



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENGADUKAN DAN KOMPOSISI BAHAN
KOMPOS TERHADAP KUALITAS KOMPOS CAMPURAN
LUMPUR TINJA**

SKRIPSI

**FARISATUL AMANAH
0806338664**

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

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PENGADUKAN DAN KOMPOSISI BAHAN
KOMPOS TERHADAP KUALITAS KOMPOS CAMPURAN
LUMPUR TINJA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

**FARISATUL AMANAH
0806338664**

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

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**THE EFFECT OF TURNING PERIOD AND FEEDSTOCK TO
THE SEPTAGE MIX-COMPOST QUALITY**

FINAL REPORT

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

**FARISATUL AMANAH
0806338664**

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Farisatul Amanah

NPM : 0806338664

Tanda Tangan : 

Tanggal : 4 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 : Farisatul Amanah

Student ID : 0806338664

Signature : 

Date : JUNE 4, 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Farisatul Amanah
NPM : 0806338664
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Pengaruh Pengadukan dan Komposisi Bahan
Kompos terhadap Kualitas Kompos Campuran
Lumpur Tinja

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

DEWAN PENGUJI

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

Pembimbing 2 : Prof. Dr. Ir. Soelistyoweni W.

Penguji : Ir. Irma Gusniani, M.Sc.

Penguji : Evy Novita, S.T., M.Si.

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 4 Juni 2012

STATEMENT OF LEGITIMATION

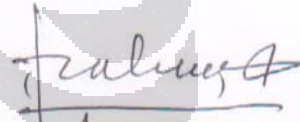
This final report submitted by :

Name : Farisatul Amanah
Student ID : 0806338664
Study Program : Environmental Engineering
Thesis Title : The Effect of Turning Period and Feedstock to the Septage Mix-compost Quality

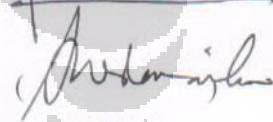
Has been successfully defended before the Council Examiners and was accepted as part of the requirements necessary to obtain a Bachelor of Engineering degree in Environmental Engineering Program, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia.

BOARD OF EXAMINERS

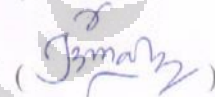
Advisor 1 : Ir. Gabriel S.B. Andari K. M.Eng., Ph.D



Advisor 2 : Prof. Dr. Ir. Soelistyoweni W.



Examiner 1 : Ir. Irma Gusniani, M.Sc.



Examiner 2 : Evy Novita, S.T., M.Si.



