of 8.45 with the production of leachate during the composting process is 3.35 L with a COD concentration of leachate is 3340 ppm. The Quality of compost produced in both vessel does not meet the SNI 19-7030-2004 in several parameters, such as C / N ratio and pH.

Keywords:

Composting, in vessel system, moisture content, C/N ratio, leachate

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
STATEMENT OF AUTHENTICITY.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
STATEMENT OF LEGITIMATION.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	x
STATEMENT OF AGREEMENT OF PUBLICATION.....	xi
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	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 Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pengertian.....	7
2.2 Proses Pengomposan.....	7
2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengomposan.....	10
2.3.1 Rasio C/N.....	11
2.3.2 Ukuran Partikel.....	12
2.3.3 Aerasi.....	12
2.3.4 Porositas.....	13
2.3.5 Kelembaban (<i>Moisture content</i>).....	13
2.3.6 Suhu.....	13

2.3.7	pH.....	14
2.3.8	Kandungan hara	14
2.3.9	Kandungan bahan berbahaya.....	14
2.4	Metode Pembuatan Kompos	15
2.4.1	Sistem <i>Windrow</i>	15
2.4.2	Sistem <i>Aerated Static Pile</i>	15
2.4.3	Sistem <i>In Vessel</i>	16
2.5	Komposisi Hara Bahan Baku Kompos.....	25
2.6	Kematangan Kompos.....	26
2.7	Standar Kualitas Kompos Di Indonesia	27
2.8	<i>Leachate</i>	29
2.9	Kerangka Berpikir	30
BAB 3	METODE PENELITIAN.....	33
3.1	Pendekatan Penelitian.....	33
3.2	Variabel Penelitian	33
3.3	Sampel dan Populasi.....	33
3.2.1	Penentuan Waktu <i>On</i> dan <i>Off</i> dari Aerator	34
3.3.2	Penentuan Volume pada <i>Vessel 2</i>	35
3.3.3	Penentuan Kelembaban.....	35
3.4	Percobaan Pengomposan dengan Metode <i>In-Vessel</i>	36
3.4.1	Desain alat	36
3.4.2	Pengomposan.....	36
3.5	Penetapan Parameter Kimia.....	38
3.5.1	Pengukuran Kadar karbon (C).....	38
3.5.2	Pengukuran Kadar Nitrogen (N).....	38
3.5.3	Pengukuran kadar air	39
3.5.4	Pengukuran COD <i>Leachate</i>	40
3.6	Pemeriksaan Laboratorium	41
3.7	Data dan Analisis Data	42
BAB 4	GAMBARAN UMUM.....	44
4.1	Lokasi UPS Cipayung	44
4.2	Fasilitas UPS	45
4.3	Karakteristik Fisik Sampah di UPS 4.....	45
4.4	Kegiatan di UPS	48
4.4.1	Pemilahan Sampah.....	49

4.4.2	Pencacahan Sampah.....	49
4.4.3	Proses Pengomposan.....	50
BAB 5 PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA.....		51
5.1	Pengomposan dengan Menggunakan Metode <i>In-Vessel System</i>	51
5.2	Parameter yang Mempengaruhi Pengomposan.....	51
5.3	Kualitas Kompos yang Dihasilkan	54
5.3.1	Suhu	54
5.3.2	Kadar Air (<i>Moisture Content</i>)	55
5.3.3	pH.....	57
5.3.4	Rasio C:N	58
5.3.5	Bau dan Warna	59
5.3.6	Penurunan Volume.....	60
5.3.7	<i>Leachate</i>	61
5.4	Analisis Waktu yang Dibutuhkan dalam Proses Pengomposan dengan Metode <i>In-Vessel System</i>	62
5.5	Analisis Kadar Air yang Baik untuk Menghasilkan Kualitas Kompos yang Baik dan <i>Leachate</i> yang Sedikit	63
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		66
6.1	Kesimpulan	66
6.2	Saran	66
DAFTAR KEPUSTAKAAN		68
LAMPIRAN.....		71

DAFTAR GAMBAR

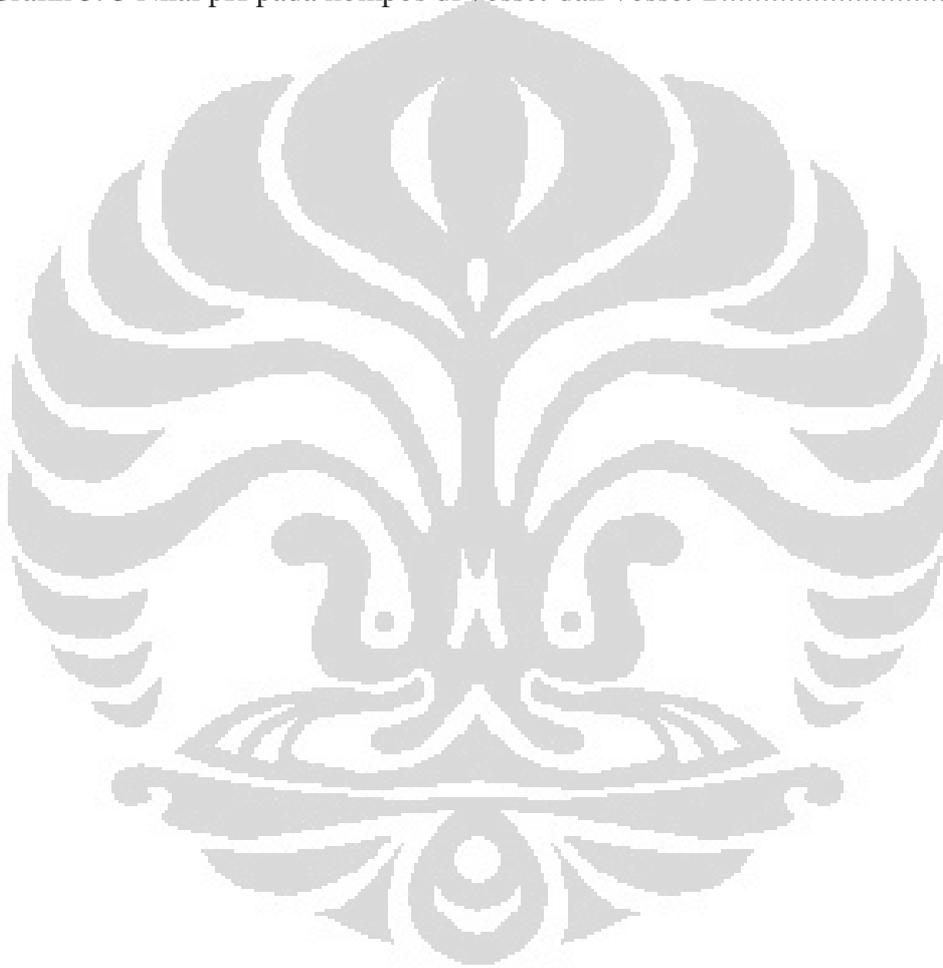
Gambar 2. 1 Proses Umum Pengomposan Limbah Padat Organik.....	8
Gambar 2. 2 Perubahan Suhu Selama Proses Pengomposan.....	9
Gambar 2. 3 Perubahan rasio C/N.....	17
Gambar 2. 4 Perubahan rasio C/N pada Penelitian MF. Hamoda.....	18
Gambar 2. 5 Variasi Oksigen Selama Proses Pengomposan.....	20
Gambar 2. 6 Profil Suhu pada Penelitian C. Liang.....	20
Gambar 2. 7 Profil Kadar Air pada Penelitian Romeela M.....	22
Gambar 2. 8 Variasi suhu yang terjadi selama pengomposan.....	23
Gambar 2. 9 Profil Suhu pada Penelitian Romeela M.....	24
Gambar 2. 10 Kerangka konsep penelitian.....	32
Gambar 2. 11 Perubahan Suhu Selama Proses Pengomposan.....	42
Gambar 3. 1 Desain <i>Vessel</i>	36
Gambar 4. 1 Areal TPA Cipayung.....	44
Gambar 4. 2 Kegiatan Pemilahan Sampah di UPS Cipayung.....	49
Gambar 4. 3 Kegiatan Pencacahan Sampah di UPS Cipayung.....	50
Gambar 4. 4 Tumpukan Kompos dan Proses Pengayakan Kompos.....	50
Gambar 5. 1 <i>Vessel</i> yang Digunakan dalam Pengomposan.....	51
Gambar 5. 2 Kondisi kompos pada hari ke-7.....	53
Gambar 5. 3 Kompos <i>Vessel</i> 1 pada hari ke- 0, ke-7, ke-14, dan ke-56.....	59
Gambar 5. 4 Kompos <i>Vessel</i> 2 pada hari ke- 0, ke-7, ke-14, dan ke- 56.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Rasio C/N.....	17
Tabel 2. 2 Nilai Kelembaban.....	21
Tabel 2. 3 Nilai pH	25
Tabel 2. 4 Komposisi Hara Dalam Tanaman	26
Tabel 2. 5 Standar Kualitas Kompos SNI 19 – 7030 - 2004.....	28
Tabel 2. 6 Nilai COD Lindi.....	30
Tabel 3. 1 Waktu <i>on</i> dan <i>off</i> aerator	35
Tabel 3. 2 Volume dan Kadar Air Sampah pada <i>Vessel</i> 1 dan 2.....	35
Tabel 3. 3 Variabel <i>Feedstock</i> Komposter.....	37
Tabel 3. 4 Alat Dan Bahan Serta Waktu Pemeriksaan Kualitas Kompos	41
Tabel 3. 5 Contoh Hasil Penelitian.....	43
Tabel 4. 1 Komposisi Sampah UPS Cipayung Hanggar 4.....	46
Tabel 4. 2 Berat Jenis Sampah UPS Cipayung Hanggar 4.....	47
Tabel 5. 1 Nilai pH pada Kompos Selama Proses Pengomposan	57
Tabel 5. 2 Rasio C:N Selama Proses Pengomposan.....	58
Tabel 5. 3 Penurunan Volume pada Kompos Selama Proses Pengomposan.....	60
Tabel 5. 4 Volume dan Konsentrasi COD <i>Leachate</i> Selama Pengomposan	61
Tabel 5. 5 Perbandingan Kadar Air dan Volume <i>feedstock</i> dengan volume <i>leachate</i> dan Konsentras COD <i>Leachate</i> yang Dihasilkan Kompos	61
Tabel 5. 6 Perbandingan Kompos penelitian dengan SNI19-7030-2004	63

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Komposisi Sampah UPS Cipayung Hanggar 4	47
Grafik 4. 2 Ukuran Partikel Sampah UPS Cipayung Hanggar 4.....	48
Grafik 5. 1 Suhu pada kompos di <i>Vessel 1</i> dan <i>Vessel 2</i>	54
Grafik 5. 2 Kadar air pada kompos di <i>Vessel 1</i> dan <i>Vessel 2</i>	56
Grafik 5. 3 Nilai pH pada kompos di <i>Vessel 1</i> dan <i>Vessel 2</i>	58



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Besarnya penduduk dan keragaman aktivitas di kota-kota metropolitan di Indonesia mengakibatkan munculnya persoalan dalam pelayanan prasarana perkotaan, seperti masalah sampah. Masalah yang sama juga terjadi pada kota yang sedang berkembang, Depok yang memiliki jumlah penduduk sebanyak 1.736.565 jiwa (bps, 2010) data DKP (Dinas Kebersihan dan Pertamanan) Kota Depok memperlihatkan produksi sampah masyarakat Depok mencapai 4.500 meter kubik per hari, tapi yang bisa ditangani hanya 1.200 meter kubik. Jadi 3.000 meter kubik sampah yang belum tertangani. Padahal pada tahun 2007 dengan jumlah penduduk mencapai 1.374.522 jiwa (pemerintah Kota Depok, 2007), Kota Depok menghasilkan sampah 3.764 meter kubik per hari (DKP Kota Depok, 2007) dengan komposisi organiknya sebesar 75,633% dan anorganiknya sebesar 24,367 % (Kurniawati, 2010 p.1).

Sampah yang ditimbulkan oleh kegiatan sehari-hari masyarakat kota besar, salah satu contohnya adalah kota Depok, dapat menyebabkan beberapa masalah, misalnya masalah kesehatan. Sampah yang terserak maupun yang terdapat di tempat sampah merupakan sumber penyakit, tempat yang baik bagi vektor penyakit seperti lalat, nyamuk, dan tikus. Penyebaran penyakit akibat timbulan sampah dapat terjadi secara langsung ataupun secara tidak langsung yaitu melalui udara, air minuman, dan makanan. Penyakit yang biasanya muncul akibat timbulan sampah berasal dari bakteri pathogen dan virus. Contoh penyakit yang dapat timbul akibat sampah adalah diare, kolera, tifus, malaria, panu, dan disentri.

Selain masalah kesehatan, sampah juga memiliki dampak terhadap lingkungan seperti pencemaran air, udara, dan tanah. Cairan *leachate* yang dihasilkan oleh tumpukan sampah dapat meresap ke tanah dan mencemari air tanah. Tumpukan sampah yang dekat dengan air permukaan juga dapat mencemari air permukaan, seperti sungai dan danau. Tumpukan sampah yang tidak tertutup menimbulkan bau yang mencemari udara. Penanganan sampah yang kurang tepat, seperti

pembakaran sampah juga dapat menghasilkan gas-gas yang mencemari udara seperti CO₂. Zat-zat berbahaya yang terkandung dalam sampah juga dapat meresap ke tanah dan mencemarinya.

Salah satu masalah lagi yang ditimbulkan sampah adalah masalah estetika. Lingkungan dengan timbulan sampah yang berlebihan dan tidak terurus dengan baik mengakibatkan lingkungan terlihat kotor dan jorok. Apabila lingkungan tersebut berada di kawasan pariwisata, hal tersebut dapat menurunkan intensitas wisatawan yang datang ke tempat tersebut. Lingkungan yang kotor dan jorok juga dapat menimbulkan kesan bahwa lingkungan tersebut kumuh dan tingkat ekonomi masyarakatnya rendah.

Untuk meminimalisasi dampak dari timbulan sampah, perlu adanya pengelolaan yang baik. Pengelolaan sampah di Indonesia masih menggunakan paradigma lama: kumpul – angkut – buang. *Source reduction* (reduksi mulai dari sumbernya) atau pemilahan sampah tidak pernah berjalan dengan baik. Meskipun telah ada upaya pengomposan dan daur ulang, tapi masih terbatas dan tidak *sustainable*. Pada kota Depok, terdapat dua tahap pengolahan sampah, yaitu, Unit Pengolahan Sampah (UPS), dan Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Pada pola tersebut, pengurangan volume sampah terjadi pada saat sampah dikumpulkan di UPS, dan hanya dilakukan bagi bahan-bahan yang dapat digunakan kembali. Pada prakteknya, saat ini peran pemulung sangat berarti dalam mereduksi volume sampah mulai dari tahap pengumpulan pertama (pewadahan) sampai di TPA, terutama untuk *reuse* dan *recycle*. Sampah anorganik yang dipisahkan oleh para pemulung kemudian di jual kepada juragan lapak untuk lebih lanjut dijual kepada pabrik untuk bahan yang didaur ulang (*recycle*). Hal tersebut pada dasarnya keikutsertaan masyarakat dalam mereduksi volume sampah telah berjalan, namun belum terkoordinir.

Pada tahun 2006, Pemerintah Kota Depok mencanangkan penerapan sistem pengolahan dan pengelolaan sampah terpadu yang dikenal dengan Ringkasan Eksekutif Kajian Pengelolaan Persampahan Kota Depok R-10 SIPESAT/UPS. Inti dari SIPESAT/UPS adalah pendekatan pengelolaan sampah dengan skala kawasan melalui pembangunan dan pengoperasian unit pengolahan sampah (UPS)

yang menerapkan prinsip-prinsip 4R-P yaitu *reduce* (mengurangi), *reuse* (menggunakan kembali), *recycle* (mendaur ulang), *replace* (mengganti), *participation* (pelibatan masyarakat).

Kota Depok merupakan salah satu kota dengan proses pengomposan yang saat ini dilakukan adalah dengan menggunakan metode *open windrow*. Pengomposan tersebut menghasilkan kompos dengan kualitas yang cukup baik pada beberapa UPS. Kapasitas UPS yang terbatas, menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi implementasi pengomposan dengan menggunakan metode *open windrow*. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi penting dilakukan untuk mengeksplorasi metode pengomposan lainnya yang dapat dilakukan dengan lebih cepat di UPS dibandingkan dengan metode *open windrow* sebagai salah satu strategi mengatasi terbatasnya kapasitas UPS.

1.2 Rumusan Masalah

Pengomposan yang dilakukan di kota Depok saat ini menggunakan sistem *open windrow*. Sistem ini memerlukan tempat yang luas dan waktu yang cukup lama. Dengan kadar organik dari sampah kota Depok sebesar 75,633 %, potensi untuk dijadikan kompos sangatlah besar. Namun pada kenyataannya, proses pengomposan di Kota Depok belum maksimal. Sistem *open windrow* yang dilakukan di Depok cukup sederhana dengan sampah yang sebelumnya telah dicacah ditumpuk saja sehingga membentuk gundukan – gundukan yang tergeletak di sudut-sudut UPS. Gundukan tersebut tidak dibalik-balik karena volumenya cukup besar dan tidak memiliki alat yang memadai. Dengan keterbatasan waktu dan tempat pada pengomposan *open windrow*, perlu dicoba metode yang dapat memperkecil waktu pengomposan dan tidak membutuhkan tempat yang cukup luas serta dapat mengontrol *leachate* dan bau, salah satunya adalah pengomposan dengan metode *in vessel system*.

Berdasarkan permasalahan-permasalahan tersebut, maka pertanyaan penelitian yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Parameter apa saja yang mempengaruhi pengomposan dengan metode *in-vessel*?

2. Bagaimana dengan kualitas kompos yang dihasilkan dengan menggunakan metode *in-vessel*?
3. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk pengomposan dengan menggunakan metode *in-vessel*?
4. Berapa kadar air sampah yang dapat menghasilkan kualitas kompos yang baik dan menghasilkan *leachate* yang sedikit.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui parameter yang mempengaruhi pengomposan dengan metode *in-vessel*
2. Mengetahui kualitas kompos yang dihasilkan dengan menggunakan metode *in-vessel*
3. Mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk pengomposan dengan menggunakan metode *in-vessel*
4. Mengetahui kadar air sampah yang dapat menghasilkan kualitas kompos yang baik dan menghasilkan *leachate* yang sedikit.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan beberapa manfaat, antara lain:

1. Memberikan solusi alternatif dalam membuat kompos dengan metode selain *windrow* yang biasanya telah dilakukan oleh UPS dan TPA di Kota Depok.
2. Data yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengoptimalkan pengolahan sampah di UPS Cipayung Depok
3. Membantu Pemerintah Kota Depok dalam merencanakan pengolahan sampah dengan proses pengomposan dengan metode *in vessel system*
4. Memberikan sumbangan pada pendidikan dan masyarakat mengenai pengomposan dengan metode *in vessel system*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah ataupun ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian akan dilakukan pada sampah organik yang berasal dari UPS 4 Cipayung. Sumber sampah yang diterima UPS tersebut berasal dari perumahan, pasar dan institusi pendidikan
2. Parameter kualitas kompos yang akan diamati adalah temperatur, pH, C, N, rasio C:N, kadar air yang mengacu pada SNI 19-7030-2004
3. Parameter yang akan dianalisis selama proses pengomposan dilakukan adalah temperatur, volume, konsentrasi *COD leachate*, pH, C, N, dan rasio C:N.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi mengenai latar belakang permasalahan, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan.

BAB 2 : STUDI LITERATUR

Pada bab ini dijelaskan teori-teori yang menjadi dasar analisis dan pembahasan. Teori-teori yang menjadi dasar anatara lain metode pengomposan, kualitas kompos dan *leachate*, dan teori lain yang berhubungan dengan pengomposan

BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi mengenai metode 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

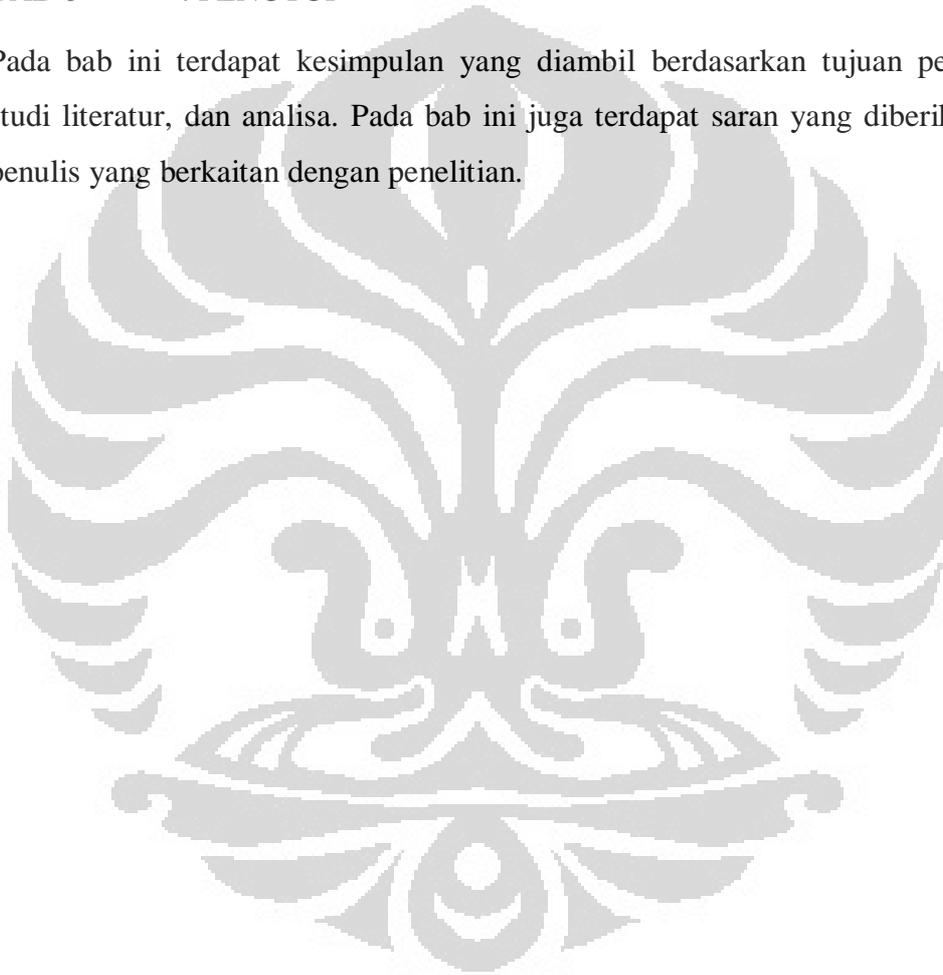
Pada bab ini terdapat gambaran umum tentang tempat yang merupakan sumber dari sampah yang dikomposkan, yakni UPS Cipayung. Terdapat penjelasan lokasi UPS, sarana prasarana yang dimiliki, sampai kegiatan yang dilakukan di UPS tersebut.

BAB 5 : PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

Pada bab ini dilakukan pengolahan data dan analisis data dengan menganalisis data setiap parameter yang diamati selama pengomposan serta kualitas kompos yang dihasilkan setelah proses pengomposan selesai yang diperiksa di laboratorium serta membandingkannya dengan literatur yang didapat.

BAB 6 : PENUTUP

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



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian

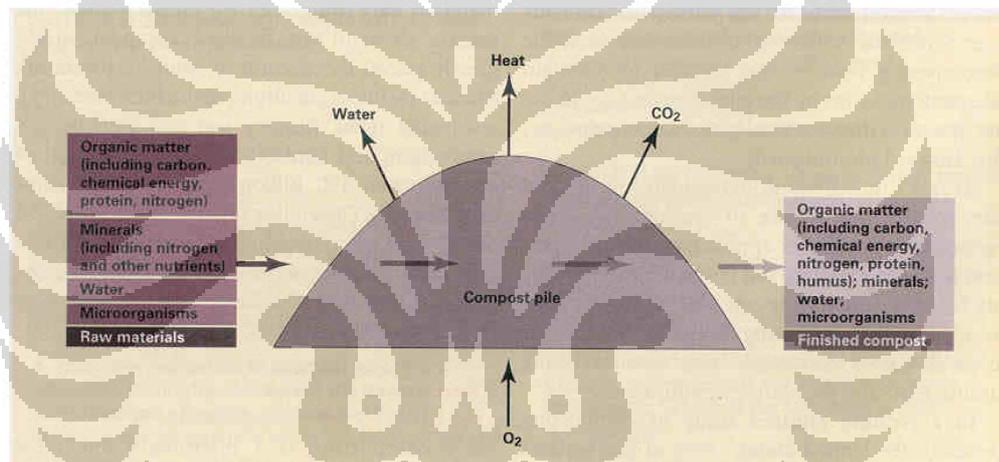
Pengomposan dapat didefinisikan sebagai penguraian biologis terkendali substrat organik yang dilakukan oleh populasi mikroba berturut menggabungkan kegiatan baik mesofilik dan termofilik, yang mengarah ke produksi produk akhir cukup stabil diaplikasikan tanah tanpa efek lingkungan yang merugikan (Iyengar et al., 2005). Sedangkan definisi pengomposan secara ekologi adalah proses dekomposisi dimana substrat terus menerus dipecah oleh suksesi populasi organism. Suksesi ini dimulai dengan cara pemecahan molekul kompleks dalam substrat baku menjadi bentuk yang lebih sederhana oleh mikroba. Produk dari proses pengomposan adalah kompos, menurut Crawford (2003), kompos didefinisikan sebagai hasil dekomposisi parsial/tidak lengkap, dipercepat secara artifisial dari campuran bahan-bahan organik oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik.

2.2 Proses Pengomposan

Proses pengomposan akan segera berlangsung setelah bahan-bahan mentah dicampur. Proses pengomposan secara sederhana dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan. Selama tahap-tahap awal proses, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Suhu tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat. Demikian pula akan diikuti dengan peningkatan pH kompos. Suhu akan meningkat hingga di atas 50° - 70° C. Suhu akan tetap tinggi selama waktu tertentu. Mikroba yang aktif pada kondisi ini adalah mikroba termofilik, yaitu mikroba yang aktif pada suhu tinggi. Pada saat ini terjadi dekomposisi/penguraian bahan organik yang sangat aktif. Mikroba-mikroba di dalam kompos dengan menggunakan oksigen akan menguraikan bahan organik menjadi CO₂, uap air dan panas. Setelah sebagian besar bahan telah terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan. Pada saat ini terjadi pematangan kompos tingkat lanjut. Selama proses pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun

biomassa bahan. Pengurangan ini dapat mencapai 30 – 40% dari volume/bobot awal bahan.

Proses pengomposan dapat terjadi secara aerobik (menggunakan oksigen) atau anaerobik (tidak ada oksigen). Proses yang dijelaskan sebelumnya adalah proses aerobik, dimana mikroba menggunakan oksigen dalam proses dekomposisi bahan organik. Proses dekomposisi dapat juga terjadi tanpa menggunakan oksigen yang disebut proses anaerobik. Namun, proses ini tidak diinginkan selama proses pengomposan karena akan dihasilkan bau yang tidak sedap. Proses aerobik akan menghasilkan senyawa-senyawa yang berbau tidak sedap, seperti: asam-asam organik (asam asetat, asam butirat, asam valerat, putrecine), amonia, dan H₂S.

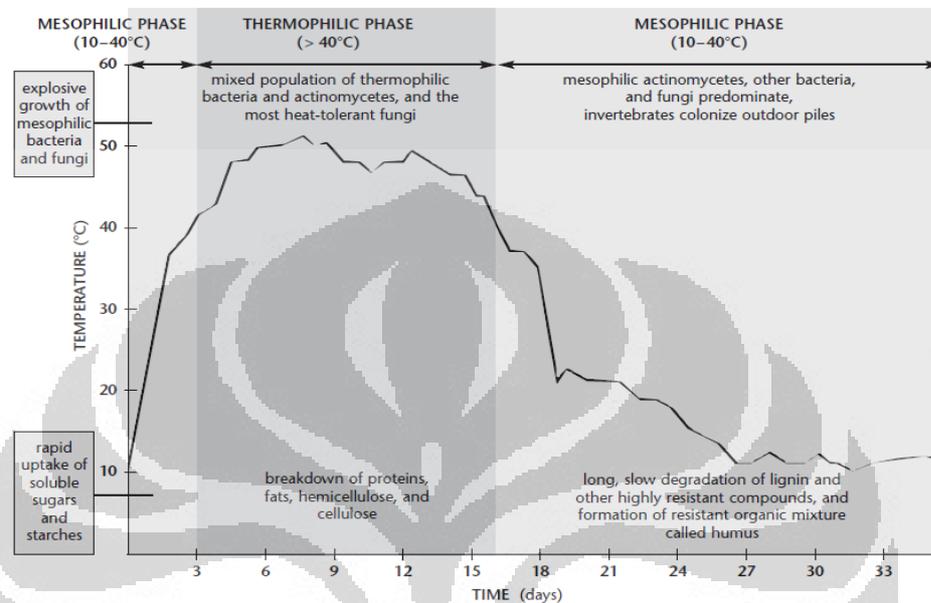


Gambar 2. 1 Proses Umum Pengomposan Limbah Padat Organik

Sumber: The Department of Soil Science, University of Wisconsin, 2000

Pengolahan biologis dapat digambarkan sebagai dekomposisi biologis limbah organik dengan kondisi terkendali; untuk pengomposan perlu kondisi yang aerobik dan suhu tinggi yang dicapai karena proses eksotermis dikatalisis oleh enzim mikroba. Tiga kelompok utama dari mikroorganisme yang terlibat dalam proses pengomposan: bakteri, actinomycetes dan jamur. Awalnya bakteri dan jamur mendominasi, dan aktivitas mereka menyebabkan suhu naik menjadi sekitar 70° C di tengah tumpukan. Pada suhu ini hanya termofilik (toleran panas) bakteri dan actinomycetes yang aktif. Karena tingkat dekomposisi dan suhu menurun, jamur dan lainnya sensitif panas bakteri menjadi aktif kembali (Lopez-Real, 1990). Oleh karena itu suhu merupakan salah satu faktor kunci dalam

pengomposan yang perlu terus-menerus dipantau dan dikendalikan. Suhu operasi yang sebenarnya dalam bahan kompos dikendalikan dalam kebanyakan kasus untuk memaksimalkan baik stabilisasi (suhu tinggi membangun struktur menghambat proses ini) dan sterilisasi (suhu tinggi yang diperlukan).



Gambar 2. 2 Perubahan Suhu Selama Proses Pengomposan

Sumber: Epstein, 1997

Grafik suhu tersebut dapat menunjukkan tahap-tahap proses pengomposan seperti yang ditulis oleh menurut Tchobanoglous et al., (2002), yakni pengomposan dibagi dalam tiga tahap, yaitu *lag phase*, *active phase*, dan *curing phase* atau *maturation phase*.

Tahap pertama adalah *lag phase*, tahap ini dimulai segera setelah kompos dibuat. Tahap tersebut merupakan tahap dimana mikroba yang terdapat dalam limbah padat/bahan baku kompos beradaptasi. Mikroba mulai berkembang biak, dengan menggunakan glukosa, pati, selulosa sederhana, dan asam amino yang terdapat dalam limbah padat.

Tahap Kedua adalah *active phase*, fase ini ditandai dengan peningkatan eksponensial dalam jumlah mikroba dan intensifikasi sesuai aktivitas mikroba. Tahap ini ditandai dengan kenaikan suhu tumpukan kompos. Suhu akan terus meningkat sampai konsentrasi limbah padat yang mudah diuraikan sudah habis terdekomposisi. Pada negara tertentu, suhu mencapai 70°C atau lebih tinggi.

Tahap ketiga adalah *curing phase* atau *maturation phase*, pada fase ini pasokan bahan yang mudah terurai sudah habis habis, dan tahap pematangan dimulai. Pada tahap pematangan, bahan organik dan mikroba mengalami penurunan jumlah dan suhu akan turun sampai mendekati suhu ruangan.

Untuk menjaga tingginya tingkat dekomposisi, oksigen harus selalu tersedia. Pada jenis proses sederhana, seperti tumpukan kompos kebun, suplai oksigen dicapai dengan teratur membalik – balikkan kompos dalam tumpukan panjang atau *windrows*. Metode alternatif selain itu adalah dipaksa aerasi, dimana udara dipaksa melalui tumpukan statis menggunakan ventilasi kecil di lantai area pengomposan. Udara dapat dipaksa keluar dari ventilasi, atau ditarik turun melalui tumpukan kompos dengan menerapkan vakum untuk ventilasi. Metode dispersi membantu panas keluar dari pusat tumpukan, membuat proses yang lebih seragam. Dengan membantu panas keluar dari tumpukan, metode tersebut dapat mengendalikan bau seperti udara melewati tumpukan secara efektif disaring untuk mengurangi bau sebelum keluar dari tumpukan. Aerasi juga membantu menghilangkan karbon dioksida dan senyawa organik yang mudah menguap, seperti asam lemak, dan buffer pH material.

Perkolasi tumpukan kompos melalui udara tergantung pada struktur dan isi air dari bahan masukan. Isi air untuk pengomposan aerobik harus lebih dari 40%, jika kurang dari 40% tingkat dekomposisi akan mulai turun, tetapi jika terlalu tinggi akan menjadi bahan *water-logged* dan terbatasnya pergerakan udara. Jika bahan masukan terlalu basah, air menyerap dan *bulking* agen seperti limbah kebun kayu, serpihan kayu, jerami atau serbuk gergaji dapat ditambahkan untuk memperbaiki struktur, dan meningkatkan sirkulasi udara.

2.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengomposan

Setiap organisme pendegradasi bahan organik membutuhkan kondisi lingkungan dan bahan yang berbeda-beda. Apabila kondisinya sesuai, maka dekomposer tersebut akan bekerja giat untuk mendekomposisi limbah padat organik. Apabila kondisinya kurang sesuai atau tidak sesuai, maka organisme tersebut akan dorman, pindah ke tempat lain, atau bahkan mati. Menciptakan kondisi yang optimum untuk proses pengomposan sangat menentukan keberhasilan proses

pengomposan itu sendiri.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengomposan antara lain:

1. Rasio C/N
2. Ukuran Partikel
3. Aerasi
4. Porositas
5. Kandungan air
6. Suhu
7. pH
8. Kandungan hara
9. kandungan bahan-bahan berbahaya

2.3.1 Rasio C/N

Rasio C/N yang efektif untuk proses pengomposan berkisar antara 30: 1 hingga 40:1. Mikroba memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pada rasio C/N di antara 30 s/d 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis. Karena meskipun sel mikroba terdiri dari karbon dan nitrogen dalam rasio 6:1, diperlukan karbon tambahan dalam menyediakan energi untuk metabolisme dan sintesis sel baru. Rasio C:N yang lebih rendah dari 30:1 memungkinkan pertumbuhan mikroba yang cepat dan dekomposisi cepat, tapi kelebihan nitrogen akan hilang sebagai gas amonia, menyebabkan timbulnya bau yang tidak diinginkan serta hilangnya zat gizi dalam kompos. Rasio C:N yang lebih tinggi dari 30:1 tidak menyediakan nitrogen yang cukup untuk pertumbuhan optimal populasi mikroba. Hal ini menyebabkan kompos relatif tetap dingin dan terdegradasi secara lambat.

Selama proses pengomposan, rasio C:N secara bertahap menurun dari 30:1 menjadi 10:1 sampai 15:1. Hal ini terjadi karena setiap kali senyawa organik yang dikonsumsi oleh mikroorganisme, dua pertiga dari karbon hilang ke atmosfer sebagai gas CO₂, sementara sebagian besar nitrogen didaur ulang ke dalam mikroorganisme baru. Meskipun kompos selesai memiliki rasio C: N yang rendah, hal ini tidak menyebabkan masalah bau yang disebutkan di atas karena bahan

organik tersebut merupakan bentuk yang stabil, karena telah mengalami dekomposisi.

2.3.2 Ukuran Partikel

Ukuran partikel merupakan salah satu faktor yang berhubungan dengan nutrisi karena sampah merupakan substrat dalam pembuatan kompos dan substrat merupakan sumber nutrisi. Hubungan dengan gizi adalah efek dari ukuran partikel individu pada ketersediaan fisik nutrisi, yaitu, aksesibilitas ke nutrisi. Ukuran partikel menentukan perbandingan massa terhadap permukaan, yakni jumlah massa partikel yang terkena aktivitas mikroba. Semakin meningkat rasionya akibat penurunan ukuran, maka tingkat dekomposisi secara teoritis seharusnya juga meningkat.

Ukuran yang sesuai untuk sebuah partikel limbah adalah sekitar 1,5 cm sampai 7 cm. Ukuran partikel yang cocok untuk *wood chip* adalah sekitar 1 cm dengan ketebalan 2 cm sampai 5 cm. Ukuran partikel yang cocok untuk bahan berserat adalah sekitar 5 cm sampai 10 cm. Ukuran partikel minimum yang diperbolehkan dari material lunak cenderung besar. Ukuran minimum untuk partikel dari sisa-sisa tanaman segar, sayuran segar, dan limbah dapur sebesar 15 cm atau bahkan lebih besar. Residu hijau segar seperti selada dan buah-buahan matang (misalnya, pepaya dan mangga) memerlukan sedikit pengurangan ukuran atau bahkan tidak sama sekali. Untuk kotoran hewan selama tidak bercampur dengan material lain, tidak memerlukan pengurangan ukuran. Setiap pengurangan ukuran yang dibutuhkan akan ditentukan oleh karakteristik dari bahan material itu sendiri.

Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut.

2.3.3 Aerasi

Pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob). Aerasi secara alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang

menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila aerasi terhambat, maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara di dalam tumpukan kompos.

2.3.4 Porositas

Porositas adalah ruang diantara partikel di dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan mensuplay Oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dijenuhi oleh air, maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu.

2.3.5 Kelembaban (*Moisture content*)

Kelembaban memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplai oksigen. Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut di dalam air. Kelembaban 40 - 60 % adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba. Apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%.

Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap.

2.3.6 Suhu

Panas dihasilkan dari aktivitas mikroba. Ada hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi suhu akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Suhu yang berkisar antara 30 - 60°C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu yang lebih tinggi dari 60°C akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba termofilik saja yang akan tetap bertahan hidup. Suhu yang tinggi juga akan membunuh mikroba-mikroba patogen tanaman dan benih-benih gulma.

Pada sistem yang lebih kecil yang digunakan dalam proses pengomposan di dalam ruangan (*indoor composting*) tidak sedemikian mendapatkan panas seperti yang didapatkan tumpukan kompos yang besar atau *windrow*. Sistem kompos untuk di dalam ruangan, yang volumenya kurang dari 10 galon, akan mengalami kenaikan suhu sampai 40 – 50°C dalam hari kedua atau ketiga. Karena sistem ini kecil, sistem ini hanya akan mengalami suhu tertinggi pada 40 – 45°C.

2.3.7 pH

Rentang pH optimum untuk kebanyakan bakteri adalah antara 6,0 dan 7,5, sedangkan yang optimal untuk jamur adalah 5,5 sampai 8,0. Sedangkan nilai pH pada kotoran ternak umumnya berkisar antara 6,8 hingga 7,4.

Penurunan pH pada awal pengomposan MSW mungkin menjadi 4,5 atau 5,0. Proses pengomposan dapat terjadi pada kisaran pH yang lebar. pH yang optimum untuk proses pengomposan berkisar antara 6,5 sampai 7,5. Nilai pH umumnya mulai turun selama tahap awal dari proses pengomposan. Hal tersebut disebabkan oleh aktivitas bakteri pembentuk asam meningkat. Bakteri ini memecah bahan karbon kompleks (polisakarida dan selulosa) menjadi asam organik tingkat lanjut. Sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan nilai pH. Nilai pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral.

2.3.8 Kandungan hara

Kandungan P dan K juga penting dalam proses pengomposan dan biasanya terdapat di dalam kompos-kompos dari peternakan. Hara ini akan dimanfaatkan oleh mikroba selama proses pengomposan.

2.3.9 Kandungan bahan berbahaya

Beberapa bahan organik mungkin mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi kehidupan mikroba. Logam-logam berat seperti Mg, Cu, Zn, Nikel, Cr adalah beberapa bahan yang termasuk kategori ini. Logam-logam berat akan mengalami imobilisasi selama proses pengomposan.

2.4 Metode Pembuatan Kompos

2.4.1 Sistem *Windrow*

Sistem *windrow* adalah proses pembuatan kompos yang paling sederhana dan paling murah. Bahan baku kompos ditumpuk memanjang, tinggi tumpukan 0.6 sampai 1 meter, lebar 2-5 meter. Sementara itu panjangnya dapat mencapai 40 – 50 meter. Sistem ini memanfaatkan sirkulasi udara secara alami. Optimalisasi lebar, tinggi dan panjang nya tumpukan sangat dipengaruhi oleh keadaan bahan baku, kelembaban, ruang pori, dan sirkulasi udara untuk mencapai bagian tengah tumpukan bahan baku. Idealnya adalah pada tumpukan bahan baku ini harus dapat melepaskan panas, untuk mengimbangi pengeluaran panas yang ditimbulkan sebagai hasil proses dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Sistem *windrow* ini merupakan sistem proses komposting yang baik yang telah berhasil dilakukan di banyak tempat untuk memproses pupuk kandang, sampah kebun, lumpur selokan, sampah kota dll. Untuk mengatur suhu, kelembaban dan oksigen, pada *windrow* sistem ini, maka dilakukan proses pembalikan secara periodik. Inilah secara prinsip yang membedakannya dari sistem pembuatan kompos yang lain. Kelemahan dari sistem *windrow* ini adalah memerlukan areal lahan yang cukup luas.

2.4.2 Sistem *Aerated Static Pile*

Sistem pembuatan kompos lainnya yang lebih maju adalah *Aerated Static Pile*. Secara prinsip proses komposting ini hampir sama, dengan *windrow* sistem, tetapi dalam sistem ini dipasang pipa yang dilubangi untuk mengalirkan udara. Udara ditekan memakai blower. Karena ada sirkulasi udara, maka tumpukan bahan baku yang sedang diproses dapat lebih tinggi dari 1 meter. Proses itu sendiri diatur dengan pengaliran oksigen. Apabila suhu terlalu tinggi, aliran oksigen dihentikan, sementara apabila suhu turun aliran oksigen ditambah. Karena tidak ada proses pembalikan, maka bahan baku kompos harus dibuat sedemikian rupa homogen sejak awal. Dalam pencampuran harus terdapat rongga udara yang cukup. Bahan-bahan baku yang terlalu besar dan panjang harus dipotong-potong mencapai ukuran 4 – 10 cm.

2.4.3 Sistem *In Vessel*

Sistem yang ketiga adalah sistem *in vessel composting*. *In vessel composting* merupakan proses dimana material yang dapat dikomposkan berada di sebuah container yang tertutup dengan tujuan memproduksi kompos. Dalam sistem ini dapat mempergunakan kontainer berupa apa saja, dapat silo atau parit memanjang. Sistem *in vessel* juga mempergunakan pengaturan udara sama seperti sistem *aerated static pile*. Sistem ini memiliki pintu pemasukan bahan kompos dan pintu pengeluaran kompos jadi yang berbeda.

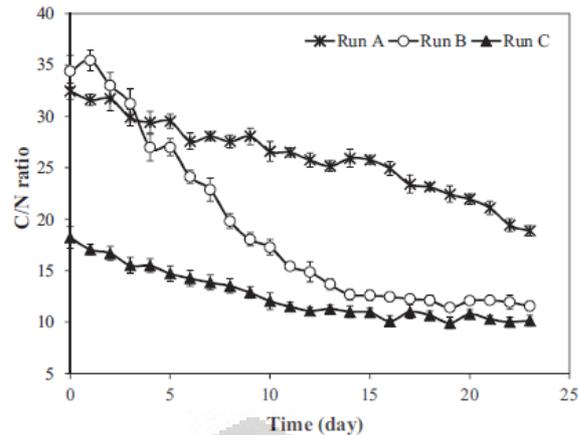
Kelebihan dari sistem *in vessel* ini antara lain:

- Pengomposan dapat lebih ketat dikontrol yang mengarah ke dekomposisi yang lebih cepat dan kualitas produk yang lebih konsisten.
- Tidak terlalu berpengaruh efek cuaca.
- Hanya perlu sedikit tenaga kerja untuk mengoperasikan sistem
- Tidak memerlukan lahan yang luas
- Emisi udara dan lindi dapat lebih mudah dikumpulkan dan diolah
- Diterima oleh publik lebih baik daripada sistem windrow
- Dapat mengakomodasi berbagai jenis dan jumlah limbah organik (misalnya, biosolids berbau & makanan)
- Dapat berlangsung dengan cepat (7-14 hari).

Untuk memahami lebih lanjut tentang proses pengomposan dengan metode *in-vessel*, dapat dilihat pada uraian tentang hasil penelitian pengomposan dengan menggunakan metode *in vessel system* berdasarkan parameter kualitas kompos berikut ini.