Defined in : Depok
Date : June 4, 2012

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

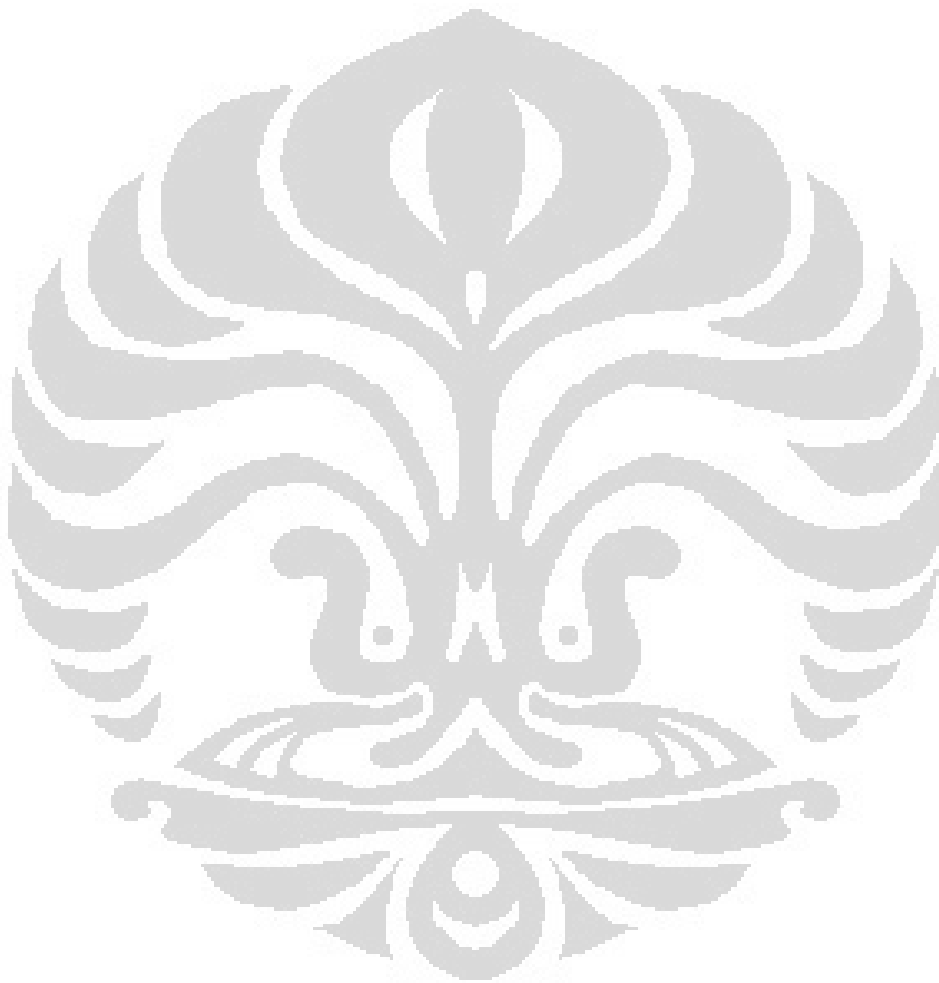
Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT., karena atas berkat dan rahmat dan bimbingan-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas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

- (1) Ir. Gabriel S.B. Andari K. M.Eng., Ph.D. dan Prof. Dr. Ir. Soelistyoweni, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (3) Dinas Koperasi, Pasar, dan UMKM Kota Depok yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (4) Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Depok yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (5) Rumah Kompos Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Indonesia yang telah mengizinkan saya untuk melakukan proses pengomposan dan membantu proses pengomposan;
- (6) Instalasi Pengolahan Limbah Terpadu Kota Depok yang telah banyak memberikan kemudahan dalam memperoleh *feedstock* kompos;
- (7) Kepala Pasar Kemiri Muka Kota Depok yang telah memberikan saya kemudahan dalam mendapatkan *feedstock* kompos;
- (8) Winny Laura Hutagalung , selaku partner penelitian ini yang telah membantu penelitian serta teman berbagi pengetahuan
- (9) sahabat-sahabat Departemen Teknik Sipil yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

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

Depok, 4 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 : Farisatul Amanah
NPM : 0806338664
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

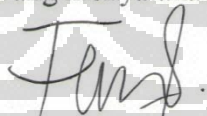
demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengaruh Pengadukan dan Komposisi Bahan Kompos terhadap Kualitas Kompos Campuran Lumpur Tinja

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 4 Juni 2012
Yang menyatakan


(Farisatul Amanah)

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

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

Name : Farisatul Amanah
Sutudent ID : 0806338664
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 Effect of Turning Period and Feedstock to the Septage Mix-compost Quality


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 4, 2012

The Declarer


(Farisatul Amanah)

ABSTRAK

Nama : Farisatul Amanah
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pengaruh Pengadukan dan Komposisi Bahan Kompos Kualitas Kompos Campuran Lumpur Tinja

Proses pengomposan aerobik dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya adalah frekuensi pengadukan dan komposisi bahan kompos. Pengadukan dilakukan untuk memberikan suplai udara bagi aktifitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Sedangkan bahan kompos memiliki kandungan C/N yang berbeda-beda sehingga mempunyai kemampuan dekomposisi yang berbeda. Lumpur tinja merupakan bahan kompos dengan kandungan nitrogen yang tinggi. Oleh karenanya, pencampuran lumpur tinja dengan bahan lain yang memiliki kadar karbon yang tinggi dapat menghasilkan kualitas kompos yang lebih baik seperti sampah pasar dan sekam. Variasi pengadukan dan komposisi bahan kompos pada penelitian ini adalah campuran lumpur tinja dan sampah pasar dengan frekuensi pengadukan dua hari sekali (*composter 1*), campuran lumpur tinja dan sampah pasar dengan frekuensi pengadukan empat hari sekali (*composter 2*), campuran lumpur tinja dan sekam dengan frekuensi pengadukan dua hari sekali (*composter 3*), dan campuran lumpur tinja dan sekam dengan frekuensi pengadukan empat hari sekali (*composter 4*).