A. Rasio C/N

Rasio C/N yang terlalu tinggi menyebabkan mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat. Rasio C/N yang tinggi yakni lebih dari 30, dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Perubahan rasio C/N

Sumber: Huang, et al 2011

Grafik tersebut diambil dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Chun-Jiang An, Guo-He Huang, Yao yao, Wei sun, dan Kai An untuk menyelidiki kinerja kompos dari sampah makanan terhadap timbulnya *coal ash* dan *uric acid* dengan menggunakan tiga *vessel* reaktor kompos. Hasil di atas didapat dengan membedakan kondisi pengomposan. Ketiga kondisi dibedakan sebagai berikut:

1. Run A tidak ditambahkan *coal ash* dan *uric acid*
2. Run B ditambahkan *coal ash* 4 kg
3. Run C ditambahkan *coal ash* 4 kg dan *uric acid* 84 gram

Rasio C/N pada Run A dan Run B masih berada di antara 30 dan 40. Sedangkan pada Run C, nilai rasio C/Nnya kurang dari 20. Dengan tambahan *coal ash* dan *uric acid*, rasio C/N dari limbah makanan telah melakukan kecenderungan penurunan yang sama, sementara tingkat C/N lebih rendah ditunjukkan pada sampah yang tidak ditambahkan *uric acid* maupun *coal ash*.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Srinath R. Iyengar dan Prashant P. Bhave tahun 2005 tentang pengomposan limbah rumah tangga dengan metode *in vessel system* setelah 60 hari, didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Nilai Rasio C/N

Parameter	Reaktor				
	CM	F	A	BS	H
C/N	15.3-15.8	14.9-17.5	30.1-30.9	8.2-21.5	11.4-21.6

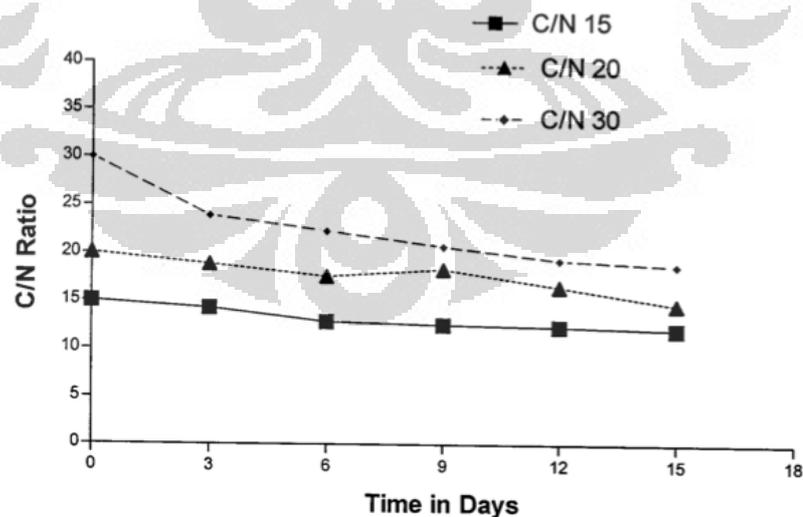
Sumber: Iyengar dan Bhave, 2005

Penelitian tersebut menggunakan 5 jenis vessel yang berbeda, yakni:

1. The complete mix type aerobic reactor (“CM” Reactor)
2. The facultative type reactor (“F” Reactor)
3. The anaerobic type reactor (“A” Reactor)
4. The aerobic/facultative type reactor (only compost acceleration as inoculation and occasional mixing of waste) (“BS” Reactor)
5. The aerobic/facultative type reactor (compost acceleration in cow-dung slurry as inoculum and occasional mixing of waste) (“H” Reactor)

Dari kelima reaktor tersebut, hanya reaktor A yang berlangsung secara anaerob. Dari hasil rasio C/N yang didapat, reaktor dengan proses anaerob masih terlalu tinggi, sedangkan pada reaktor BS rasio C/Nnya terlalu rendah. Rasio C/N yang terlalu tinggi berarti kadar karbonnya tinggi sehingga tidak akan cocok apabila diaplikasikan di tanah karena akan mengurangi kandungan nitrogen di dalam tanah. Sedangkan rasio C/N yang rendah tidak akan membantu untuk memperbaiki struktur tanah.

Kemudian pada penelitian yang dilakukan oleh M. F. Hamoda, H. A. Abu Qdais, dan J. Newham tentang evaluasi terhadap pengomposan limbah padat perkotaan, didapatkan hasil rasio C/N sebagai berikut.



Gambar 2. 4 Perubahan rasio C/N pada Penelitian MF. Hamoda

Sumber: Hamoda, et al 1998

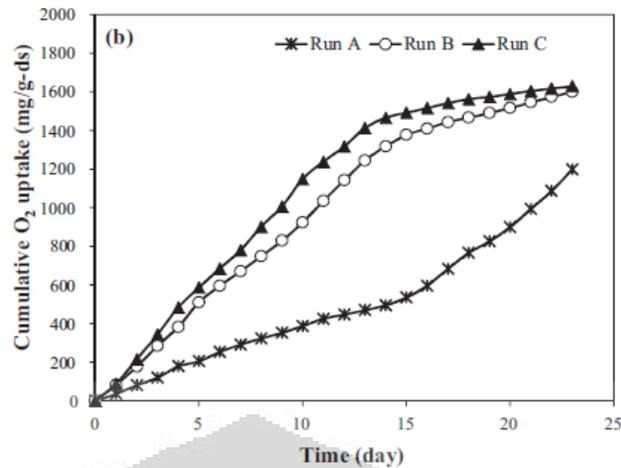
Hamoda (1998) melakukan variasi kualitas *feedstock* dengan membedakan rasio C/Nnya menjadi 3 kelompok berbeda yakni 15, 20 dan 30. Penyesuaian dari rasio asli C/N *feedstock* dari 20 menjadi 30 dicapai dengan penambahan residu nasi. Sedangkan untuk mendapatkan rasio C/N 15, dilakukan penambahan sisa nabati. Jumlah beras dan sayur yang ditambahkan ditentukan oleh keseimbangan massa.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa C/N optimal dari *feedstock* adalah 30, dengan degradasi TOC sekitar 11 %, sementara pada rasio C/N 15 dan 20 degradasi TOC hanya 8 % dan 8,7 %. Selanjutnya, perubahan rasio C/N dari *feedstock* selama pengomposan menunjukkan bahwa penurunan rasio C/N kompos yang lebih besar terjadi pada kompos dengan rasio C/N *feedstock*nya 30 seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4. Ini mungkin berarti bahwa rasio C/N optimum untuk *feedstock* adalah 30.

B. Aerasi

Pada penelitian yang dilakukan oleh Darrel W. Donahue dari University of Maine, udara yang diberikan melalui blower sebesar $1,98 \text{ m}^3$ per jam untuk $3,82 \text{ m}^3$ sampah. Blower tersebut dihubungkan dengan timer agar waktu *on* dan *off* dari blower tersebut dapat diatur, yakni 3 menit *on* dan 3 menit *off*. Laju aerasi tersebut mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Chalmers (1995). Dari laju aerasi tersebut, dapat diketahui kebutuhan udara untuk 1 m^3 sampah per jam, yakni $0,518 \text{ m}^3$ udara.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Chun-Jiang An yang telah dibahas sebelumnya, variasi oksigen yang diberikan selama proses pengomposan adalah sebagai berikut.

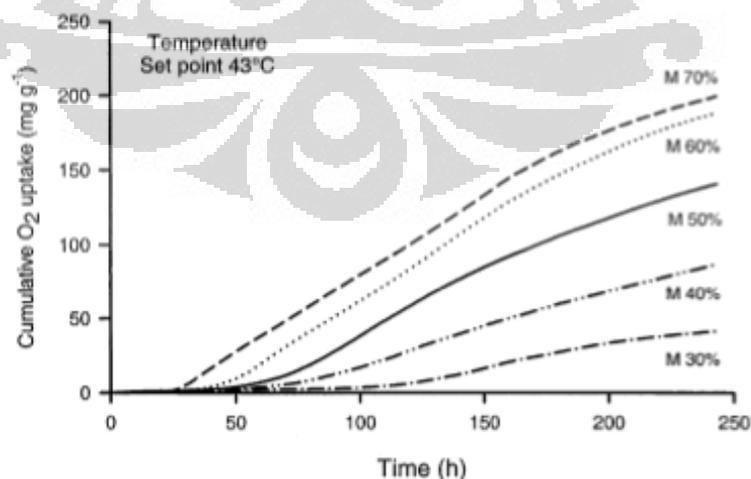


Gambar 2. 5 Variasi Oksigen Selama Proses Pengomposan

Sumber: Huang, et al 2011

Jumlah penyerapan O_2 lebih tinggi diamati terjadi pada sampah yang ditambahkan *coal ash* dan *uric acid* dibandingkan dengan sampah yang hanya ditambahkan *coal ash* saja apalagi sampah yang tidak ditambahkan *coal ash* dan *uric acid*. Hal tersebut terjadi karena permintaan kuat untuk O_2 oleh mikroorganisme.

Selain itu, kebutuhan oksigen dalam pengomposan juga dipengaruhi oleh kadar air yang dimiliki *feedstock*, seperti penelitian yang dilakukan oleh C. Liang, K. C. Das, dan R. W. McClendon tentang pengaruh suhu dan kadar air terhadap aktivitas mikroba aerob pada proses pengomposan didapat hasil sebagai berikut.



Gambar 2. 6 Profil Suhu pada Penelitian C. Liang

Sumber: Liang, et al 2001

C. Liang (2001) melakukan pengomposan dengan banyak *run*. Hasil yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 merupakan *run* dengan perbedaan kadar air *feedstock* yakni 30 %, 40 %, 50 %, 60 %, dan 70 % dengan suhu di jada pada 43°C. Seperti ditunjukkan dalam gambar tersebut, kegiatan mikroba terindikasi oleh tingkat penyerapan O₂ yang menampilkan fitur dinamis selama 10 hari inkubasi. Dalam sistem pengomposan yang umum, kegiatan intensif mikroorganisme diindikasikan terjadi dalam dua sampai empat minggu pertama setelah dimulainya proses pengomposan. Setelah itu aktivitas mikroba akan stabil ke tingkat yang lebih rendah (Stentiford, 1996; Lasaridi dan Stentiford, 1998). Dalam kondisi lingkungan yang konstan (suhu dan kelembaban), perbedaan terbesar dapat dilihat pada awal *run*, karena itu C. Liang (1998) mengadopsi periode 10 hari untuk setiap perbandingan eksperimental individu. Dalam percobaan tersebut, kegiatan mikroba menjadi intensif selama minggu pertama mengarah ke tingkat konsumsi O₂ puncak dan setelah itu berkurang ke tingkat yang lebih rendah.

C. Kadar Air

Pada penelitian yang dilakukan Iyengar (2005), terdapat hasil data kadar air yang berbeda-beda tiap reaktor, seperti yang terlihat pada tabel berikut ini.

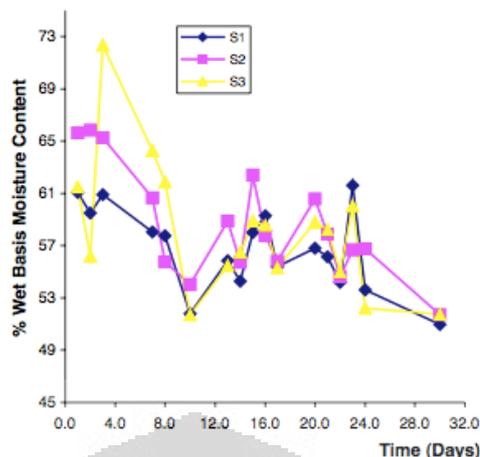
Tabel 2. 2 Nilai Kelembaban

Parameter	Reaktor				
	CM	F	A	BS	H
Kadar air (%)	22.53	26.13	258.47	21.4	341.44

Sumber: Iyengar dan Bhave, 2005

Nilai kadar air pada reaktor A sangat tinggi karena pada reaktor tersebut terjadi proses anaerobik.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Romeela Mohee dan Ackmez Mudho pada tahun 2005 tentang analisis property fisik dari matriks pengomposan *in-vessel*, didapatkan hasil nilai kadar air selama pengomposan sebagai berikut.



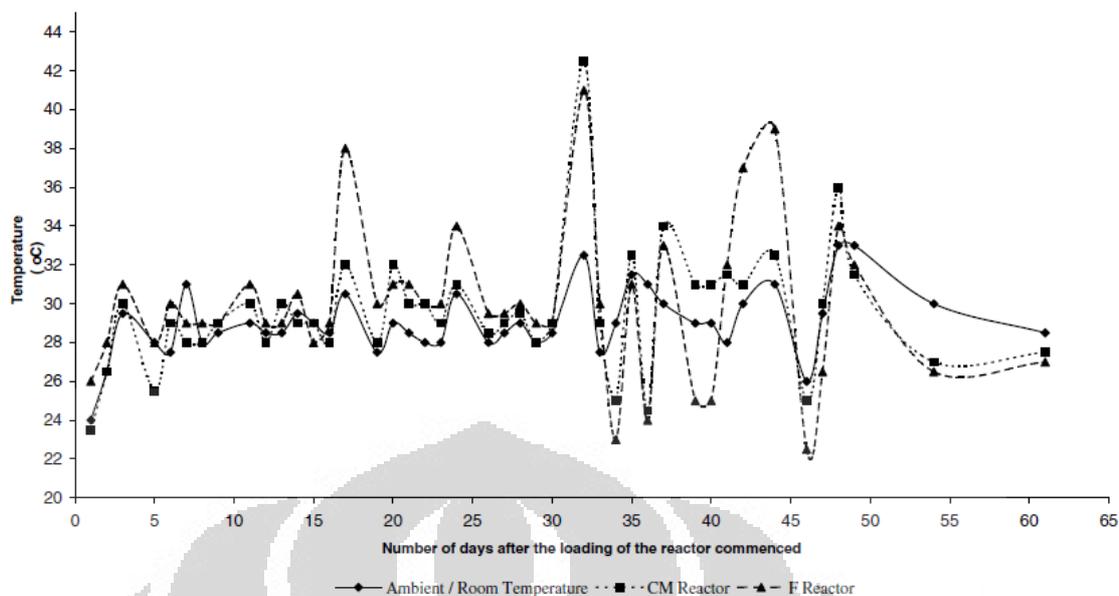
Gambar 2. 7 Profil Kadar Air pada Penelitian Romeela M.

Sumber: Mohee, et al 2005

Kadar air *feedstock* pada penelitian ini adalah 62,4 % dan selama proses keseluruhan, nilai kadar air berada di kisaran yang dapat diterima, yakni 50% sampai 65%. Ketiga variasi kadar air *feedstock* disesuaikan dengan sampel yang diambil di tiga lokasi, tengah (S1) dan dua ekstremitas (S2 dan S3), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7. Selama proses dekomposisi, uap air dihasilkan sehingga mengakibatkan kenaikan kadar air (85% dari sayuran) dan tetesan *leachate* pada pipa-pipa. Setelah hari ke 8, kadar air turun menjadi 52 % karena besarnya volume lindi (1,5 L) keluar dari dalam komposter. Hal tersebut sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Viel (2001), dimana dilaporkan bahwa fase aktif pengomposan ditandai dengan pelepasan volume air yang lebih besar dalam bentuk *leachate*, bukan air dilepaskan melalui penguapan. Setelah itu, kadar air tetap optimal pada nilai 56,2% karena reaktor kompos yang digunakan adalah sistem tertutup dan uap air yang dihasilkan sebagai hasil dari dekomposisi terkondensasi di bagian atas reaktor sebelum jatuh kembali di campuran.

D. Suhu

Pada penelitian yang dilakukan Iyengar (2005), profil suhu selama proses pengomposan dapat dilihat pada grafik 2.5.

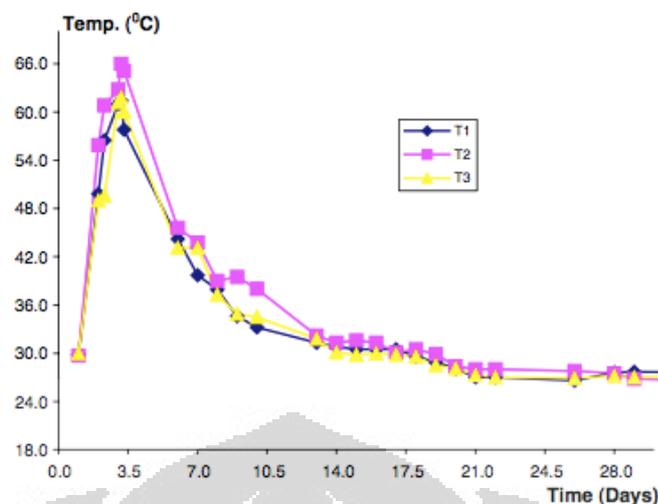


Gambar 2. 8 Variasi suhu yang terjadi selama pengomposan

Sumber: Iyengar dan Bhawe, 2005

Hasil generasi panas dari kegiatan mikrobial, sehingga proses awal pengomposan mengalami kenaikan suhu kemudian suhu menurun dan diikuti oleh stabilisasi suhu akibat aktivitas mikroba menurun dalam menurunkan kadar bahan organik yang tersedia (Hagerty et al, 1973.). Variasi suhu berhubungan dengan suhu ambien/kamar dalam kasus Reaktor CM sangat kecil akibat dari proses pencampuran. Panas yang dihasilkan disebarkan oleh proses *mixing* dan tidak terlokalisasi. Selain itu desain reaktor tertutup dari tipe reaktor *complete-mix* meminimalkan kehilangan panas dari proses terbentuknya *mulch*. Dalam kasus reaktor anaerob, tidak ada tempat untuk lindi keluar; maka lindi terakumulasi di bagian bawah reaktor sehingga meningkatkan kelembaban dan dengan demikian menurunkan suhu reaktor.

Selain itu, pada penelitian yang dilakukan oleh Romeela Mohee (2005), didapatkan profil suhu selama pengomposan sebagai berikut.



Gambar 2. 9 Profil Suhu pada Penelitian Romeela M.

Sumber: Mohee, et al 2005

Pembacaan suhu pada penelitian Mohee (2005) diambil pada tiga posisi berbeda dalam tumpukan kompos, yakni di pusat (T1) dan di dua ekstremitas (T2 dan T3). Suhu rata-rata *feedstock* berubah sesuai dengan profil temperatur khas seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.9. Tahap mesofilik, termofilik, pendinginan dan pematangan jelas tergambar. Suhu awal *feedstock* 29,3°C naik menjadi 60°C pada hari ke-3 dan mencapai puncaknya sebesar 66,3°C pada hari ke-4 dimana aktivitas mikroba yang cepat tercatat.

Penurunan suhu bisa disebabkan oleh tahap pengomposan aktif termofilik yang telah mencapai tingkat maksimum, sehingga suhu bertahap turun. Suhu jarang seragam di seluruh matriks dan berhubungan dengan pengamatan serupa yang dibuat oleh Stentiford dan Mara (1996). Bagian tengah tumpukan selalu lebih panas dibandingkan dengan dua ekstimitas.

E. pH

Pada penelitian yang dilakukan Iyengar (2005) seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, nilai pH yang didapat sebelum dan sesudah pengomposan dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2. 3 Nilai pH

Parameter	Reaktor				
	CM	F	A	BS	H
pH	6.83-7.32	6.18-7.55	6.47-8.09	6.64-6.77	7.19-8.17

Sumber: Iyengar dan Bhave, 2005

Nilai pH dari bahan kompos turun selama minggu-minggu awal pengomposan karena pembentukan asam organik, yaitu asam amino dan asam lemak volatil lainnya (Hagerty et al, 1973.). Setelah periode ini, pH cenderung bergerak ke arah netral lagi ketika asam ini telah dikonversi menjadi karbon dioksida oleh tindakan mikroba. Penurunan nilai pH yang diamati untuk hari loading karena penambahan bahan organik harian biodegradable, yang sesuai dengan pengamatan yang dilakukan oleh Seo et al. (2004).

Perubahan nilai pH juga dipengaruhi oleh nilai rasio C/N *feedstock*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Mathava Kumar, Yan-Liang Ou, dan Jih-Gaw Lin tentang pengomposan pada rasio C/N yang rendah didapatkan hasil sebagai berikut.

No. Percobaan	Kadar air (%)	Rasio C/N	Nilai pH akhir
1	60	19,6	8,97
2	60	16,2	8,83
3	60	13,9	8,82
4	45	16,2	8,84

Sumber: Kumar, Ou, dan Lin, 2009

Dapat dilihat bahwa nilai pH kompos matang yang memiliki nilai rasio C/N *feedstock* yang rendah (< 20), mendekati 9. Hal tersebut terjadi akibat terdapat kelebihan nitrogen yang kemudian berubah menjadi ammonia sehingga meningkatkan nilai pH menjadi basa.

2.5 Komposisi Hara Bahan Baku Kompos

Kandungan hara bahan baku kompos merupakan sumber energi utama mikroorganisme dalam proses pengomposan. Kandungan hara bahan baku kompos sangat penting bagi proses pengomposan karena berhubungan langsung

terhadap laju pengomposan. Oleh karena itu pemilihan bahan baku kompos menjadi sangat penting untuk keberlanjutan proses pengomposan. Berikut ini terdapat tabel 2.5 yang berisi informasi hara dalam bahan baku kompos.

Tabel 2. 4 Komposisi Hara Dalam Tanaman

Tanaman	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	%					mg/kg				
Gandum	2,80	0,36	2,26	0,61	0,58	155	28	45	108	23
Jagung	2,97	0,30	2,39	0,41	0,16	132	12	21	117	17
Kacang Tanah	4,59	0,25	2,03	1,24	0,37	198	23	27	170	28
Kedelai	5,55	0,34	2,41	0,88	0,37	190	11	41	143	39
Kentang	3,25	0,2	7,5	0,43	0,20	165	19	65	160	28
Ubi jalar	3,76	0,38	4,01	0,78	0,68	126	26	40	86	53

Sumber : Tan (1993) dalam Setyorini et al., (2006)

Unsur hara juga terdapat dari pupuk kandang ternak, menurut Klausner et al.(1984), pupuk kandang ternak sering kali kaya nutrisi tanaman, sekitar 70-80% dari nitrogen (N), 60 - 85% dari fosfor (P_2O_5), dan 80% kalium (K_2O). Sedangkan menurut Paceet al.(1996), pembentukan amonia terjadi karena karbon yang tersedia dimanfaatkan sepenuhnya oleh mikroorganisme tanpa menstabilkan semua nitrogen yang tersedia. Selain itu, kadar karbon ditentukan oleh kandungan selulosa material organik. Menurut Soetopo et al.(2006), kandungan selulosa yang tinggi menyebabkan kadar karbon kompos menjadi tinggi

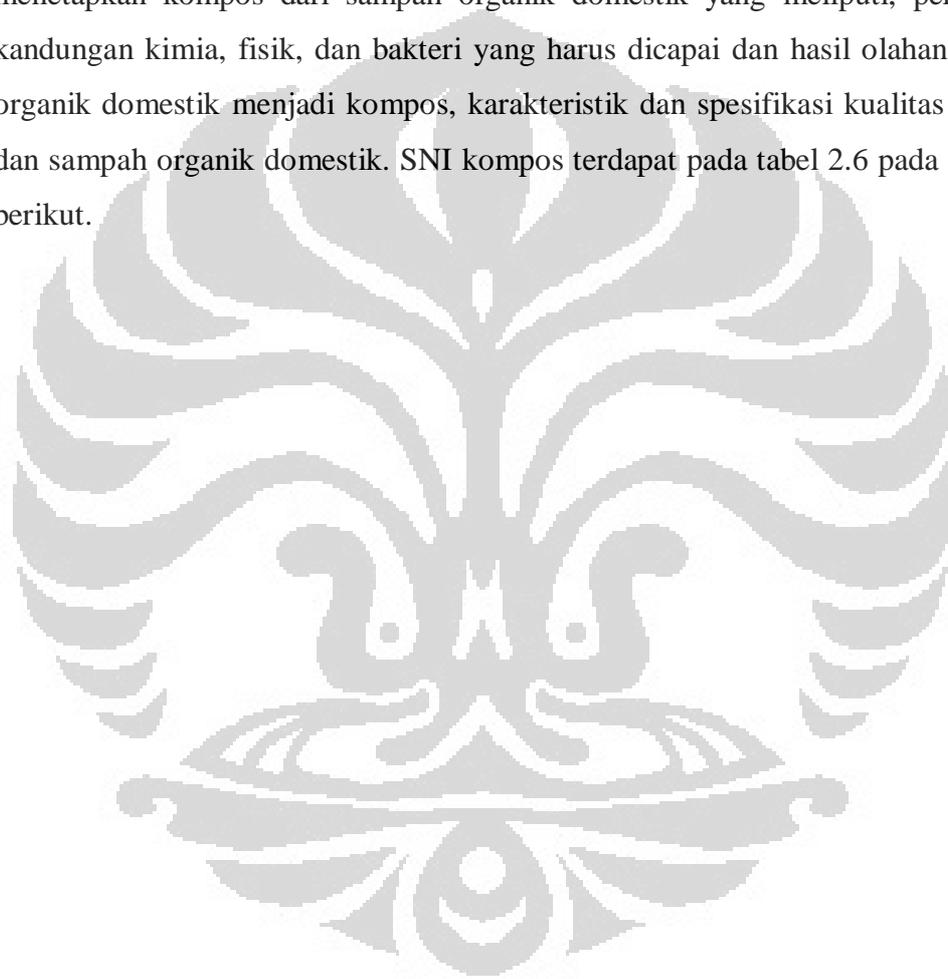
2.6 Kematangan Kompos

Menurut Sulistyawati et al.,(2007), kematangan kompos mulai terlihat pada hari ke-30. Hal tersebut dilihat dari perubahan suhu, pH, kadar air dan penampakan secara fisik. Suhu tumpukan pada awalnya cukup berfluktuatif namun terlihat mulai stabil hari ke 26 hingga hari ke 30 pada suhu 28-30°C. pH pada seluruh perlakuan juga telah menunjukkan nilai netral pada hari ke 30. Hal ini mengindikasikan bahwa kompos sudah matang. Sedangkan menurut Budiharjo (2006), kematangan kompos setelah mengalami proses pengomposan \pm 4 minggu yang ditandai dengan suhu rata-rata tumpukan yang semakin menurun dan stabil, mendekati suhu kamar (27-30° C). Kompos yang telah matang memiliki

kenampakan fisik berwarna coklat kehitaman dan bentuk remah/menyerupai tanah.

2.7 Standar Kualitas Kompos Di Indonesia

Kualitas kompos hasil pengomposan harus memenuhi kualitas kompos. Standar kualitas yang dipakai adalah Standar Nasional Indonesia (SNI): 19-7030-2004 yang berisi spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. Standar tersebut menetapkan kompos dari sampah organik domestik yang meliputi, persyaratan kandungan kimia, fisik, dan bakteri yang harus dicapai dan hasil olahan sampah organik domestik menjadi kompos, karakteristik dan spesifikasi kualitas kompos dan sampah organik domestik. SNI kompos terdapat pada tabel 2.6 pada halaman berikut.



Tabel 2. 5 Standar Kualitas Kompos SNI 19 – 7030 - 2004

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar Air	%		50
2	Suhu			suhu air tanah
3	Wama			kehitaman
4	Bau			berbau tanah
5	Ukuran partikel	mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	
7	pH		6,80	7,49
8	Bahan asing	%		1,5
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	
11	Karbon	%	9,80	32
12	Fosfor (P ₂ O ₅)	%	0,10	
13	C:Nrasio		10	20
14	Kalium (K ₂ O)	%	0,20	
15	Arsen	mg/kg		13
16	Cadmium (Cd)	mg/kg		3
17	Cobal (Co)	mg/kg		34
18	Chromium (Cr)	mg/kg		210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg		100
20	Mercuri (Hg)	mg/kg		0:8
21	Nikel (Ni)	mg/kg		62
22	Timbal (Pb)	mg/kg		150
23	Selenium (Se)	mg/kg		2
24	Seng (Zn)	mg/kg		500
25	Calsium	%		25,50
26	Magnesium (Mg)	%		0,60
27	Besi (Fe)	%		2,00
28	Aluminium (Al)	%		2,20
29	Mangan (Mn)	%		0,1 0
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp.	MPN/4 gr		3

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2005)

2.8 Leachate

Lindi (Leachate) adalah cairan yang timbul sebagai limbah akibat masuknya air eksternal ke dalam urugan atau timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi terlarut, termasuk juga materi organik hasil proses dekomposisi biologis (NSPM Sampah – PU).

Dalam TPA, urutan kompleks fisik, kimia, dan peristiwa mediasi biologis terjadi. Sebagai konsekuensi dari proses-proses adalah terdegradasi atau berubah. Saat air merembes melalui TPA, kontaminan yang tercuci dari limbah padat ikut terbawa bersama air lindi. Karakteristik lindi yang dihasilkan sangat bervariasi, tergantung pada komposisi limbah padat, curah hujan tingkat, hidrologi, pemadatan, usia limbah, prosedur pengambilan sampel, interaksi lindi dengan lingkungan, dan desain TPA serta pengoperasiannya. Sejumlah penelitian di TPA telah menyarankan bahwa stabilisasi hasil limbah dalam lima tahap berurutan dan berbeda (Pohland dan Harper, 1985). Tingkat dan karakteristik lindi yang dihasilkan dan biogas dihasilkan dari TPA bervariasi dari satu fase ke yang lain dan mencerminkan proses mediasi mikroba terjadi di dalam TPA. Kemajuan menuju stabilisasi akhir sampah TPA padat bergantung pada faktor kimia, fisik, dan biologis dalam lingkungan TPA, usia dan karakteristik limbah landfill, kontrol operasional dan manajemen yang diterapkan, serta kondisi eksternal. Gerakan melalui fase ini tercermin oleh perubahan signifikan dalam lindi dan kualitas gas. Konstituen non konservatif dari lindi (organik primer di alam) cenderung membusuk dan stabil seiring berjalannya waktu, sedangkan konstituen konservatif akan tetap lama bertahan setelah terjadi stabilisasi limbah. Konstituen konservatif terdiri dari berbagai logam berat, amonia, klorida, dan sulfida. Logam sering diendapkan dalam TPA dan jarang ditemukan pada konsentrasi tinggi dalam lindi, dengan pengecualian besi.

Banyak data tersedia tentang komposisi lindi dari TPA pada volume yang dihasilkan, tapi karena komposisi lindi terutama tergantung pada sifat limbah landfill, data lindi sangat berbeda-beda. Seperti dengan gas TPA, komposisi lindi juga bervariasi dengan tahap dekomposisi limbah: tahap pengasaman awal ditandai dengan pH rendah, bersama dengan tingkat tinggi bahan organik (tinggi

Oksigen Biologi Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD) nilai-nilai), kalsium, magnesium, besi dan sulfat, yang semua penurunan sebagai tahap methanogenic tercapai (Spinosa et al., 1991).

Pada penelitian yang dilakukan Iyengar (2005) dihasilkan data COD lindi sebagai berikut.

Tabel 2. 6 Nilai COD Lindi

Parameter	Reaktor				
	CM	F	A	BS	H
COD lindi	3500-4000	3500-4200	9500-10000		

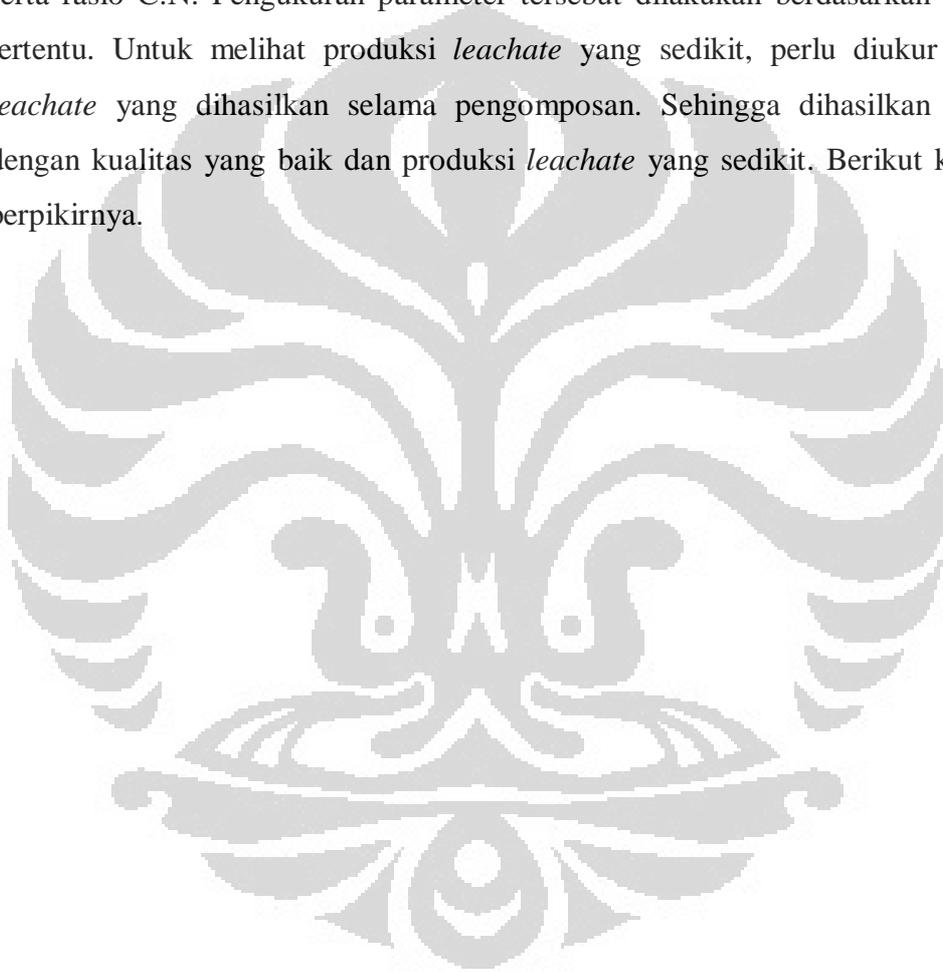
Sumber: Iyengar dan Bhave, 2005

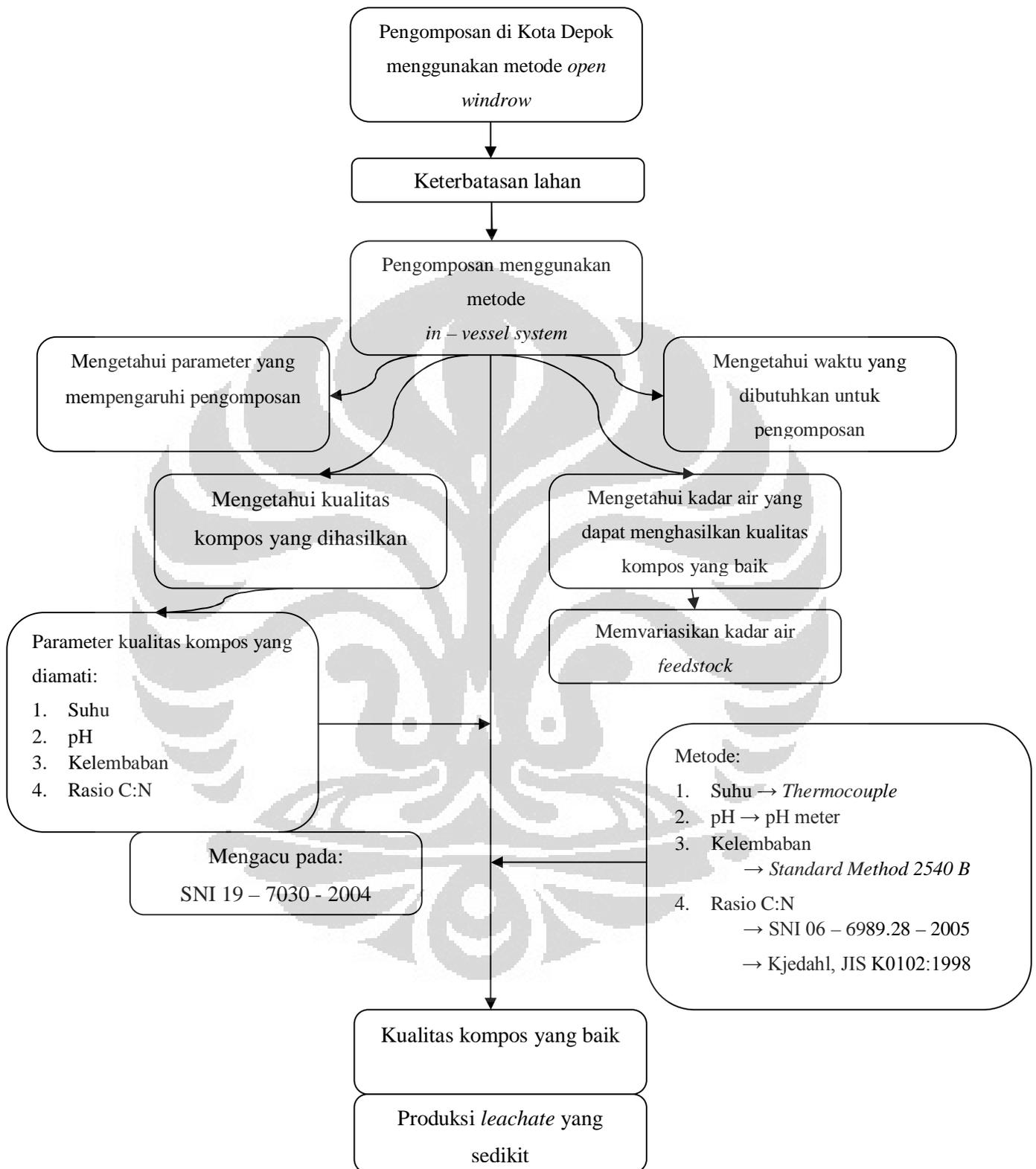
Lindi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai larutan kompos karena kaya akan nutrisi terlarut dan mikroorganismenya. Sebagian dari lindi juga bisa didaur ulang melalui reaktor untuk meningkatkan efisiensi proses. Kemungkinan lain akan menguap lindi selama pematangan dan padatan sisa bisa tergores dan ditambahkan ke *mulch* kompos. Lindi yang dihasilkan dari Reaktor CM dapat diminimalkan dengan menggunakan lapisan tanah dan agregat kasar / batu hancur dalam ruang dimana lindi dikumpulkan (seperti dalam kasus Reaktor BS). Lapisan ini akan bertindak seperti media menyerap dan penyaringan untuk lindi.

2.9 Kerangka Berpikir

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air yang dapat menghasilkan kualitas kompos yang baik melalui proses pengomposan dengan metode *in vessel system*. Penggunaan metode *in vessel system* dalam pengomposan sampah Kota Depok dilatarbelakangi oleh proses pengomposan yang dilakukan di Depok yang umumnya masih menggunakan metode *open windrow*. Padahal pengomposan metode *open windrow* membutuhkan lahan yang luas dan menghasilkan kompos dengan kualitas yang kurang baik. Untuk memperkecil kebutuhan lahan serta mendapatkan kompos yang lebih baik, dapat dilakukan pengomposan dengan metode *in vessel system* sebagai alternatif. Karena proses pengomposan dengan metode *in - vessel* ini masih tergolong baru di Depok, maka perlu diketahui beberapa hal, yakni parameter yang mempengaruhi pengomposan, kualitas

kompos yang dihasilkan, waktu yang dibutuhkan untuk pengomposan dengan menggunakan metode *in - vessel* serta kelembaban sampah yang dapat menghasilkan kualitas kompos yang baik dan menghasilkan *leachate* yang sedikit. Untuk mengetahui kelembaban sampah yang dapat menghasilkan kualitas kompos yang baik dengan cara memvariasikan kelembaban *feedstock*. Sementara itu, untuk mengetahui kualitas kompos yang dihasilkan, perlu dilakukan pengukuran parameter yang menggambarkan kualitas kompos, seperti suhu, pH, kelembaban, serta rasio C:N. Pengukuran parameter tersebut dilakukan berdasarkan standard tertentu. Untuk melihat produksi *leachate* yang sedikit, perlu diukur volume *leachate* yang dihasilkan selama pengomposan. Sehingga dihasilkan kompos dengan kualitas yang baik dan produksi *leachate* yang sedikit. Berikut kerangka berpikirnya.





Gambar 2. 10 Kerangka konsep penelitian

Sumber: Hasil olahan, 2011

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Bab ini berisi tentang metode penelitian untuk mendapatkan hasil penelitian yang akurat. Penelitian yang dilakukan adalah pendekatan penelitian kualitatif dan juga kuantitatif. Pendekatan kualitatif itu berdasarkan dari hasil kualitas kompos yang telah diperiksa parameternya yang kemudian dibandingkan dengan standard. Sementara itu untuk pendekatan kuantitatif yakni dari produksi *leachate* selama proses pengomposan. Sedangkan metode yang dilakukan adalah metode penelitian dengan eksperimen atau percobaan karena peneliti sendiri yang melakukan proses pengomposan, mengukur, dan memeriksa hasilnya di laboratorium.

3.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat dua jenis variabel penelitian, yaitu variabel independen atau bebas sebagai obyek yang difokuskan dan variabel dependen atau terikat. Dalam penelitian ini variabel dependen adalah perbedaan nilai kelembaban pada *feedstock*. Sedangkan variabel independen adalah perbandingan produksi *leachate* dan kualitas kompos. Kualitas kompos yang menjadi variabel terikat ini antara lain suhu, nitrogen (N), karbon (C), perbandingan karbon terhadap nitrogen (C:N), kelembaban, dan pH selama proses pengomposan berlangsung.

3.3 Sampel dan Populasi

Penelitian ini dilakukan pada Laboratorim Teknik Penyehatan Program Studi Teknik Lingkungan Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Jawa Barat. Parameter yang dipantau dalam penelitian ini adalah suhu, kelembaban, kualitas kompos (kadar karbon (C), nitrogen (N), rasio C:N, dan pH) serta perubahan volume, selain itu produksi dan COD *leachate* juga dipantau.

Sebelum dilakukan proses pengomposan perlu dilakukan beberapa perhitungan karena udara yang dikeluarkan dari aerator tidak dapat diatur dan timer yang

dimiliki hanya satu unit, sehingga waktu *on* dan *off* dari aerator harus disamakan untuk kedua *vessel*. Dengan mengetahui volume sampah pada *vessel* 1 yang dikehendaki serta kebutuhan udara selama pengomposan, dapat diketahui waktu *on* dan *off* dari aerator. Dengan mengetahui waktu *on* dan *off* dari aerator, dapat diketahui volume sampah dari *vessel* 2.

Selain itu, perlu dilakukan pengukuran kadar air terlebih dahulu agar dapat membedakan kadar air pada *vessel* 1 dan *vessel* 2

3.2.1 Penentuan Waktu *On* dan *Off* dari Aerator

Diketahui:

- Volume sampah pada *vessel* 1 = 70 liter
- Flow aerator 1 = 0,0547 m³/jam
- Kebutuhan udara = 0,518 m³ udara/jam. m³ sampah
(dengan aerator *on* 30 menit dalam 1 jam)

Perhitungan:

- Kebutuhan udara per menit

$$\frac{0,518 \frac{\text{m}^3 \text{ udara}}{\text{jam. m}^3 \text{ sampah}}}{30 \text{ menit}} = 0,017 \frac{\text{m}^3 \text{ udara}}{\text{menit. m}^3 \text{ sampah}}$$

- Kebutuhan udara untuk 70 liter sampah

$$0,017 \frac{\text{m}^3 \text{ udara}}{\text{menit. m}^3 \text{ sampah}} \times 0,07 \text{ m}^3 \text{ sampah} = 1,209 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3 \text{ udara}}{\text{menit}}$$

- Waktu yang dibutuhkan

$$\frac{0,0547 \frac{\text{m}^3 \text{ udara}}{\text{jam}}}{1,209 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3 \text{ udara}}{\text{menit}}} \approx 45 \text{ menit dalam 1 jam}$$

- Waktu *on* dan *off* dari aerator

Tabel 3. 1 Waktu *on* dan *off* aerator

<i>On</i>	<i>Off</i>
45 menit	15 menit
3 menit	1 menit

Sumber: Hasil Olahan, 2012

3.3.2 Penentuan Volume pada *Vessel 2*

Diketahui:

Flow aerator 2 = 0,0483 m³/jam

Waktu *on* = 45 menit

Kebutuhan udara setiap menit = 0,0173 $\frac{m^3 \text{ udara}}{\text{menit. } m^3 \text{ sampah}}$

Perhitungan:

Udara yang didapat

$$\frac{0,0483 \text{ m}^3/\text{jam}}{45} = 1,0679 \times 10^{-3} \frac{m^3 \text{ udara}}{\text{menit}}$$

Volume sampah

$$\frac{1,0679 \times 10^{-3} \frac{m^3 \text{ udara}}{\text{menit}}}{0,0173 \frac{m^3 \text{ udara}}{\text{menit. } m^3 \text{ sampah}}} = 0,0618 \text{ m}^3 = 61,8 \text{ liter}$$

3.3.3 Penentuan Kelembaban

Bahan baku kompos, yakni sampah organik tercacah yang berasal dari UPS Cipayung diperiksa kadar airnya. Diketahui kelembabannya sebesar 58,7%. Hasil tersebut memunculkan perlakuan sebagai berikut.