Setelah proses pengomposan selama 45 hari, kadar air pada semua *composter* belum mencapai kadar air yang disyaratkan pada SNI 19-7030-2004 yakni di bawah 50%. Oleh karenanya, proses pengomposan dilengkapi dengan proses pengeringan dengan cara pembuatan gundukan yang lebih kecil yakni dengan tinggi 10 cm agar uap air dapat teruapkan selama 2 hari. Setelah proses pengeringan, maka kompos yang memiliki kualitas paling baik sesuai dengan SNI 19-7030-2004 adalah kompos dengan campuran *feedstock* lumpur tinja dan sampah pasar dengan pengadukan 4 hari sekali dengan rasio C/N 10,56:1; pH 7,72; daya ikat air 68%; kadar air 31,13%; dan mempunyai tekstur seperti tanah berwarna coklat.

Kata kunci:
pengomposan, lumpur tinja, sampah pasar, sekam, rasio C/N

ABSTRACT

Name : Farisatul Amanah
Study Program: Environmental Engineering
Title : The Effect of Turning Period and Feedstock to the Septage Mix-compost Quality

Turning period and feedstock affect aerobic composting process. Air for microorganism's activities is supplied by turning. On the other hand, every feedstock has different C/N ratio and degree of decomposition.

Septage has high nitrogen content whereas it has low C/N ratio. It can produce good quality compost if it is mixed with high-carbon content feedstock such as organic solid waste and rice hulls. This open-windrow composting consists of four treatments being: (1) septage:organic solid waste with every 2 days-turning, (2) septage:organic solid waste with every 4 days-turning, (3) septage:rice hulls with every 2 days-turning; (4) septage:rice hulls with every 4 days-turning.

After 45 days of composting, the moisture content of all composters do not reach the standard so that the drying process by making a small pile with 10 cm-height must be followed to dry the moisture content. After the drying process, composter 2 has a very good compost quality based on the SNI 19-7030-2004. It has C/N ratio 10.56 to 1, pH 7,72, water holding capacity 68%, and moisture content 31,13%.

Keywords:
composting, septage, organic solid waste, rice hulls, C/N ratio

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
HALAMAN PENGESAHAN	vi
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMAKASIH	viii
HALAMAN PENYTAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	x
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR PERSAMAAN	xviii
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
2 STUDI PUSTAKA	6
2.1 <i>Composting</i>	6
2.1.1 Definisi <i>Composting</i>	6
2.1.2 Metode <i>Composting</i>	7
2.1.3 Aktifitas Mikroorganisme Selama Pengomposan	8
2.1.4 Faktor-fakror yang Mempengaruhi Proses Pengomposan	11
2.1.5 Laju Dekomposisi	15
2.1.6 Kematangan Kompos	16
2.1.7 Standar Kualitas Kompos di Indonesia.....	18
2.2 <i>Feedstock</i>	19
2.2.1 Lumpur Tinja.....	19
2.2.2 Sampah Organik	20
2.2.3 Sekam Padi	21
2.3 Pengaruh Pencampuran Bahan Kompos dan Pengadukan	21
2.3.1 Pengaruh Pencampuran Bahan Kompos	21
2.3.2 Pengaruh Pengadukan	25
2.4 Hipotesa.....	26
3 METODE PENELITIAN	27
3.1 Pendekatan Penelitian.....	27
3.2 Variabel Penelitian	28
3.3 Lingkup Penelitian	28
3.4 Tahapan Penelitian	28
3.4.1 Persiapan Penelitian	28