Tabel 3. 2 Volume dan Kadar Air Sampah pada *Vessel 1* dan *2*

<i>Vessel</i>	Volume Sampah	Kadar Air
1	70 liter	58,7 %
2	61,8 liter	68,7%

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Pengaturan nilai kelembaban sampah dilakukan dengan cara penambahan air sedikit demi sedikit. Perhitungan jumlah air yang harus ditambahkan agar kelembaban yang diharapkan tercapai adalah sebagai berikut.

$$68,7\% - 58,7\% = 10\%$$

- Dibutuhkan 10 liter air setiap 100 liter sampah
- Volume sampah = 62 liter

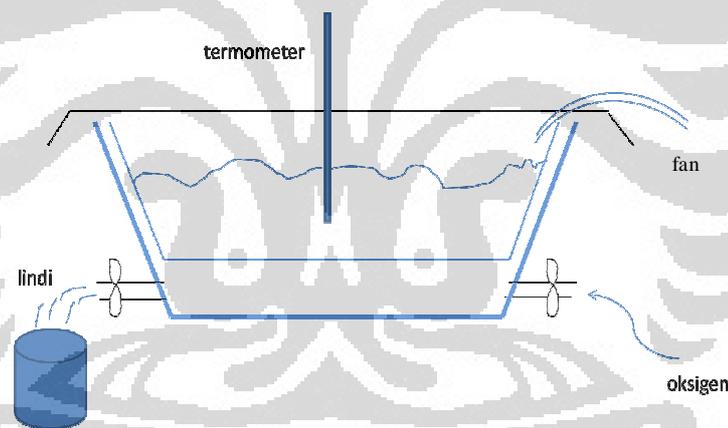
Sehingga air yang dibutuhkan adalah:

$$\frac{10 \text{ liter air}}{100 \text{ liter sampah}} \times 62 \text{ liter sampah} = 6,2 \text{ liter air}$$

3.4 Percobaan Pengomposan dengan Metode *In-Vessel*

3.4.1 Desain alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2 buah container yang masing-masing volumenya 80 liter. *Vessel* tertutup dan memiliki 2 buah saluran di bagian bawahnya. Salah satu saluran digunakan untuk menyuplai oksigen dan selebihnya untuk mengeluarkan *leachate*. Skema *vessel* tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. 1 Desain *Vessel*

Sumber: Hasil Olahan, 2011

3.4.2 Pengomposan

Proses pengomposan yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengomposan aerob walaupun container dalam keadaan tertutup. Suplai oksigen diberikan melalui aerator sehingga tetap menjaga proses yang berlangsung didalamnya tetap bersifat aerobik. Penelitian ini memeriksa perbandingan kualitas kompos serta produksi dan kualitas *leachate* pada masing – masing variasi. Variasi kadar air yang akan dilakukan dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 3 Variabel *Feedstock* Komposter

Variasi	Kadar Air	Volume sampah organik
1	58,7 %	70 liter
2	68,7 %	61,8 liter

Sumber: Hasil Olahan , 2012

A. *Feedstock*

Feedstock kompos pada penelitian ini adalah sampah organik segar yang berasal dari UPS 4 Cipayung. Berikut prosedur pengomposannya

1. Sampah organik segar disiapkan dan dicacah
2. Sampah yang sudah dicacah diukur kadar airnya dengan metode gravimetri.
3. Apabila kadar airnya belum mencapai 40% dan 50 % maka sampah tersebut perlu ditambahkan air.
4. Air yang ditambahkan dicatat jumlahnya dan kelembaban awal dari sampah organik tersebut.
5. *Vessel* disiapkan kemudian, sampah organik segar dengan kelembaban 40% yang telah dicacah dimasukkan ke dalam *vessel* 1, sedangkan sampah dengan kelembaban 50% dimasukkan ke *vessel* 2.
6. Menyalakan aerator selama pengomposan.

B. Parameter yang Diamati

Parameter kualitas kompos matang yang diamati nantinya mengacu pada SNI: 19-7030-2004 Tentang Spesifikasi Kompos Dari Sampah Organik Domestik. Pengukuran parameter kualitas kompos pada penelitian ini dibatasi, yaitu temperatur, pH, C, N, C:N rasio, dan moisture content. Pengukuran kualitas nitrogen, karbon, dan pH dilakukan pada hari ke-0, ke-7, ke-14, ke-21, dan ke-28. Sedangkan pengukuran suhu dilakukan minimal tiga kali seminggu.

3.5 Penetapan Parameter Kimia

3.5.1 Pengukuran Kadar karbon (C)

Sampel yang telah dihaluskan, dihilangkan kadar airnya dan dilarutkan dengan HCl untuk mempermudah kelarutan. Kemudian larutan tersebut disaring dan larutan yang melewati saringan siap untuk diperiksa kadarnya.

Dengan menggunakan metode titrimetri berdasarkan SNI 06-6989.28-1005, sampel didekomposisi oleh H_2SO_4 (P) menjadi C bebas. Kemudian dalam suasana asam pekat C akan mereduksikan $K_2Cr_2O_7$ menjadi Cr^{3+} . Kelebihan $K_2Cr_2O_7$ direduksikan dengan $FeSO_4$, sehingga kelebihan $FeSO_4$ dapat dititrasi dengan $KmnO_4$ dan didapatkan warna titik akhir lembayung.

Perhitungan kadar karbon berdasarkan metode titrimetri, SNI 06-6989.28-2005. Kadar karbon (C) diperoleh berdasarkan rumus di bawah ini:

$$C = \frac{(Va - Vb) \times NKMnO_4 \times f \times bstC \times 1000}{Vol. sampel}$$

Dimana:

- Va = volume titrasi $KMnO_4$ yang dibutuhkan oleh sampel (ml)
 Vb = volume titrasi $KmnO_4$ yang dibutuhkan oleh air suling (ml)
 N $KMnO_4$ = 0,1 N
 f = faktor pengenceran
 Bst C = 3

3.5.2 Pengukuran Kadar Nitrogen (N)

Dengan menggunakan metode Kjeldahl pada standar JIS K0102:1998, pengujian ini dibagi dengan dua tahap:

1. Pretreatment (Distilasi)

Sampel ditambahkan dengan K_2SO_4 , asam sulfat, dan potassium sulfat kemudian dipanaskan untuk mendekomposisi kandungan organik. Setelah itu masukkan NaOH agar menjadi alkalinitas, didistilasikan agar ammonia terabsorpsi di dalam H_2SO_4 .

2. Neutralization titrimetry

Membuat amonia dari proses pretreatment (penyulingan) kemudian diserap dalam larutan (25 mmol/l) dengan jumlah tertentu asam sulfat terlarut, titrasi asam sulfat yang tersisa dalam larutan dengan 50 mmol/l larutan sodium hidroksida, dan dengan ion amonium ditentukan.

Setelah itu, hitung konsentrasi ion amonium dalam sampel menurut rumus berikut:

$$N = (b - a) \times f \times \frac{1000 \times 0.7}{V} - A \times 0.7766$$

Dimana:

N = nitrogen organik (mg/l)

b = 50 mmol/l larutan NaOH untuk titrasi blanko (ml)

a = 50 mmol/l larutan NaOH yang dibutuhkan untuk titrasi larutan (ml)

f = faktor larutan 50 mmol/l sodium hidroksida (N)

V = volume sampel (ml)

A = ion ammonium (mgNH_4^{+1})

0.7 = berat ekivalen NaOH (mg)

3.5.3 Pengukuran kadar air

Sampel yang telah ditimbang sebanyak ± 10 gram diletakkan di dalam cawan porselin. Kemudian 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. Pemeriksaan kadar air ini dilakukan berdasarkan *Standard Method* 2540 B.

Kadar air dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

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

Dimana:

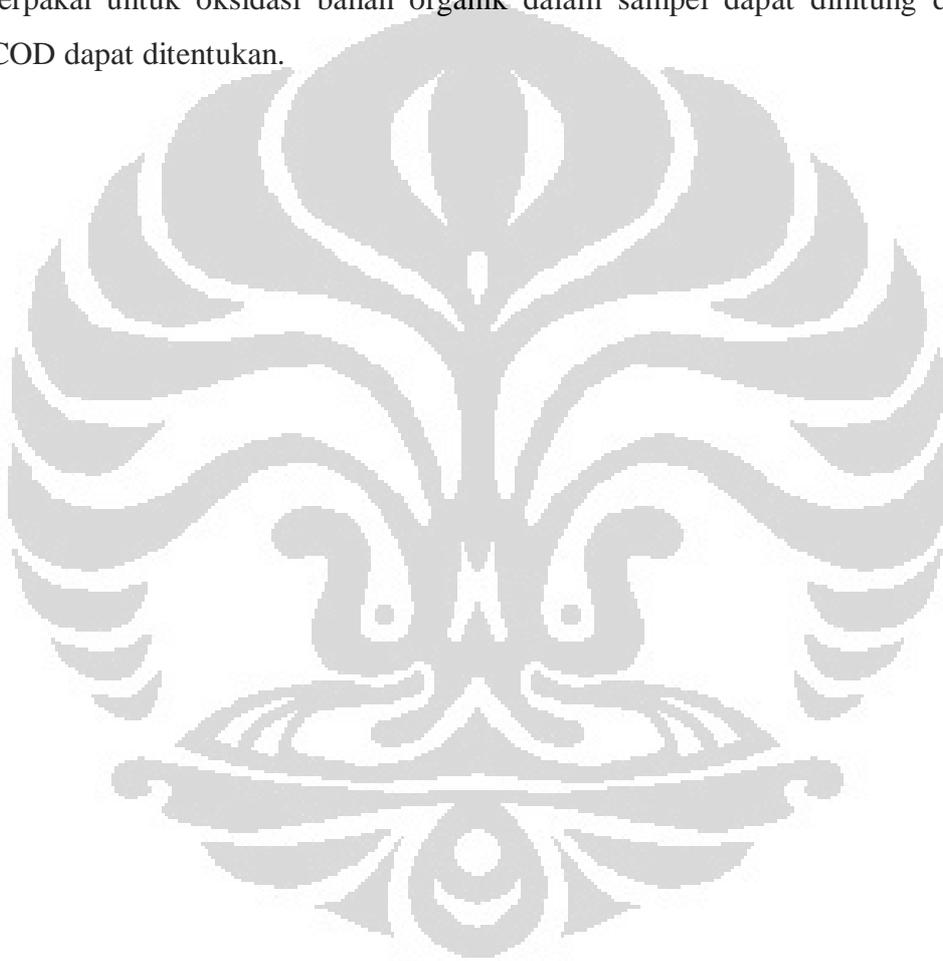
M = kadar air (%)

w = berat awal (kg)

d = berat setelah dikeringkan dalam oven 105°C (kg)

3.5.4 Pengukuran COD Leachate

Pengukuran COD Leachate menggunakan metode refluks berdasarkan Standard Method 5520 C. Pada prinsipnya pengukuran COD adalah penambahan sejumlah tertentu kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium bikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan.



3.6 Pemeriksaan Laboratorium

Pemeriksaan laboratorium dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa kegiatan pemeriksaan. Pemeriksaan tersebut akan dijelaskan pada tabel 3.4.

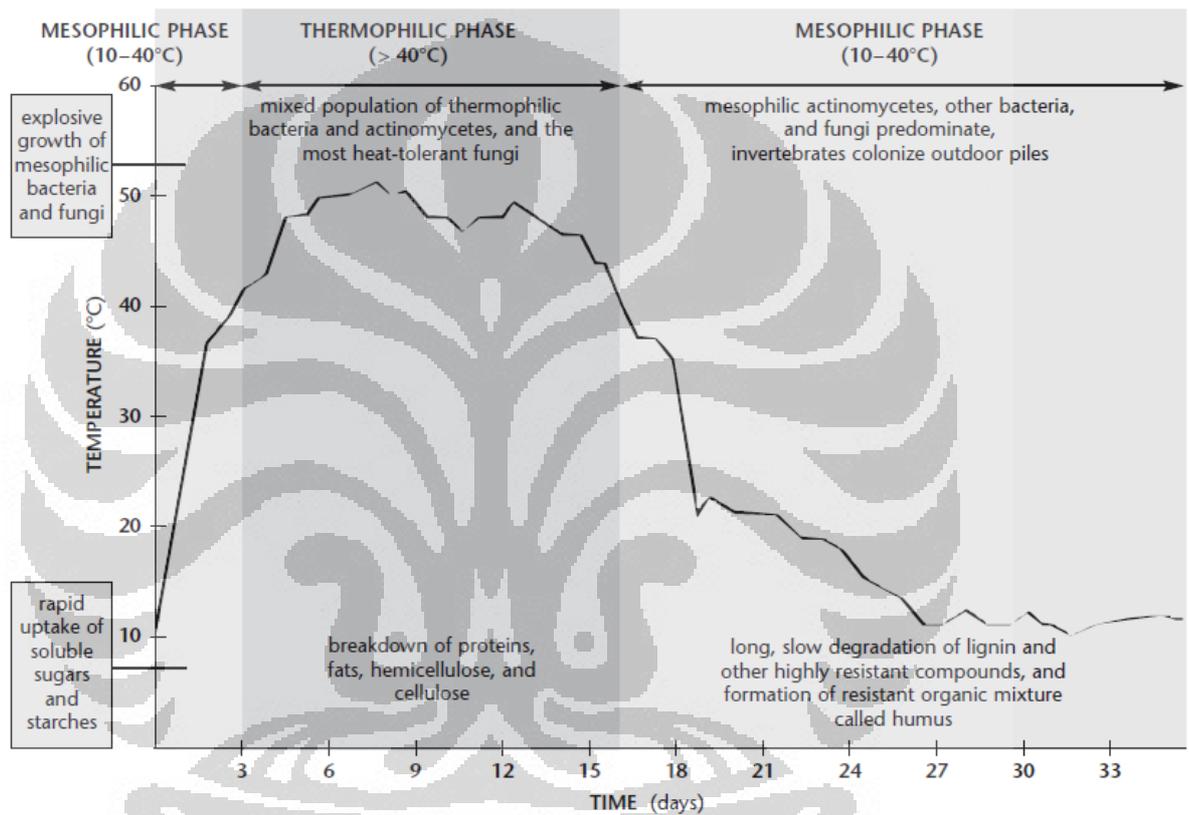
Tabel 3. 4 Alat Dan Bahan Serta Waktu Pemeriksaan Kualitas Kompos

No	Pemeriksaan	Alat	Bahan	Waktu pemeriksaan
1.	Suhu	- Termometer	Sampel yang akan diperiksa	Setiap hari
2.	pH	- pH meter - Stirrer	- Sampel yang akan diperiksa - air suling	Hari ke-0, ke-7, ke-14, ke-21, dan ke-28
3.	Kadar air	- Oven - Timbangan	Sampel yang akan diperiksa	Hari ke-0, ke-7, ke-14, ke-21, dan ke-28
4.	Kadar karbon	- Labu ukur 100ml - Pipet volum 10ml - Bulb - Corong - Kertas saring - Gelas ukur 100ml - Kuvet spektrofotometer - Spektrofotometer DR 2000	- Sampel hasil pengukuran kadar air - H ₂ SO ₄ pekat 10 ml - K ₂ Cr ₂ O ₇ 10 ml - Air suling	Hari ke-0, ke-7, ke-14, ke-21, dan ke-28
5.	Kadar nitrogen	- Labu ukur 100ml - Pipet volum 10ml - Bulb - Corong - Kertas saring - Gelas ukur 100ml - Kuvet spektrofotometer - Spektrofotometer DR 2000	- Sampel hasil pengukuran kadar air - H ₂ SO ₄ pekat 2 ml - Air suling - Mineral stabilizer 3 tetes - Polivynil 3 tetes - Nessler reagent 2 ml	Hari ke-0, ke-7, ke-14, ke-21, dan ke-28
6.	COD Leachate	- Peralatan refluks - <i>hot plate</i> - labu ukur 100 ml - buret 25 ml - pipet volume 25 ml - <i>erlenmeyer</i> 250 ml - timbangan	- larutan kalium dikromat (0,25 N) - larutan asam sulfat-perak sulfat - ferroin - larutan FAS 0,1 N - asam sulfamat - serbuk HgSO ₄ - batu didih	Hari ke-56

Sumber: Hasil Olahan (2012)

3.7 Data dan Analisis Data

Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer meliputi hasil pengukuran kualitas *feedstock* dan kompos. Sedangkan data sekunder adalah data kebutuhan udara untuk proses pengomposan. Hasil yang nanti akan diperoleh meliputi data suhu selama pengomposan, pH, C, N, rasio C:N, dan kelembaban. Profil temperatur pada penelitian ini diharapkan akan mendekati pola suhu seperti pada grafik di bawah ini.



Gambar 2. 11 Perubahan Suhu Selama Proses Pengomposan

Sumber: Epstein, 1997

Sedangkan tabel yang akan digunakan untuk pencatatan hasil pengukuran parameter seperti data pH, C, N, rasio C:N dan kelembaban sebagaimana tersaji pada tabel 3.4.

Tabel 3. 5 Contoh Hasil Penelitian

Hari	pH	C	N	Rasio C:N	Kelembaban
7					
14					
21					
35					

Sumber: Hasil Olahan, 2011

Analisis data yang akan dilakukan adalah analisis deskriptif dan komparasi. Setiap data kualitas kompos, yakni data pH, C, N, rasio C:N dan kelembaban akan dijelaskan secara satu persatu berdasarkan dengan proses pengomposan yang terjadi, termasuk proses kimia dan biologis yang melibatkan mikroorganisme. Sedangkan analisis komparasi yang dilakukan adalah membandingkan semua parameter kualitas kompos tersebut dengan SNI 19 – 7030 – 2004 untuk menentukan kualitas kompos mana yang lebih baik.

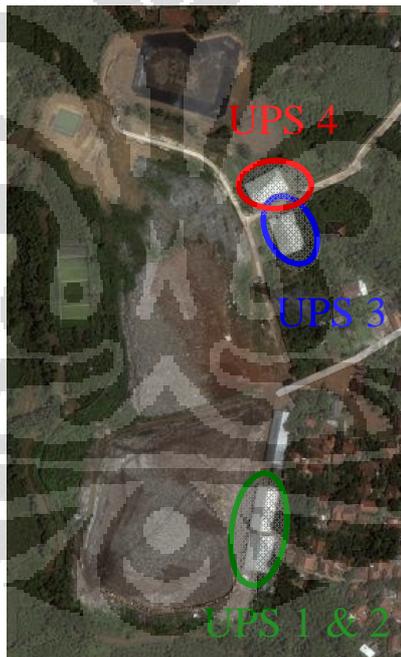
BAB 4

GAMBARAN UMUM

4.1 Lokasi UPS Cipayung

Unit Pengolahan Sampah Cipayung merupakan UPS yang terletak di kawasan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Cipayung, Depok, Jawa Barat. TPA Cipayung terletak pada Kelurahan Cipayung, Kecamatan Pancoran Mas, Kota Depok, dengan batas-batas wilayah sebagai berikut:

- Utara : Pemukiman Kampung Bulak, Kelurahan Cipayung
- Selatan : Sungai Pesanggrahan, Kelurahan Pasir
- Timur : Kebun campuran di Kampung Bulak, Kelurahan Cipayung
- Barat : Kebun campuran, Sungai Pesanggrahan



Gambar 4. 1 Areal TPA Cipayung

Sumber: maps.google.co.id, 2012

TPA Cipayung memiliki 4 hanggar UPS dengan masing-masing hanggar UPS memiliki luas bangunan sebesar 540 m².

4.2 Fasilitas UPS

Keempat UPS yang ada di kawasan TPA Cipayung memiliki bangunan dengan luas yang sama, yakni 540 m². Bangunan UPS memiliki satu pintu tempat truk *loading* dan *unloading* sampah serta keluar masuk pekerja. Bangunan ini berbentuk persegi panjang dengan beratapkan asbes dan memiliki ventilasi pada bagian atas dindingnya. Setiap bangunan memiliki ruangan kosong untuk menyimpan peralatan pekerja dan juga satu unit kamar mandi.

Peralatan yang dimiliki setiap UPS adalah 1 buah alat pencacah sampah (MC 1000 D) dan 1 buah pengayak kompos (MC 500 D) dengan kemampuan mesin sebagai berikut:

- a. Bahan bakar : Solar
- b. Kemampuan kerja per hari : 8 s/d 10 jam
- c. Kemampuan pencacahan
 - Sampah basah tanpa pilah : 2 – 3 m³/jam
 - Kelapa muda bulat tanpa belah : 30 – 40 butir/jam
 - Ranting daun : 2,3 – 3,5 m³/jam
 - Jerami kering : 3 m³/jam

Selain peralatan untuk mengolah sampah, terdapat pula fasilitas keselamatan dan kesehatan bagi pekerja, yakni sepatu boots dan masker.

Untuk mencapai UPS Cipayung terdapat dua jalan yang tersedia, satu jalan yang melalui pemukiman padat penduduk, dan satu jalan lagi khusus untuk jalan masuk dan keluar dari truk sampah yang dapat dilalui dengan berjalan kaki ataupun dengan kendaraan sendiri karena tidak ada angkutan umum yang masuk melalui kedua jalan tersebut.

4.3 Karakteristik Fisik Sampah di UPS 4

UPS 4 menerima 2 – 3 truk sampah setiap hari yang datang biasanya sekitar jam 8 pagi sampai jam 12 siang. Volume sampah per truk kira-kira 8 m³. Komposisi sampah yang diterima banyak mengandung sampah dapur atau sampah organik. Hasil pengukuran komposisi sampah tersaji pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4. 1 Komposisi Sampah UPS Cipayung Hanggar 4

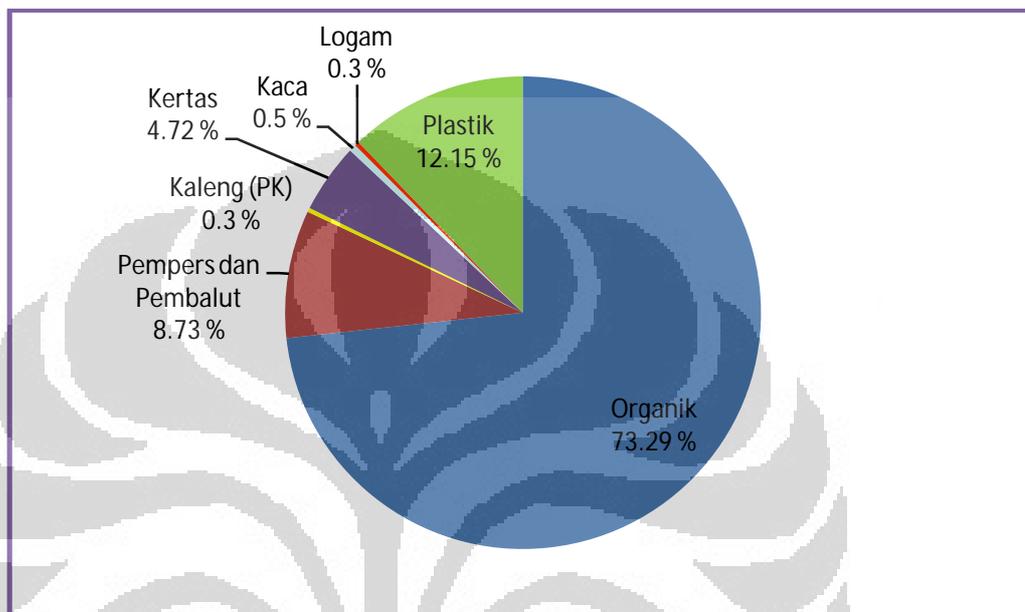
No	Komposisi	Berat rata-rata sampel sampah (gr)	%
I	Plastik		
1	Emberan (Botol/gelas minuman jenis plastik berwarna apapun)	1000	1.00
2	Plastik kresek putih	3000	3.01
3	Plastik kresek warna	4700	4.72
4	Plastik tebal	300	0.30
5	Styrofoam	600	0.60
6	Sachet makanan	2500	2.51
	Jumlah	12100	12.15
II	Logam		
1	Alumunium	300	0.30
	Jumlah	300	0.30
III	Kaca		
1	Botol kaca	500	0.50
	Jumlah	500	0.50
IV	Kertas		
1	Kardus	4700	4.72
	Jumlah	4700	4.72
V	Kaleng (PK)		
1	Kaleng (PK)	300	0.30
	Jumlah	300	0.30
VI	Pempers dan Pembalut		
1	Pempers dan Pembalut	8700	8.73
	Jumlah	8700	8.73
VII	Organik		
1	Sampah makanan, taman, dan sejenisnya	73000	73.29
	Jumlah	73000	73.29
VIII	Total	99600	100.00

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Pengukuran komposisi dilakukan untuk mengetahui komponen dalam sampah. Pengukuran komposisi yang hanya dilakukan satu hari menunjukkan bahwa sampah UPS Cipayung terdiri atas 12,15 % plastik, 0,3 % logam, 0,5 % kaca, 4,72 % kertas, 0,3 % kaleng (PK), 8,73 % pempers dan pembalut, dan 73,29 % organik. Komponen sampah yang mendominasi sampah residu UPS Cipayung adalah komponen organik kemudian diikuti

dengan komponen pempers dan pembalut, plastik, kertas, kaca, serta logam dan kaleng (PK). Untuk lebih jelas melihat komposisi sampah UPS Cipayung, berikut Grafik 4.1 yang menggambarkan persentase komposisi sampah di UPS Cipayung.

Grafik 4. 1 Komposisi Sampah UPS Cipayung Hanggar 4



Sumber: Hasil Olahan, 2012

Selain komposisi sampah, berat jenis sampah yang masuk ke UPS Cipayung juga diukur. Berat Jenis dapat diketahui dengan mengukur berat serta volume sampah. Untuk itu diperlukan kotak kayu yang telah diketahui dimensinya agar memudahkan dalam menentukan volume sampah saat digunakan. Untuk mengukur berat, digunakan timbangan 100kg. Berat jenis sampah hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Berat Jenis Sampah UPS Cipayung Hanggar 4

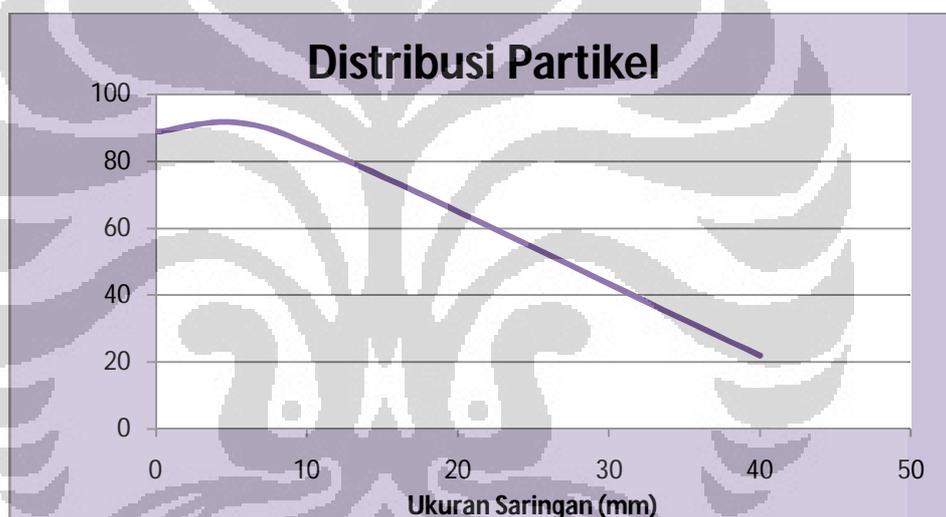
Pengukuran ke-	Berat jenis sampah (kg/m ³)
1	109.8
2	146.5
3	123.7
4	114.9
Rata-rata	123.725

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Rata-rata berat jenis sampah yang masuk ke UPS Cipayung adalah 123,725 kg/m³. Berat jenis yang kecil disebabkan oleh banyaknya sampah anorganis sehingga terdapat banyak ruang yang kosong pada kotak kayu saat pengukuran. Banyaknya ruang yang kosong pada kotak kayu tersebut mengakibatkan besarnya volume yang terukur. Karena volume berbanding terbalik dengan berat jenis, apabila volume semakin besar, maka berat jenisnya akan menjadi kecil.

Karakteristik sampah yang lain adalah ukuran partikel. Pengukuran untuk mengetahui ukuran partikel dilakukan dengan menggunakan saringan berlapis yang terdiri dari saringan yang diameternya 40 mm, 8 mm, serta ayakan. Hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada Grafik 4.2 berikut ini.

Grafik 4. 2 Ukuran Partikel Sampah UPS Cipayung Hanggar 4



Sumber: Hasil Olahan, 2012

Berdasarkan data di atas, 21,95% sampah UPS Cipayung memiliki ukuran partikel >40mm, 67,07% berukuran diantara 40 mm dan 8 mm, dan 10,98% yang memiliki ukuran partikel < 8 mm. Hasil pengukuran partikel sampah ini menunjukkan bahwa komponen sampah terbesar di UPS Cipayung adalah sampah yang berukuran diantara 40 mm dan 8 mm, contohnya seperti sampah organik.

4.4 Kegiatan di UPS

Secara garis besar kegiatan di UPS terbagi menjadi 3, yaitu pemilahan sampah organik dan anorganik, pencacahan sampah dengan menggunakan mesin

pencacah sampah (MC 1000 D), dan proses pembuatan kompos. Kegiatan utama yang dilakukan UPS Cipayung dalam mereduksi sampah adalah proses pengomposan. Proses-proses lain yang berlangsung di UPS Cipayung ini juga bertujuan untuk mengurangi beban sampah yang masuk ke TPA Cipayung. Masing-masing kegiatan tersebut akan diuraikan lebih lanjut pada subbab di bawah ini.

4.4.1 Pemilahan Sampah

Truk sampah yang datang ke UPS cipayung membawa sampah yang tercampur antara organik dan anorganik. Karena sampah yang dibawa dari truk sampah adalah *mixed waste*, oleh karena itu pekerja harus memilah sampah agar sampah-sampah anorganik dapat dijual kepada pemulung, dan sampah organik bebas dari sampah anorganik sehingga dapat dilakukan proses pengomposan. Pemilahan dilakukan diatas *conveyor* yang sekaligus tersambung pada alat pencacah (MC 1000 D)



Gambar 4. 2 Kegiatan Pemilahan Sampah di UPS Cipayung

Sumber: Chairunnisa et al., 2011

4.4.2 Pencacahan Sampah

Sampah yang telah dipilah secara manual kemudian langsung masuk ke mesin pencacah (MC 1000 D) untuk memperkecil ukuran partikel sampah. Ukuran partikel sampah yang telah tercacah tidak dapat diukur karena sampah yang keluar dari mesin pencacah sangat basah sehingga saling menyatu antar partikel. Sampah

yang sudah dicacah dan masih basah ini selanjutnya ditumpuk di satu tempat di dalam UPS dan dikomposkan hingga terdekomposisi selama \pm 2 bulan.



Gambar 4. 3 Kegiatan Pencacahan Sampah di UPS Cipayung

Sumber: Chairunnisa et al., 2011

4.4.3 Proses Pengomposan

Metode pengomposan yang dipakai di UPS Cipayung adalah *open windrow*. Sampah organik yang sudah dicacah akan ditumpuk dan dibiarkan terdekomposisi di bagian pinggir bangunan selama \pm 2 bulan. Saat proses pengomposan berlangsung, tidak ada perlakuan seperti pembalikan, penambahan air, ataupun penambahan bioaktivator. Setelah kurang lebih 2 bulan berlangsung, sampah yang sudah kering diayak dengan alat pengayak (MC 500 D) dan kemudian akan dikemas dalam karung. Kompos ini kemudian diambil oleh Pemerintah Daerah dan digunakan untuk kompos pertamanan kota. Oengecekan kualitas kompos dari UPS Cipayung dilakukan sekali setahun oleh DKP Kota Depok.



Gambar 4. 4 Tumpukan Kompos dan Proses Pengayakan Kompos

Sumber: Chairunnisa et al., 2011

BAB 5 PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

5.1 Pengomposan dengan Menggunakan Metode *In-Vessel System*

Sampah organik tercacah yang masih segar merupakan bahan baku pengomposan pada penelitian ini. Sampah dimasukkan ke dalam *vessel* yang tertutup dan aerator dihidupkan. Sebelum ditutup, sampah yang merupakan bahan baku kompos tersebut diambil untuk diperiksa kadar air, pH, kandungan karbon, dan kandungan nitrogennya. Sedangkan untuk temperatur, pengukuran dilakukan setiap hari.



Gambar 5. 1 *Vessel* yang Digunakan dalam Pengomposan

Sumber: Hasil Penelitian, 2012

Setiap minggu, *vessel* dibuka untuk proses pembalikan sekaligus untuk mengambil sampel sebanyak untuk diperiksa kualitasnya . Setelah proses pembalikan, *vessel* ditutup kembali dan aerator dinyalakan kembali. Kegiatan ini berlangsung selama 4 minggu.

5.2 Parameter yang Mempengaruhi Pengomposan

Berjalannya proses pengomposan dengan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti:

1. rasio C:N;
2. ukuran partikel;
3. suhu;
4. pH; dan

5. kelembaban

Pada awal pengomposan, rasio C:N pada substrat adalah 19,55. Menurut Tschobanoglous (1993), rasio C:N yang optimum adalah antara 25 – 50. Rasio C:N yang rendah memungkinkan nitrogen hilang. Hal tersebut diduga terjadi karena aktivitas mikroba yang mengkonversi nitrogen menjadi ammonia berlangsung cepat. Hal tersebut menyebabkan kenaikan kadar nitrogen yang cukup tinggi pada hari ke-7.

Sementara itu, limbah yang menjadi bahan baku kompos telah dicacah sebelumnya untuk memperkecil ukuran yang kecil. Ukuran partikel yang kecil menyebabkan luas permukaannya menjadi lebih luas. Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Apabila ukuran partikel lebih kecil, porositasnya akan menjadi besar, dengan kelembaban yang optimum, oksigen akan cukup menyuplai mikroorganisme dalam menjalankan aktivitasnya.

Suhu awal substrat juga mempengaruhi proses pengomposan, sama pengaruhnya dengan suhu lingkungan sekitar. Suhu lingkungan akan sangat berdampak terhadap suhu kompos apabila dilakukan proses pengomposan dengan metode *windrow*. Namun dengan proses pengomposan dengan metode *in – vessel*, pengaruh suhu lingkungan dapat diminimalisasi. Kenaikan suhu yang terjadi selama proses pengomposan merupakan panas yang dihasilkan dari aktivitas mikroba. Ada hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi suhu akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi.

Nilai pH pada substrat telah mencapai 5,65 pada hari ke-0. Nilai pH tersebut adalah rentang pH optimum untuk pertumbuhan jamur. Oleh karena itu, pada minggu-minggu awal, banyak sekali jamur yang ditemukan pada kompos seperti terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. 2 Kondisi kompos pada hari ke-7

Sumber: Hasil Penelitian, 2012

Faktor lain yang mempengaruhi proses pengomposan adalah kadar air. Menurut Crawford (1983); Diaz et al. (1993) dan Polprasert (1989) menyatakan bahwa kandungan kelembaban optimum perlu dijaga pada 50 % - 70 % untuk mendapatkan proses pengomposan yang baik. Namun, kadar kandungan air yang optimum bervariasi bergantung pada bahan yang dikomposkan/*feedstock* (Jeris dan Regan, 1973). *Feedstock* pada penelitian ini memiliki kadar air sebesar 58,7% dan 68,7 %. Nilai tersebut termasuk dalam rentang kelembaban optimum sehingga proses pengomposan dapat berjalan dengan baik.

Selain kelima faktor diatas, terdapat beberapa faktor yang juga mempengaruhi proses pengomposan. Penelitian ini menggunakan metode *in-vessel* dimana suplai oksigen dan kondisi *vessel* juga merupakan hal yang penting. Oksigen yang disuplai bergantung pada kebutuhan oksigen dari substrat. Kebutuhan udara pada setiap m³ sampah menurut Chalmers (1995) adalah sebesar 0,518 m³ udara per jam. Udara yang disuplai pada penelitian ini sama besarnya dengan nilai tersebut, sehingga proses pengomposan dapat berjalan dengan baik. Apabila substrat kekurangan oksigen, mikroorganisme aerob akan mati dan kemudian proses akan berubah menjadi anaerob.

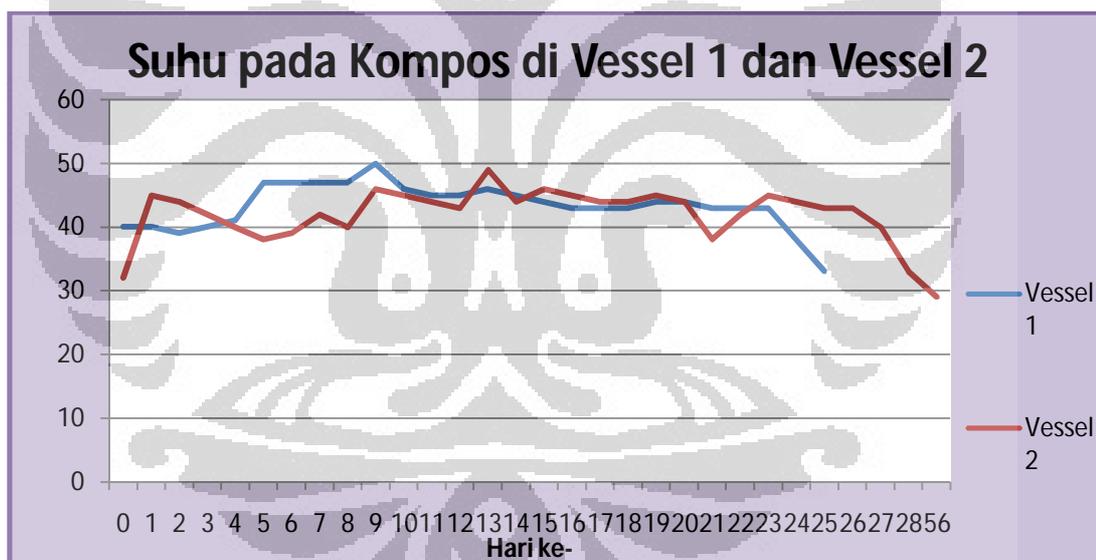
Selain itu, kondisi *vessel* yang kurang baik dapat menghambat proses pengomposan. *Vessel* yang digunakan dalam penelitian telah mempertimbangkan penyebaran oksigen secara merata dengan adanya lubang – lubang pada bagian

bawah *vessel* bagian dalam. Apabila *vessel* tidak memiliki lubang – lubang, kemungkinan udara tidak terdistribusi merata dan dapat menghambat proses pengomposan. Selain itu, bagian atas *vessel* haruslah dapat mengeluarkan uap air yang dihasilkan aktivitas mikroba agar uap air tidak kembali lagi ke dalam kompos yang menyebabkan terjadinya kenaikan nilai kelembabannya.

5.3 Kualitas Kompos yang Dihasilkan

5.3.1 Suhu

Suhu diukur setiap hari dengan menggunakan *thermocouple* dengan satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$). Data suhu kompos yang didapatkan selama pengomposan dapat menggambarkan tahapan pengomposan, yang juga berhubungan dengan aktivitas mikroba selama proses pengomposan berlangsung. Tahapan pengomposan antara lain yaitu *lag phase*, *active phase*, dan *curing phase* atau *maturity phase*.. Hasil pengukuran temperatur selama 28 hari pengomposan tersaji pada grafik 5.1.



Grafik 5. 1 Suhu pada kompos di *Vessel 1* dan *Vessel 2*

Sumber: Hasil Olahan (2012)

Perubahan suhu pada kedua vessel terlihat hampir sama. Suhu mengalami kenaikan hingga mencapai 41°C pada *vessel 1* dan 45°C pada *vessel 2* pada hari pertama. Suhu yang lebih dari 40°C diindikasikan sebagai fase termofilik, yakni fase dimana terjadi proses dekomposisi yang sangat aktif oleh mikroba. Mikroba-mikroba di dalam kompos menggunakan oksigen untuk menguraikan bahan organik menjadi CO_2 , uap air dan panas. Panas inilah yang menyebabkan

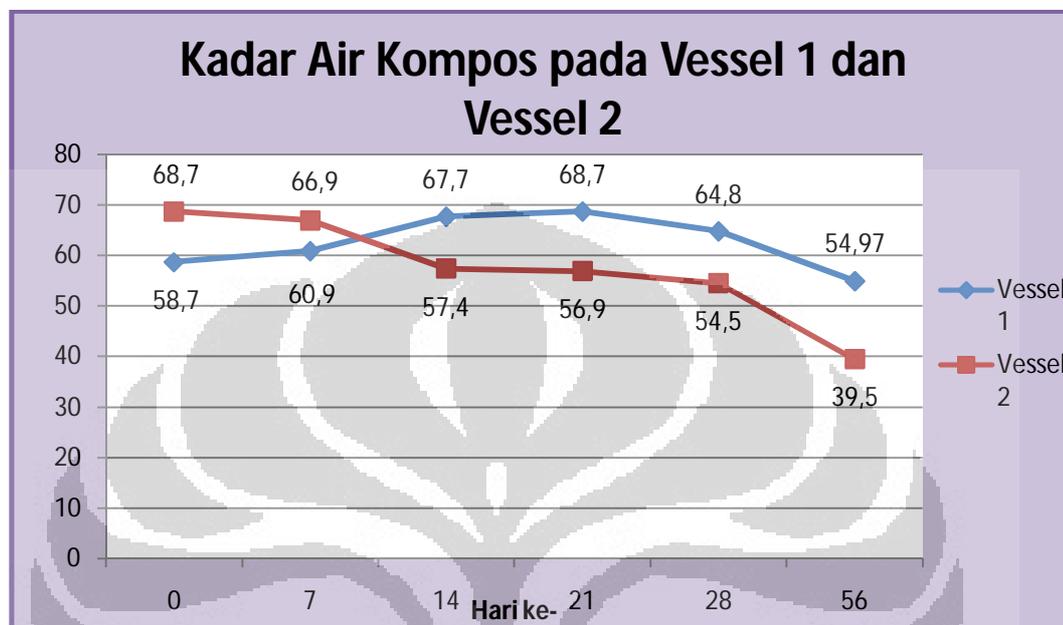
kenaikan suhu tersebut. Ada hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi suhu akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Saat kompos mencapai suhu maksimumnya, yakni 50 °C pada *vessel* 1 dan 49 °C pada *vessel* 2, selanjutnya suhu akan menurun secara bertahap. Hal ini berarti fase pematangan kompos mulai terjadi setelah hari ke 28. Penurunan suhu yang stabil disebabkan oleh aktivitas mikroba menurun dalam menguraikan kadar bahan organik yang tersedia.

Pengomposan pada kedua *vessel* ini hanya dapat mencapai suhu maksimum 50 °C. Padahal proses pengomposan diharapkan dapat mencapai suhu 60 °C atau lebih, sehingga dapat mematikan bakteri patogen. Pada suhu tersebut hanya mikroba termofilik saja yang dapat bertahan hidup sementara mikroba lainnya mati. Tidak tercapainya suhu 60 °C atau lebih, diduga terjadi karena jumlah volume *feedstock* yang akan dijadikan kompos cukup kecil. Selain itu, jumlah sampah terus berkurang seiring dengan terus terurainya sampah di dalam *vessel*. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada bab 2, bahwa pengomposan dalam skala kecil yang biasanya digunakan pada pengomposan di dalam ruangan (*indoor composting*) umumnya tidak mampu mencapai temperatur tinggi seperti pada tumpukan kompos dalam skala besar atau *windrow*. Sistem pengomposan *windrow* memiliki volume tumpukan sampah sebesar minimal 1 m³. Dengan tumpukan yang lebih besar, panas yang dihasilkan tidak mudah keluar sehingga suhu tumpukan kompos terutama pada bagian tengah tumpukan akan menjadi tinggi, yakni sekitar 60 °C sampai 70 °C. Sedangkan pengomposan di dalam ruangan yang volume tumpukan komposnya kurang dari 10 galon, hanya akan mengalami kenaikan suhu sampai 40 – 50°C. Hal yang sama juga terjadi pada penelitian yang dilakukan Iyengar (2005) yang hanya mencapai suhu 44 °C dalam waktu sebulan. Namun, penelitian yang dilakukan Iyengar berawal dari suhu yang lebih rendah yakni 24 °C. Variasi ini terjadi akibat perbedaan suhu pada lingkungan selama penelitian berlangsung.

5.3.2 Kadar Air (*Moisture Content*)

Kadar air diukur setiap 7 hari. Sampel kompos diukur kadar airnya secara duplo, masing-masing 10 gram. Kemudian sampel di oven pada suhu 105°C selama 3

jam. Setelah itu, ditimbang berat kering kompos dan dicari kelembaban relatif dengan menggunakan rumus kelembaban yang telah dijelaskan pada Bab 3. Dari pengukuran selama 56 hari, didapatkan hasil kadar air kompos pada *vessel* 1 dan *vessel* 2 grafik 5.2 berikut ini.



Grafik 5. 2 Kadar air pada kompos di *Vessel* 1 dan *Vessel* 2

Sumber: Hasil Olahan (2012)

Pada *vessel* 1 terjadi kenaikan kadar air pada hari ke-7 dan ke-14. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, aktivitas mikroba pada tahap ini mendekomposisi sampah menggunakan oksigen dan menghasilkan CO₂, uap air dan panas. Uap air tersebut terkondensasi pada tutup *vessel* yang terlihat pada saat tutup *vessel* dibuka. Hal tersebut dipengaruhi oleh *freeboard* yang kecil. Sedangkan pada *vessel* 2 yang memiliki *freeboard* yang lebih besar mengalami penurunan kadar air secara bertahap. Kadar air dalam kompos pada kedua *vessel* masih dalam rentang optimum. Hal tersebut menguntungkan bagi mikroba, karena mikroba dapat memanfaatkan bahan organik ketika bahan organik tersebut larut di dalam air, namun tidak sampai tercuci dan kemudian terbang.

Namun pada awal-awal pengomposan, kadar air *feedstock* pada kedua *vessel* berada diatas rentang optimum, yakni melebihi 60%. *Feedstock* pada *vessel* 1 memiliki kadar air lebih dari 60% pada hari ke-7, ke-14, dan ke-21. Sementara *feedstock* pada *vessel* 1 memiliki kadar air melebihi 60% hari ke-0 dan ke-7 saja.