3.4.2	Pelaksanaan Penelitian	29
3.4.3	Pengukuran Sampel	30
3.5	Data Penelitian	30
3.6	Metode Analisis	34
3.7	Waktu dan Tempat Penelitian.....	35
4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1	<i>Feedstock</i> Kompos	37
4.1.1	Lumpur Tinja.....	37
4.1.2	Sampah Pasar.....	37
4.1.3	Sekam Padi.....	38
4.2	Proses Pengomposan	38
4.2.1	Proses Pengomposan Lumpur Tinja dan Sampah Pasar dengan Pengadukan 2 Hari (<i>Composter 1</i>).....	41
4.2.2	Proses Pengomposan Lumpur Tinja dan Sampah Pasar dengan Pengadukan 4 Hari (<i>Composter 2</i>).....	50
4.2.3	Proses Pengomposan Lumpur Tinja dan Sekam dengan Pengadukan 2 Hari (<i>Composter 3</i>).....	58
4.2.4	Proses Pengomposan Lumpur Tinja dan Sekam dengan Pengadukan 4 Hari (<i>Composter 4</i>).....	66
4.3	Analisa Perbandingan Kualitas Kompos Campuran Lumpur Tinja.....	74
4.3.1	Temperatur	75
4.3.2	Kadar Air.....	79
4.3.3	Rasio C/N	82
4.3.4	pH.....	84
4.3.5	Volume.....	85
4.3.6	<i>Water Holding Capacity</i>	86
4.3.7	Distribusi Partikel	87
4.3.8	Tekstur.....	87
5	PENUTUP.....	90
5.1	Kesimpulan.....	90
5.2	Saran.....	91
	DAFTAR REFERENSI	92
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