5.3.3 pH

Pengukuran nilai pH dilakukan pada hari ke-0, ke-7, ke-14, ke-21, ke-28, dan ke-56. Pengukuran dilakukan dengan pH meter dengan sebelumnya sampel diaduk agar tercampur dengan air, dan setelah itu diukur dengan pH meter. Hasil pengukuran nilai pH selama 56 hari tersaji pada tabel 5.2.

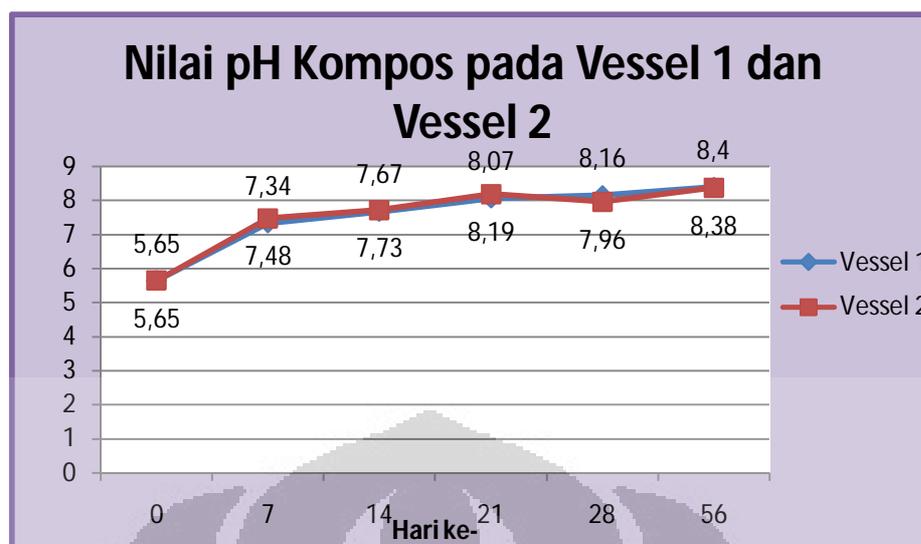
Tabel 5. 1 Nilai pH pada Kompos Selama Proses Pengomposan

Hari	Tanggal	Hari ke-	Vessel 1	Vessel 2
Rabu	4-Apr-12	0	5.65	5.65
Rabu	11-Apr-12	7	7.34	7.48
Rabu	18-Apr-12	14	7.67	7.73
Rabu	25-Apr-12	21	8.07	8.19
Rabu	2-May-12	28	8.16	7.96
Rabu	23-May-12	56	8.4	8.38

Sumber: Hasil Olahan (2012)

Nilai pH pada substrat sudah mencapai nilai 5 pada hari ke-0. Hal tersebut disebabkan oleh aktivitas bakteri pembentuk asam meningkat. Bakteri ini memecah bahan karbon kompleks (polisakarida dan selulosa) menjadi asam organik tingkat lanjut. Menurut Epstein (1997), nilai pH pada awal pengomposan juga bergantung pada komposisi substrat. Pada tahap awal pembuatan kompos, asam organik dapat terakumulasi sebagai produk sampingan dari pencernaan bahan organik oleh bakteri dan jamur. Penurunan pH mendorong pertumbuhan jamur yang aktif dalam dekomposisi lignin dan selulosa.

Untuk melihat lebih jelas kenaikan dan penurunan dari nilai pH selama proses pengomposan, dapat dilihat dalam grafik 5.3.



Grafik 5. 3 Nilai pH pada kompos di Vessel dan Vessel 2

Sumber: Hasil Olahan (2012)

Sementara itu, pada minggu pertama, yakni pada hari ke-7, nilai pH sudah mencapai angka 7 atau mendekati netral karena biasanya asam organik terurai lebih lanjut selama proses pengomposan sehingga menyebabkan nilai pH naik. Hal ini disebabkan oleh dua proses yang terjadi selama fase termofilik: dekomposisi dan penguapan asam organik, serta pelepasan amonia oleh mikroba saat mereka memecah protein dan sumber nitrogen organik lainnya. Kemudian dalam proses pengomposan, pH cenderung menjadi netral sebagai amonia yang hilang ke atmosfer atau menjadi sel baru pada mikroba.

5.3.4 Rasio C:N

Perbandingan nilai karbon dan nitrogen diperiksa pada hari ke-0, ke-7, ke-14, ke-21, dan ke-28. Hasil pemeriksaan tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 5. 2 Rasio C:N Selama Proses Pengomposan

Hari	Tanggal	Hari ke-	Vessel 1 (%)			Vessel 2 (%)		
			C	N	C/N	C	N	C/N
Rabu	4-Apr-12	0	30.3	1.55	19.55	30.3	1.55	19.55
Rabu	11-Apr-12	7	24.4	2.16	11.30	26.1	2.8	9.32
Rabu	18-Apr-12	14	11.4	1.6	7.13	12.9	1.8	7.17
Rabu	25-Apr-12	21	31.7	3.46	9.16	14.4	2.36	6.10
Rabu	2-May-12	28	14.5	1.48	9.80	18.96	2.8	6.77
Rabu	23-May-12	56	13.1	1.55	8.45	18	2.18	8.26

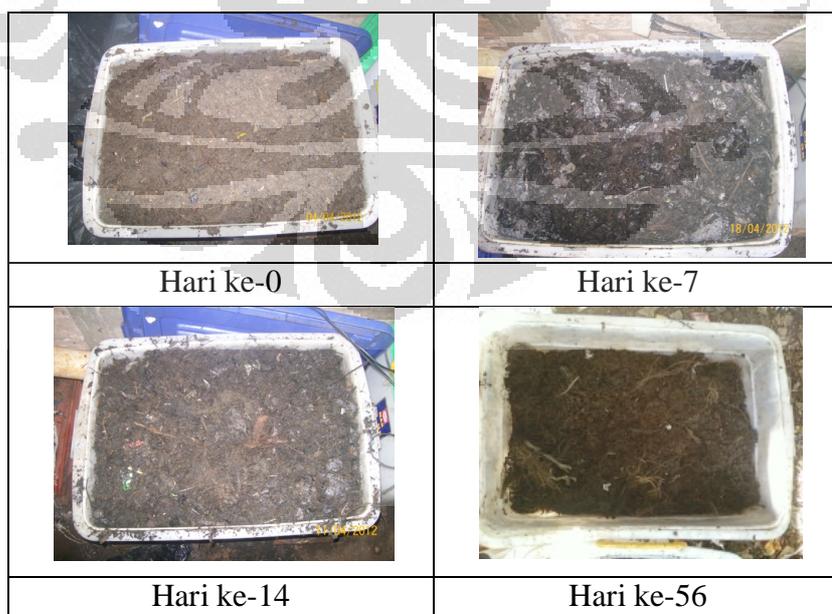
Sumber: Hasil Olahan (2012)

Rasio C:N pada kompos dalam *vessel* 1 dan *vessel* 2 cenderung mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena setiap kali senyawa organik yang dikonsumsi oleh mikroorganisme, dua pertiga dari karbon hilang ke atmosfer sebagai gas CO₂, sementara sebagian besar nitrogen didaur ulang ke dalam mikroorganisme baru. Meskipun kompos matang memiliki rasio C:N yang rendah, hal ini tidak menyebabkan masalah bau karena bahan organik tersebut merupakan bentuk yang stabil, karena telah mengalami dekomposisi.

5.3.5 Bau dan Warna

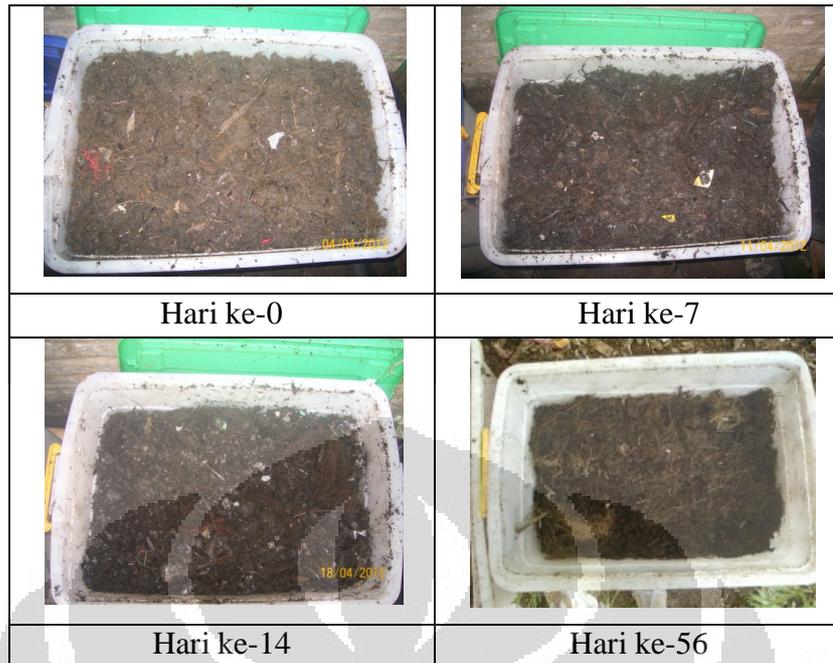
Pada awal pengomposan, *feedstok* mengeluarkan bau sampah yang menyengat. Namun, pada percobaan pengomposan dengan menggunakan metode *in-vessel*, bau busuk sampah pada awal pengomposan dapat diminimalisasi dan bahkan tidak tercium sama sekali. Saat dilakukan pengadukan dan *vessel* harus dibuka, bau busuk sampah kembali tercium. Namun pada minggu ke-4 dan seterusnya baunya perlahan tercium netral, dan pada minggu ke-4 bau kompos hampir sama dengan bau tanah yang basah atau humus. Apabila dibandingkan dengan pengomposan *open windrow*, bau kompos telah menyerupai bau tanah pada minggu ke-7 sampai minggu ke-9.

Untuk pengamatan terhadap warna, dapat dilihat gambar berikut ini.



Gambar 5. 3 Kompos *Vessel* 1 pada hari ke- 0, ke-7, ke-14, dan ke-56

Sumber: Hasil Olahan (2012)



Gambar 5. 4 Kompos Vessel 2 pada hari ke- 0, ke-7, ke-14, dan ke- 56

Sumber: Hasil Olahan (2012)

Dari gambar 5.2, terlihat perbandingan warna kompos pada *vessel 1*. Pada hari ke-0 warnanya sebenarnya hitam, namun pengaruh cahaya pada saat dokumentasi, kompos terlihat coklat. Pada hari ke-7 dan 14, kompos masih berwarna hitam. Namun pada hari ke-56 kompos menjadi kecoklatan seperti warna tanah. Begitu juga pada gambar 5.3, kompos pada *vessel 2* pada hari ke-0, ke-7, dan ke-14 masih berwarna hitam. Pada hari ke-56, kompos telah berwarna kecoklatan. Dengan indikator warna yang menyerupai warna tanah, yakni kecoklatan, kedua kompos tersebut dapat dikatakan telah matang sesuai dengan SNI 19-7030-2004.

5.3.6 Penurunan Volume

Penurunan volume dihitung dengan membandingkan volume awal feedstock dengan volume kompos yang sudah matang pada akhir proses pengomposan. Hasil perhitungan volume tersebut disajikan dalam tabel 5.4.

Tabel 5. 3 Penurunan Volume pada Kompos Selama Proses Pengomposan

% penurunan volume kompos pada <i>Vessel 1</i>	% penurunan volume kompos pada <i>Vessel 2</i>
63,3	40,45

Sumber: Hasil Olahan (2012)

Data yang didapat menunjukkan terjadi penurunan yang cukup drastis dari awal mula pengomposan dan selesainya proses pengomposan. Hal tersebut terjadi karena bobot sampah yang menjadi bahan baku kompos telah berubah bentuk menjadi air dan biogas, serta kompos itu sendiri.

5.3.7 *Leachate*

Volume dan konsentrasi COD *leachate* yang dihasilkan selama pengomposan diukur pada saat percobaan pengomposan selesai dilakukan, yakni pada hari ke-56. Hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada tabel Berikut tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5. 4 Volume dan Konsentrasi COD *Leachate* Selama Pengomposan

	Volume <i>Leachate</i> (ml)	Nilai COD <i>Leachate</i> (ppm)
<i>Vessel 1</i>	2450	12480
<i>Vessel 2</i>	3350	3440

Sumber: Hasil Olahan (2012)

Dari data di atas, terlihat bahwa volume *leachate* yang lebih sedikit adalah kompos pada *vessel 1*. Namun *leachate* yang dihasilkan kompos pada *vessel 1* memiliki konsentrasi COD yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi COD *leachate* yang dihasilkan kompos pada *vessel 2*.

Untuk melihat perbandingan antara volume *leachate* dan konsentrasi COD *leachate* terhadap kelembaban dan volume *feedstock*, dapat dilihat pada tabel 5.6.

Tabel 5. 5 Perbandingan Kadar Air dan Volume *feedstock* dengan Volume *Leachate* dan Konsentrasi COD *Leachate* yang Dihasilkan Kompos

Parameter	Vessel 1	Vessel 2
Volume <i>feedstock</i>	70 L	61,8 L
Kadar air	58,7 %	68,7 %
Volume <i>leachate</i>	2,45 L	3,35 L
COD <i>leachate</i>	12480 ppm	3440 ppm

Sumber: Hasil Olahan (2012)

Pada tabel 5.7 dapat dilihat bahwa *feedstock* yang memiliki kelembaban yang lebih tinggi menghasilkan *leachate* yang lebih banyak. Demikian sebaliknya, *feedstock* yang memiliki kelembaban lebih rendah menghasilkan *leachate* yang lebih sedikit pula. Namun pada *feedstock* yang memiliki kadar air yang rendah dan volume *leachate* yang sedikit, memiliki konsentrasi COD *leachate* yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kompos yang memiliki kadar air yang lebih tinggi dan volume *leachate* yang lebih banyak. Konsentrasi COD *leachate* dipengaruhi oleh kandungan organik pada sampah. Karena kompos dari kedua *vessel* berasal dari sampah UPS yang sama, nutrisi yang larut pada *leachate* jumlahnya hampir sama atau tidak jauh berbeda. Namun, karena volume *leachate* yang dihasilkan kompos pada *vessel* 1 lebih sedikit, maka konsentrasinya lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi COD *leachate* yang dihasilkan kompos pada *vessel* 2.

Kemungkinan yang lain yang menyebabkan COD *leachate* yang dihasilkan *vessel* 1 sangat jauh lebih tinggi dibandingkan pada *leachate* yang dihasilkan *vessel* 2 adalah kesalahan dalam pengambilan sampel dan pengukuran konsentrasi COD. Akibat pengukuran pengambilan sampel dan pengukuran konsentrasi COD yang hanya dilakukan sekali, yakni pada hari ke-56, mengakibatkan terurainya bahan organik yang terkandung di dalam *leachate*, sehingga hasilnya tidak akurat.

5.4 Analisis Waktu yang Dibutuhkan dalam Proses Pengomposan dengan Metode *In-Vessel System*

Proses pengomposan pada penelitian ini memakan waktu selama 56 hari. Selama 28 hari dilakukan proses pengomposan dengan metode *in – vessel* dan sisanya dilakukan proses mengangin – anginkan kompos dengan tujuan menurunkan suhu serta menghilangkan uap air yang terperangkap dalam *vessel*.

Pada pengomposan dengan metode *windrow*, waktu yang diperlukan adalah sekitar 2 – 3 bulan. Sedangkan pada proses pengomposan dengan metode *in-vessel* waktu yang dibutuhkan hanya 7 – 14 hari. Namun lamanya waktu pengomposan berbeda – beda sesuai kondisi sampah dan lingkungan pada saat pengomposan terutama dalam menentukan waktu pematangan atau *maturing*.

Proses pengomposan dengan metode *in – vessel* memang hanya memerlukan waktu sedikit, namun waktu tersebut belum termasuk waktu pematangan kompos yang memakan waktu sekitar 4 minggu atau lebih. Suhu tinggi yang dicapai dalam waktu singkat pada pengomposan *in – vessel* ini akan turun perlahan – lahan sampai stabil.

5.5 Analisis Kelembaban yang Baik untuk Menghasilkan Kualitas Kompos yang Baik dan *Leachate* yang Sedikit

Dengan divariasikannya nilai kelembaban kompos pada kedua *vessel*, diharapkan dapat mengetahui kualitas kompos yang lebih baik serta produksi *leachate* yang sedikit. Oleh karena itu, tabel 5.8 berikut ini akan memperlihatkan perbandingan kualitas kompos yang telah matang dengan variasi yang telah dilakukan bersamaan serta membandingkannya SNI19-7030-2004.

Tabel 5. 6 Perbandingan Kompos penelitian dengan SNI19-7030-2004

No.	Parameter	Vessel 1		Vessel 2		SNI	Memenuhi (✓) atau tidak (x)	
		Hari ke-28	Hari ke-56	Hari ke-28	Hari ke-56		Hari ke-28	Hari ke-56
1	Volume Awal	70L		61,8 L				
2	Kelembaban awal	58,7%		68,7%				
3	Suhu	38°C	33°C	33°C	29°C	Suhu tanah	x	✓
4	Kelembaban	64,8 %	54,97 %	54,5 %	39,5 %	50%	x	✓(V2)
5	pH	8,16	8,4	7,96	8,38	6,8 - 7,49	x	x
6	C	14,5 %	13,1 %	18,96 %	18%	9,8 % - 32 %	✓	✓
7	N	1,48 %	1,55 %	2,8 %	2,18 %	≥ 0,4 %	✓	✓
8	Rasio C:N	9,8	8,45	6,77	8,28	10 - 20	x	x
9	Bau	berbau tanah	✓	✓				

Sumber: Hasil Olahan (2012)

**Tabel 5. 7 Perbandingan Kompos penelitian dengan SNI19-7030-2004
(Sambungan)**

No.	Parameter	Vessel 1		Vessel 2		SNI	Memenuhi (✓) atau tidak (x)	
		Hari ke-28	Hari ke-56	Hari ke-28	Hari ke-56		Hari ke-28	Hari ke-56
10	Warna	kehitaman	kehitaman	kehitaman	kehitaman	kehitaman	✓	✓
11	Volume leachate	–	–	2450 ml	3340 ml	–	–	–
12	COD leachate	–	–	12480 ppm	3440 ppm	–	–	–

Sumber: Hasil Olahan (2012)

Suhu tanah biasanya berkisar antara 27°C sampai 31°C. Pada kompos di *vessel 1* dan *vessel 2*, suhu kompos belum mencapai suhu tanah. Namun pada hari ke-28 kompos pada *vessel 1* hampir mencapai suhu tanah, yakni 33 °C. Jika dilihat pada hari ke-56, masing-masing kompos pada kedua vessel sudah mencapai suhu tanah. Pada hari ke-28, suhu kompos yang masih belum memenuhi standar SNI dapat diangin-anginkan dengan cara membuka *vessel*. Perbedaan suhu pada hari ke 28 dan hari ke-56 menunjukkan bahwa proses diangin-anginkan terbukti memberikan hasil, yakni menurunkan temperatur kompos.

Kadar air maksimum menurut SNI19-7030-2004 adalah 50 %. Diantara kedua kompos, tidak ada yang memenuhi SNI jika dilihat pada hari ke-28, hanya saja kompos di *vessel 2* memiliki nilai kadar air yang hampir mendekati SNI, yakni 54,5 %. Sedangkan kompos pada *vessel 1* memiliki kadar air sebesar 64,8 %. Apabila dilihat pada hari ke-56, kompos pada *vessel 2* telah memenuhi standar SNI. Untuk menurunkan kelembaban, kompos juga dapat dibalik-balikkan karena air maupun uap air yang terperangkap dapat lepas ke udara.

Untuk nilai pH juga sama dengan kadar air, yakni dari kedua kompos tidak ada yang nilainya memenuhi kriteria SNI. Pada hari ke-28, kompos pada *vessel 1* memiliki pH 8,16 dan kompos pada *vessel 2* memiliki pH 7,98. Sedangkan nilai

pH menurut SNI adalah antara 6,8 sampai 7,49. Jika dilihat pada hari ke-56 nilai pH pada kedua *vessel* makin meningkat dan menunjukkan bahwa pada hari ke-56, pH kompos tidak memenuhi standar SNI.

Kadar karbon kedua kompos masih masuk dalam rentang kualitas yang baik, yakni antara 9,8 sampai 32. Dalam SNI 19-7030-2004 kadar nitrogen minimum adalah 0,4 persen dan tidak ada batas maksimum. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian hari ke-28, nilai nitrogen kedua kompos juga masuk dalam kualitas yang baik. Namun, pada kriteria rasio C:N, rentang kualitas kompos yang baik menurut SNI 19-7030-2004 adalah antara 10 sampai 20. Dari hasil penelitian, rasio C:N kedua kompos tidak ada yang memenuhi kriteria SNI baik pada hari ke-28 maupun pada hari ke-56.

Untuk bau dan warna kompos, kedua kompos telah memenuhi kriteria SNI, yakni berbau tanah dan berwarna kehitaman. Sedangkan untuk *leachatenya*, SNI tidak mengatur volume dan COD minimal yang diperbolehkan pada *leachate* yang diproduksi selama proses pengomposan. Namun, jika tujuannya adalah produksi *leachate* yang lebih sedikit, maka *vessel* 1 dengan kelembaban awal 58,7%-lah yang lebih baik dibandingkan dengan *vessel* 2 yang memiliki kelembaban awal 68,7%. COD yang tinggi dapat diminimalisasi dengan pemrosesan lebih lanjut, yakni dengan membangun fasilitas *wastewater treatment plant* untuk proses pengomposan dalam skala besar atau disirkulasikan ke dalam *vessel* pada *vessel* yang berukuran besar.

Dapat disimpulkan bahwa dengan melihat parameter-parameter yang telah disebutkan, kedua kompos dapat dinyatakan matang pada hari ke-56 menurut SNI 19 – 7030 - 2004.

BAB 6

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

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

1. Parameter yang mempengaruhi proses pengomposan adalah rasio C:N, ukuran partikel, suhu, pH, kelembaban, suplai oksigen, serta kondisi *vessel*.
2. Kompos yang dihasilkan dari *feedstock* yang memiliki kadar air 58,7% menunjukkan hasil kompos dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan kompos yang dihasilkan dari *feedstock* yang memiliki kadar air 68,7%.
3. Proses pengomposan dengan menggunakan metode *in-vessel system* dapat berlangsung dengan cepat dimana fase intensif berlangsung selama 14-28 hari, selanjutnya fase pematangan memerlukan waktu 28 hari. Sehingga total waktu pengomposan dengan menghasilkan kompos yang matang adalah lebih kurang 56 hari.
4. Pada *vessel* 1, yang memiliki kadar air *feedstock* 58,7 % menghasilkan *leachate* sebanyak 2450 ml selama pengomposan berlangsung. Sedangkan pada *vessel* 2, yang memiliki kadar air *feedstock* 68,7 % menghasilkan *leachate* sebanyak 3350 ml.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu ada penelitian lanjutan dengan jumlah *feedstock* yang lebih banyak sehingga dapat mencapai suhu tinggi. Untuk mencapai suhu tinggi yang dapat membunuh pathogen (60-65°C), maka volume *feedstock* lebih baik dibuat minimal 1m³.