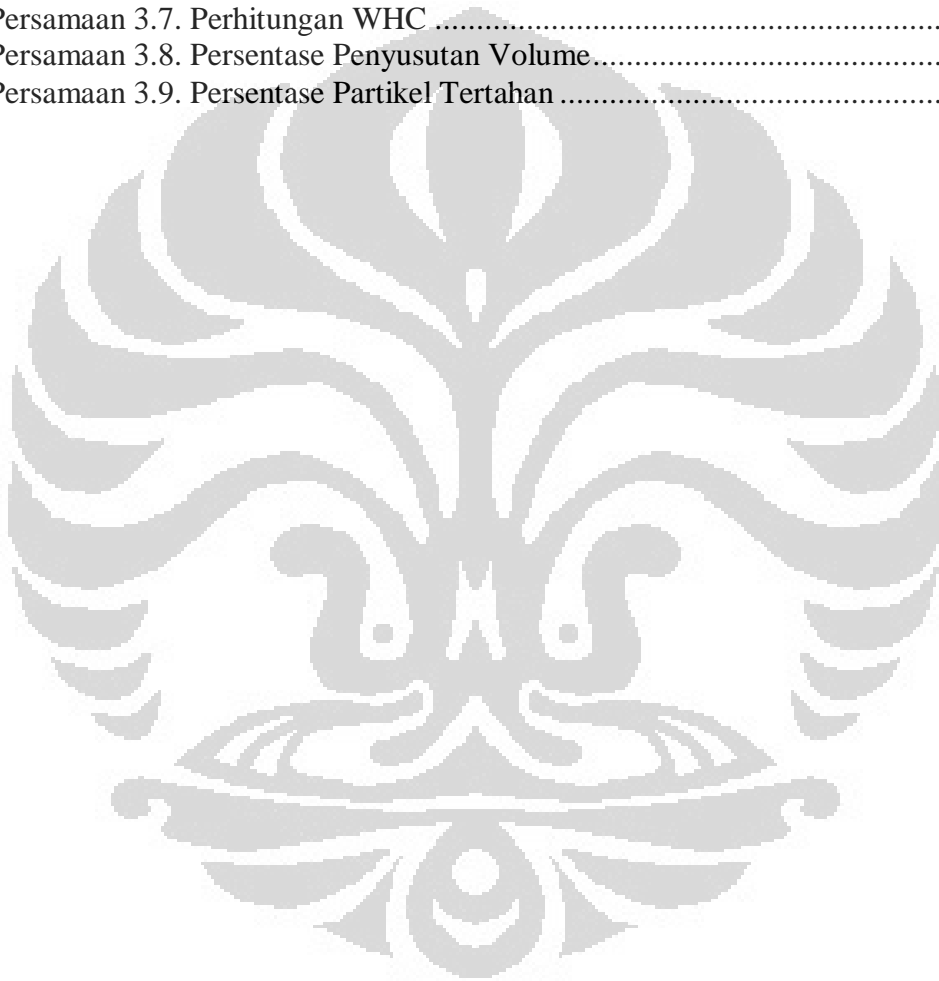
Gambar 3.1. Kerangka Penelitian.....	27
Gambar 3.2. <i>Composter</i>	29
Gambar 4.1. <i>Composter</i>	39
Gambar 4.2. Lay-out Lokasi <i>Composter</i>	41
Gambar 4.3. Temperatur <i>Composter</i> 1	42
Gambar 4.4. Karbon Selama Proses Pengomposan <i>Composter</i> 1	44
Gambar 4.5. Total Nitrogen Selama Proses Pengomposan <i>Composter</i> 1	45
Gambar 4.6. Rasio C/N Selama Proses Pengomposan pada <i>Composter</i> 1	46
Gambar 4.7. Laju Dekomposisi Karbon Organik <i>Composter</i> 1	47
Gambar 4.8. Tekstur Kompos <i>Composter</i> 1.....	50
Gambar 4.9. Temperatur <i>Composter</i> 2	51
Gambar 4.10. Karbon Selama Proses Pengomposan <i>Composter</i> 2	53
Gambar 4.11. Total Nitrogen Selama Proses Pengomposan <i>Composter</i> 2.....	54
Gambar 4.12. Rasio C/N Selama Proses Pengomposan pada <i>Composter</i> 2	55
Gambar 4.13. Laju Dekomposisi Karbon Organik <i>Composter</i> 2	56
Gambar 4.14. Tekstur Kompos <i>Composter</i> 2.....	58
Gambar 4.15. Temperatur <i>Composter</i> 3.....	59
Gambar 4.16. Karbon Selama Proses Pengomposan <i>Composter</i> 3	61
Gambar 4.17. Total Nitrogen Selama Proses Pengomposan <i>Composter</i> 3.....	62
Gambar 4.18. Rasio C/N Selama Proses Pengomposan pada <i>Composter</i> 3	62
Gambar 4.19. Laju Dekomposisi Karbon Organik <i>Composter</i> 3	63
Gambar 4.20. Tekstur Kompos <i>Composter</i> 3.....	65
Gambar 4.21. Temperatur <i>Composter</i> 4.....	66
Gambar 4.22. Karbon Selama Proses Pengomposan <i>Composter</i> 4	68
Gambar 4.23. Total Nitrogen Selama Proses Pengomposan <i>Composter</i> 4.....	69
Gambar 4.24. Rasio C/N Selama Proses Pengomposan pada <i>Composter</i> 4	70
Gambar 4.25. Laju Dekomposisi Karbon Organik <i>Composter</i> 4	71
Gambar 4.26. Tekstur Kompos <i>Composter</i> 4.....	73
Gambar 4.27. Temperatur Kompos pada Bagian Atas	75
Gambar 4.28. Temperatur Kompos pada Bagian Tengah.....	76
Gambar 4.29. Temperatur Kompos pada Bagian Bawah.....	76
Gambar 4.30. Pengujian Kadar Air Kompos	79
Gambar 4.31. Rasio C/N Kompos	82
Gambar 4.32. Penyusutan Volume Kompos	86