2. Perlu adanya tambahan alat penghisap uap air sehingga selama pengomposan berlangsung, uap air yang dihasilkan tidak terkondensasi di dalam *vessel* yang dapat menambah kadar air kompos.
3. *Vessel* yang digunakan dalam pengomposan perlu diletakkan ditempat yang lebih tinggi dari tanah dengan posisi miring untuk memudahkan keluarnya *leachate* sehingga dapat ditampung dengan mudah.
4. Perlu ada uji coba penambahan insulator pada *vessel* untuk memelihara panas di dalam *vessel* sehingga panas yang dihasilkan tidak mudah keluar.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Ana, C. J. Huanga, G. H. 2011. *Performance of In-Vessel Composting of Food Waste In The Presence Of Coal Ash and Uric Acid*. Elsevier: Beijing.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2004. *Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik*. SNI 19-7030-2004
- Chairunnisa, A. Irianty, G. Evasari, J., et al. 2011. *Tugas Besar ISWM: UPS Cipayung*. Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
- Crawford, J. H. 2003. *Composting of Agricultural Waste*.
<http://www.fftc.agnet.org>
- Departemen Pekerjaan Umum (2004). *Spesifikasi Kompos Dari Sampah Organik Domestik SNI: 19-7030-2004*. Website:
[www.pu.go.id/satminkal/balitbang/sni/buat%20web/RSNI%20CD/ABSTR A KS/Cipta20Karya/PERSAMPAHAN/SPESIFIKASI/SNI%2019-7030 2004.pdf](http://www.pu.go.id/satminkal/balitbang/sni/buat%20web/RSNI%20CD/ABSTR%20A%20KS/Cipta%20Karya/PERSAMPAHAN/SPESIFIKASI/SNI%2019-7030%202004.pdf). Diakses 9 Desember 2011.
- Diaz, L. F. Savage, G. M. Golueke, C. G. *Handbook of Solid Waste Management*. McGraw-Hill: www.digitalengineeringlibrary.com
- Donahue, D. W. Chalmers, J. A. Storey, J. A. 1998. *Evaluation of In-Vessel Composting of University Postconsumer Food Waste*. University of Maine: Maine.
- Epstein, E. 1997. *The Science of Composting*. Technomic: United States of America. Website: <http://cwmi.css.cornell.edu/chapter1.pdf>. Diakses tanggal 7 Januari 2012
- Hamoda, M.F. Odais, H. A. Newham, J. 1998. *Evaluation of Municipal Solid Waste Composting Kinetics*. Elsevier: United Kingdom
- Isroi. Widiastuti, Happy. 2005. *Kompos Limbah Padat Organik*. Jawa Tengah
- Körner, I. Visvanathan, C. 2007. *Composting and digestion – a Comparison between Europe and Asia*. Italy: CISA, Environmental Sanitary Engineering Centre.

- Kumar, M. Ou, Y. L. Lin, J. G. 2009. *Co-composting of Green Waste and Food Waste at Low C/N Ratio*. Elsevier: Taiwan.
- Kurniawati, N. N. 2012. *Studi Timbulan dan Komposisi Limbah Padat Di Tempat Pembuangan Akhir Cipayung sebagai Dasar Perhitungan Periode Aktif Tempat Pembuangan Aktif*. Universitas Indonesia: Depok.
- Kusuma, M. A. 2010. *Pengaruh penambahan Bio-Aktivator pada Pengomposan Sampah Organik*. Universitas Indonesia: Depok.
- Liang, C. Das, K.C. McClendon, R.W. 2002. *The Influence of Temperature and Moisture Contents Regimes on The Aerobic Microbial Activity of A Biosolids Composting Blend*. Elsevier: USA.
- McDougall, F. R. White, P. R. 2001. *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory*. Blackwell: Great Britain.
- Mohee, R. Mudhoo, A. 2005. *Analysis of The Physical Properties of an In-Vessel Composting Matrix*. Elsevier: Mauritius
- Rynk, R. 1992. *On-Farm Composting Handbook*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service Pub. No. 54. Cooperative Extension Service. Ithaca, N.Y. 1992; 186pp. A classic in on-farm composting. Website: <http://compost.css.cornell.edu/OnFarmHandbook/ch2.p7.html>
- Iyengar, S. R. Bhave, P. P. 2005. *In-Vessel Composting of Household Wastes*. Elsevier: India.
- Tchobanoglous, G. 1993. *Integrated Solid Waste Management*. McGraw-Hill: Singapore.
- Tchobanoglous, G.T., et al. (2002). *Handbook of Solid Waste Management Second Edition*. New York: McGraw–Hill International Edition
- The Department of Soil Science, University of Wisconsin, Madison. 2000. *Composting: Art and Science of Organic Waste Conversion to a Valuable Soil Resource*. Website: www.region18.com-composting.htm. Diakses 20 Desember 2011

Yenie, E. 2008. *Kelembaban Bahan Dan Suhu Kompos Sebagai Parameter Yang Mempengaruhi Proses Pengomposan Pada Unit Pengomposan Rumbai*. Pekanbaru: Jurnal Sains dan Teknologi.

Lampiran 1 Penetapan Parameter Kimia

1.1 Preparasi untuk sampel untuk dan Nitrogen

Penetapan kadar nitrogen sesuai dengan Hach DR/2000 *Spectrophotometer Handbook* (1985).

1.1.1 Prinsip Kerja

Sampel yang telah diayak dengan ukuran tertentu dihilangkan kadar airnya dan dilarutkan dengan HCl untuk mempermudah kelarutan.

1.1.2 Bahan dan Alat

- Bahan
 - 1) Sampel yang akan diperiksa.
 - 2) Natrium Karbonat (Na_2CO_3).
 - 3) Asam Klorida (HCl) 0,1 N.

- Alat
 - 1) Oven.
 - 2) Ayakan ukuran 100 mesh.
 - 3) Cawan porselin.
 - 4) *Furnace*.
 - 5) Kertas saring.
 - 6) *Vacuum pump*.
 - 7) Labu ukur 100 mL.
 - 8) *Beaker glass* 250 mL.

1.1.3 Cara kerja

1. Sampel dipanaskan di dalam oven dengan suhu 105°C , untuk menghilangkan kadar air.
2. Kemudian dihaluskan dan diayak dengan ukuran ayakan 100 mesh.
3. Sampel ditimbang 1,0-1,5 gram dengan cawan porselin.
4. Agar sampel awet ditambahkan dengan Na_2CO_3 0,25 gram.
5. Di *furnace* dengan suhu 800°C selama 1 jam.
6. Ditimbang 1 gram sampel.
7. Dimasukkan ke dalam Labu ukur 100 mL.
8. Ditambahkan 100 mL HCl 0.1 N, diaduk hingga merata selama 30 menit.

9. Disaring dengan kertas saring.
10. Larutan hasil saringan siap untuk diperiksa kadarnya.

1.2 Penetapan Kadar Nitrogen (N) dengan Spektrofotometer

1.2.1 Prinsip kerja

Sampel yang telah dipreparasi ditambahkan mineral *stabilizer* untuk menghilangkan kandungan kesadahan yang terdapat dalam sampel dan penambahan *Nessler reagent* untuk ,menghilangkan kandungan besi dan sulfida yang akan menyebabkan kekeruhan. Sampel diukur dengan metode spektrofotometri pada panjang gelombang 425 nm.

1.2.2 Bahan dan Alat

- Bahan
 - 1) *Deminerlized water*.
 - 2) Sampel yang telah dipreparasi.
 - 3) *Mineral stabilizer*.
 - 4) *Polyvinil alcohol*.
 - 5) *Nessler reagent*.

- Alat
 - 1) Gelas ukur 100 mL.
 - 2) Pipet volumetri 1 mL.
 - 3) Kuvet spektrofotometer.
 - 4) Spektrofotometer DR 2000.
 - 5) *Beaker glass* 600 mL.

1.2.3 Cara kerja

1. Masukkan nomor metode yaitu 380 di spektrofotometer, tekan READ/ENTER.
2. Atur *wavelength* hingga 425 nm di display.
3. Tekan READ/ENTER.
4. Masukkan 25 mL sampel yang telah dipreparasi ke dalam gelas ukur.

5. Masukkan 25 mL *demineralized water* ke dalam gelas ukur lainnya (blanko).
6. Tambahkan 3 tetes mineral *stabilizer* ke masing-masing gelas ukur, diaduk.
7. Tambahkan 3 tetes *poliyvinil alcohol dispersing agent*, diaduk.
8. Tambahkan 1 mL *nessler reagent* ke masing-masing gelas ukur, diaduk.
9. Tekan SHIFT,TIMER.
10. Masukkan masing-masing larutan dalam gelas ukur ke kuvet.
11. Masukkan blanko ke dalam spektrofotometer,ditutup.
12. Tekan ZERO, hingga muncul 0,00 mg/L N-NH₃.
13. Masukkan sampel sampel ke dalam spektrofotometer.
14. Tekan READ/ENTER.
15. Dicatat hasil yang tertera di display.

1.3 Penentuan pH kompos

1.3.1 Prinsip kerja

Penetapan pH kompos dengan pelarut air, pH yng dihasilkan dari ion H⁺ dalam kompos.

1.3.2 Bahan dan Alat

- Bahan
 - 1) Sampel yang telah diayak.
 - 2) Air suling.

- Alat
 - 1) Indikator pH universal.
 - 2) Tabung reaksi.
 - 3) Labu semprot.

1.3.3 Cara Kerja

1. Disiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Contoh dimasukkan ke dalam tabung reaksi.
3. Ditambah air suling, dimana perbandingan contoh dengan air 1:10.

4. Dikocok kuat. Diperiksa pH dengan indikator universal.

1.4 Penetapan Kadar Karbon (C)

Penetapan kadar karbon (C) berdasarkan Cara Uji Karbon Organik Total SNI 06-6989.28-2005

1.4.1 Prinsip kerja

Contoh didekomposisi oleh H_2SO_4 (p) menjadi C bebas. Kemudian dalam suasana asam pekat C akan mereduksikan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ menjadi Cr^{3+} . Kelebihan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ direduksikan dengan FeSO_4 , sehingga kelebihan FeSO_4 dapat dititrasi dengan KMnO_4 dan didapatkan warna titik akhir lembayung.

1.4.2 Bahan dan Alat

- Bahan
 - 1) Sampel yang telah diayak ukuran 100 mesh.
 - 2) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 2N.
 - 3) H_2SO_4 (p).
 - 4) FeSO_4 0,02N.
 - 5) Air suling.
 - 6) KMnO_4 0,1N.

- Alat
 - 1) Labu ukur 100 mL.
 - 2) Buret 25 mL.
 - 3) Pipet ukur 10 mL.
 - 4) Pipet ukur 25 mL.
 - 5) Neraca Analitik.
 - 6) Penangas air.
 - 7) Labu semprot.
 - 8) Kertas saring berabu.
 - 9) *Erlenmeyer* 250 mL

1.4.3 Cara kerja

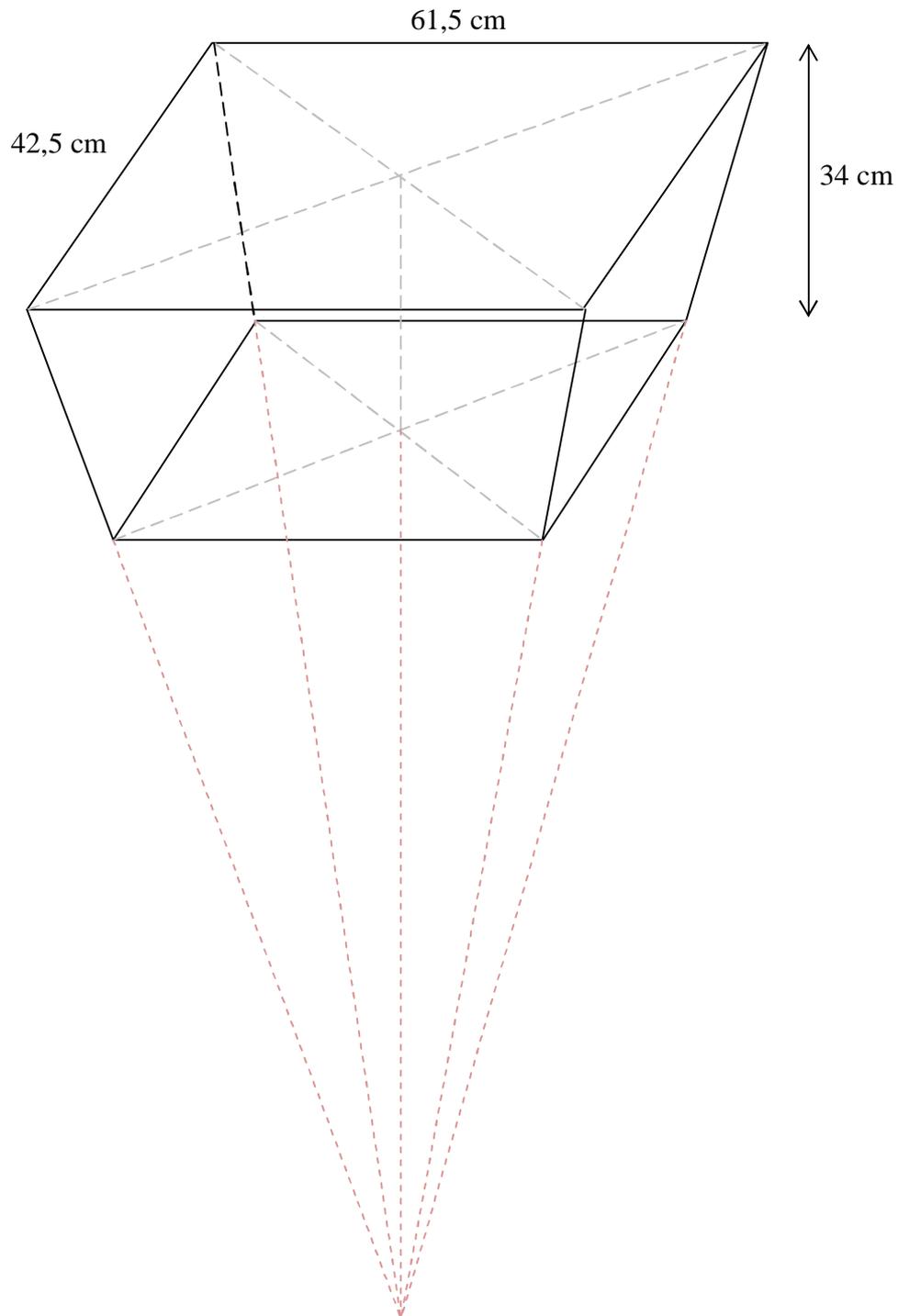
1. Disiapkan peralatan yang digunakan.

2. Ditimbang ± 1 gram contoh dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL.
3. Ditambahkan 10 mL $K_2Cr_2O_7$ 2N berlebih terukur.
4. Ditambahkan 15 mL H_2SO_4 (p).
5. Dipanaskan di atas penangas air selama 1,5 jam medidih, digoyangkan 15 menit sekali (dominan sindur).
6. Didinginkan dan dihimpitkan.
7. Disaring dengan kertas saring berabu.
8. Filtrat saringan dipipet 10 mL dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer.
9. Ditambahkan 10 mL $FeSO_4$ 0,02N berlebih terukur sehingga warna larutan menjadi dominan hijau.
10. Dititar dengan $KMnO_4$ 0,1N hingga titik akhir lembayung muda.

Lampiran 2 Data Volume dan Kadar Air Kompos

2.1 Data Volume Kompos

Volume dihitung berdasarkan bentuk *vessel*, lebih jelasnya berikut gambar skematis dari *vessel* yang digunakan selama pengomposan.



Gambar 1.1 Skema *Vessel*

Sumber: Hasil Olahan (2012)

Dengan *vessel* yang sedemikian rupa, volume dapat dicari dengan rumus berikut.

$$V = \left[\frac{1}{3} (2x \cdot 2z) (298,7 - y) \right] - 175527.6$$

dengan y = tinggi *freeboard*, sementara nilai x dan z didapat dari rumus berikut.

$$x = 30,75 - 0,1y$$

$$z = 20,59 - 0,07y$$

Dengan menggunakan rumus diatas, volume kompos dapat diketahui hanya dengan mengukur tinggi *freeboard*. Sehingga penurunan volume kompos adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Penurunan Volume Kompos

Hari ke-	Vessel 1			Vessel 2		
	tinggi freeboard (cm)	volume (L)	% penurunan volume	tinggi freeboard (cm)	volume (L)	% penurunan volume
0	2.5	70	63,3	6	61.8	40,45
56	13	45		17	25	

Sumber: Hasil Olahan, 2012

2.2 Kadar Air Kompos

Tabel 2.2 Kadar Air Kompos

Hari	Tanggal	Hari ke-	Vessel 1 (%)	Vessel 2 (%)
Rabu	4-Apr-12	0	58.7	68.7
Rabu	11-Apr-12	7	60.9	66.9
Rabu	18-Apr-12	14	67.7	57.4
Rabu	25-Apr-12	21	68.7	56.9
Rabu	2-May-12	28	64.8	54.5
Rabu	23-May-12	56	54.97	39.5

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Lampiran 3 Data Suhu Kompos

Tabel 3.1 Suhu Kompos Hasil Penelitian

Hari	Tanggal	Hari ke-	Vessel 1 (°C)	Vessel 2 (°C)
Rabu	4-Apr-12	0	32	32
Kamis	5-Apr-12	1	41	45
Jumat	6-Apr-12	2	41	44
Sabtu	7-Apr-12	3	41	42
Minggu	8-Apr-12	4	40	40
Senin	9-Apr-12	5	40	38
Selasa	10-Apr-12	6	39	39
Rabu	11-Apr-12	7	40	42
Kamis	12-Apr-12	8	41	40
Jumat	13-Apr-12	9	47	46
Sabtu	14-Apr-12	10	47	45
Minggu	15-Apr-12	11	47	44
Senin	16-Apr-12	12	47	43
Selasa	17-Apr-12	13	50	49
Rabu	18-Apr-12	14	46	44
Kamis	19-Apr-12	15	45	46
Jumat	20-Apr-12	16	45	45
Sabtu	21-Apr-12	17	46	44
Minggu	22-Apr-12	18	45	44
Senin	23-Apr-12	19	44	45
Selasa	24-Apr-12	20	43	44
Rabu	25-Apr-12	21	43	38
Kamis	26-Apr-12	22	43	42
Jumat	27-Apr-12	23	44	45
Sabtu	28-Apr-12	24	44	44
Minggu	29-Apr-12	25	43	43
Senin	30-Apr-12	26	43	43
Selasa	1-May-12	27	43	40
Rabu	2-May-12	28	38	33
Rabu	23-May-12	56	33	29

Sumber: Hasil Olahan, 2012

Lampiran 4 Gambar-Gambar Kompos

Foto-foto Kondisi Kompos

 <p>A white rectangular tray filled with a mixture of brown soil and dark organic matter, representing the initial composting stage.</p>	 <p>A white rectangular tray filled with a mixture of brown soil and dark organic matter, representing the initial composting stage.</p>
1. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-0	2. Kondisi kompos di vessel 2 pada hari ke-0
 <p>The compost in the white tray is now covered with a thick, white, fuzzy layer of mold, indicating active microbial growth.</p>	 <p>The white tray shows a more uniform, dark brown compost mixture with some white mold still visible on the surface.</p>
3. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-7 sebelum diaduk	4. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-7 setelah diaduk
 <p>The white tray shows a dark brown compost mixture with some white mold still visible on the surface.</p>	 <p>The white tray shows a more uniform, dark brown compost mixture with some white mold still visible on the surface.</p>
5. Kondisi kompos di vessel 2 pada hari ke-7 sebelum diaduk	6. Kondisi kompos di vessel 2 pada hari ke-7 setelah diaduk

	
<p>7. Kondisi kompos di vessel 2 pada hari ke-14 sebelum diaduk</p>	<p>8. Kondisi kompos di vessel 2 pada hari ke-14 saat diaduk</p>
	
<p>9. Kondisi kompos di vessel 2 pada hari ke-14 saat diaduk</p>	<p>10. Kondisi kompos di vessel 2 pada hari ke-14 saat diaduk</p>
	
<p>11. Kondisi kompos di vessel 2 pada hari ke-14 saat diaduk</p>	<p>12. Kondisi kompos di vessel 2 pada hari ke-14 setelah diaduk</p>

	
<p>13. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-14 sebelum diaduk</p>	<p>14. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-14 saat di aduk</p>
	
<p>15. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-14 saat di aduk</p>	<p>16. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-14 saat di aduk</p>
	
<p>17. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-14 saat di aduk</p>	<p>28. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-14 saat di aduk</p>

	
<p>19. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-14 saat di aduk</p>	<p>20. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-14 setelah di aduk</p>
	
<p>21. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-42 sebelum diaduk</p>	<p>22. Kondisi kompos di vessel 1 pada hari ke-42 setelah diaduk</p>
	
<p>23. Kondisi kompos di vessel 2 pada hari ke-42 sebelum diaduk</p>	<p>24. Kondisi kompos di vessel 2 pada hari ke-42 setelah diaduk</p>

	
<p>25. Kondisi kompos vessel 1 hari ke-49 sebelum diaduk</p>	<p>26. Kondisi kompos vessel 1 hari ke-49 setelah diaduk</p>
	
<p>27. Kondisi kompos vessel 2 hari ke-49 sebelum diaduk</p>	<p>28. Kondisi kompos vessel 2 hari ke-49 setelah diaduk</p>
	
<p>29. Kondisi kompos vessel 1 hari ke-56 sebelum diaduk</p>	<p>30. Kondisi kompos vessel 1 hari ke-56 setelah diaduk</p>

	
<p>31. Kondisi kompos vessel 2 hari ke-56 sebelum diaduk</p>	<p>32. Kondisi kompos vessel 2 hari ke-56 setelah diaduk</p>

Pengukuran Kadar Air	
	
<p>1. Penimbangan sampel</p>	<p>2. Desikator</p>
	

3. Oven	4. Sampel setelah ditimbang
	
5. Sampel dalam oven	6. Sampel dalam oven
	
7. Pengukuran kadar air hari ke-0	8. Pengukuran kadar air hari ke-0

Pengukuran pH	
	
1. Penimbangan sampel	2. Penambahan air suling
	
3. Mulai menstirrer	4. Saat distirrer

Pengukuran Karbon dan Nitrogen	
	
1. Pengukuran kadar karbon	2. Pengukuran nitrogen anorganik
	
3. Pengukuran nitrogen organik	4. Cairan yang naik saat pengukuran