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Temperatur dan Waktu Efektif untuk Destruksi Patogen.....	10
Tabel 2.2. Pengujian Parameter Biologis pada Kompos Campuran Lumpur Tinja dan Sampah Pasar	11
Tabel 2.3. Indikator Kematangan Kompos	17
Tabel 2.4. Standar Kualitas Kompos	18
Tabel 2.5. Kandungan dalam <i>Human Excreta</i>	19
Tabel 2.6. Timbulan Tinja.....	19
Tabel 2.7. Komposisi Tinja	20
Tabel 2.8. Perbandingan Karakteristik Lumpur Tinja dengan Standar Kompos (SNI 19-7030-2004).....	20
Tabel 2.9. Data Kadar Air dan <i>C/N Feedstock</i> Kompos.....	22
Tabel 3.1. Variabel Bebas Penelitian.....	28
Tabel 3.2. Pengujian Kualitas Kompos.....	31
Tabel 3.3. Jadwal Penelitian.....	36
Tabel 4.1. Volume Gundukan dalam <i>Composter</i>	39
Tabel 4.2. Waktu Pengukuran dan Pengujian Parameter	40
Tabel 4.3. Distribusi Partikel.....	49
Tabel 4.4. Distribusi Partikel <i>Composter 2</i>	57
Tabel 4.5. Distribusi Partikel <i>Composter 3</i>	65
Tabel 4.6. Distribusi Partikel <i>Composter 4</i>	72
Tabel 4.7. Ringkasan Data Proses Pengomposan.....	74
Tabel 4.8. Pengaruh Frekuensi Pengadukan dan Komposisi Bahan Kompos terhadap Kompos Campuran Lumpur Tinja.....	88

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1. Laju Reaksi Orde 1	16
Persamaan 2.2. Perhitungan Komposisi Bahan Kompos	22
Persamaan 3.1. Perhitungan Kadar Air	31
Persamaan 3.2. Perhitungan C-Organik	32
Persamaan 3.3. Perhitungan N-Organik	33
Persamaan 3.4. Perhitungan N-NH ₄	33
Persamaan 3.5. Perhitungan Nitrogen Total	33
Persamaan 3.6. Rasio C/N	33
Persamaan 3.7. Perhitungan WHC	33
Persamaan 3.8. Persentase Penyusutan Volume	34
Persamaan 3.9. Persentase Partikel Tertahan	34



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengomposan merupakan alternatif utama dalam mengolah limbah padat organik dengan jumlah yang mendominasi dalam komposisi limbah padat. Tidak hanya sebagai salah satu jalan untuk mengolah limbah padat organik, kompos juga dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kondisi kehidupan biotik dalam tanah. Pengomposan juga merupakan salah satu jalan dalam mereduksi volume limbah padat organik. Selama proses pengomposan, materi organik akan terurai baik secara aerob maupun anaerob oleh mikroorganisme sehingga menjadi materi organik yang lebih sederhana yang menyerupai humus. Kompos umumnya dijadikan sebagai pupuk organik pertanian.

Salah satu faktor yang mempengaruhi proses pengomposan adalah *blending* atau pencampuran bahan kompos. Pencampuran bahan kompos dimaksudkan untuk mendapatkan kandungan kimia dalam kompos yang baik, salah satunya adalah perbandingan C/N. Dalam pencampuran bahan kompos, pengompos dapat menghitung terlebih dahulu perbandingan C/N yang diinginkan dari data-data C/N dan kadar air *feedstock* sehingga mendapatkan komposisi dari *feedstock* yang akan dicampurkan. Pencampuran bahan kompos ini dapat dilakukan dengan bahan organik lain yang merupakan limbah padat organik seperti limbah hasil pertanian, limbah dari pengolahan air atau air limbah (lumpur), limbah peternakan, dan lain-lain. Dengan kata lain, pencampuran bahan kompos juga dapat menjadi solusi alternatif dalam mengolah limbah padat dari berbagai sumber secara bersamaan.

Di sisi lain, pengolahan tinja saat ini telah banyak dilakukan secara *on site* baik secara individu atau komunal dengan menggunakan *septic tank*. *Septic tank* menggunakan sistem pengendapan lumpur tinja secara gravitasi. Dimensi *septic tank* yang terbatas mempunyai umur waktu sampai endapan lumpur tinja akan penuh sehingga air tidak dapat mengalir ke bidang resapan dan terjadi kemampatan pada saluran toilet. Penyedotan lumpur tinja dilakukan untuk

menguras lumpur tinja di dalam *septic tank* sehingga sistem dalam *septic tank* dapat berjalan seperti semula. Lumpur tinja hasil penyedotan kemudian akan diolah di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja.

Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) adalah bangunan yang digunakan untuk mengolah lumpur tinja yang berasal dari suatu bangunan pengolah air limbah rumah tangga individual maupun komunal yang diangkut dengan mobil tinja. Kebutuhan akan pengolahan lumpur tinja menjadi hal yang penting bagi masyarakat Kota Depok. Dengan jumlah penduduk Kota Depok sebanyak 1.736.565 orang dan kepadatan 6.863 jiwa/km² sesuai sensus tahun 2010, maka kebutuhan pengolahan tinja ini harus diperhitungkan sesuai dengan proyeksi jumlah penduduk agar tetap dapat beroperasi dengan efektif. Pengolahan lumpur tinja pun tidak hanya terhenti pada penyedotan dan pembuangan lumpur tinja ke IPLT, serta mengolah efluen airnya sesuai baku mutu namun juga mengolah lumpur tinja.

Saat ini, pengolahan lumpur tinja di IPLT Kota Depok belum dilakukan karena lumpur tinja hasil pengurasan kolam hanya dikeringkan di lahan terbuka tanpa bak pengering. Padahal, pengolahan lumpur tinja dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara, salah satunya yang paling mudah adalah dengan melakukan pengomposan. walaupun belum dilakukan pengomposan, masyarakat sekitar IPLT pun sering mengambil lumpur hasil pengurasan kolam sebagai pupuk tanaman. Dari penelitian yang telah dilakukan, kadar C/N lumpur tinja tinja IPLT Kota Depok adalah 9,74. Apabila dibandingkan dengan parameter kompos sesuai SNI 19-7030-2004 nilai tersebut tidak memenuhi kadar C/N kompos, namun nilai tersebut mendekati batas minimum standar C/N. Salah satu cara menghasilkan rasio C/N yang baik dalam kompos tinja adalah dengan melakukan pencampuran bahan kompos lain yang mempunyai kadar karbon yang tinggi untuk menaikkan rasio C/N seperti sekam dan sampah organik dengan melakukan kalkulasi secara teoritis untuk mendapatkan komposisi campuran bahan yang akan ditambahkan. Apabila penambahan bahan kompos ini dapat menghasilkan hasil kompos yang baik, maka pengomposan ini dapat dijadikan alternatif pengolahan limbah padat terpadu yang mengolah lumpur tinja, sampah pasar, dan sekam.

Di sisi lain, pengomposan dengan lumpur tinja yang merupakan *web substrate* mempunyai masalah akibat tingginya bakteri patogen. Bakteri patogen ini dapat dikurangi dengan pencapaian temperatur yang tinggi di atas 55°C. Menurut Haug (1993), pencapaian temperatur pada pengomposan dapat diakibatkan oleh frekuensi pengadukan karena frekuensi pengadukan dapat mengurangi pencapaian temperatur. Dengan adanya perbedaan frekuensi pengadukan, maka akan diketahui frekuensi pengadukan efektif dalam mendapatkan kompos dengan kadar air sesuai SNI 19-7030-2004 dan waktu pengomposan yang efektif.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- Apakah perbedaan *feedstock* memberikan pengaruh terhadap kualitas kompos?
- Apakah perbedaan frekuensi pengadukan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kualitas kompos?
- Apakah kompos campuran lumpur tinja memenuhi standar kompos Indonesia SNI 19-7030-2004?
- Apakah kompos campuran lumpur tinja mempunyai laju dekomposisi cepat?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- Mengetahui pengaruh perbedaan *feedstock* terhadap kualitas kompos
- Mengetahui pengaruh perbedaan frekuensi pengadukan terhadap kualitas kompos
- Membandingkan kualitas kompos campuran lumpur tinja dengan standar kompos Indonesia SNI 19-7030-2004
- Mengetahui laju dekomposisi pengomposan dari campuran *feedstock* yang berbeda

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

- Sebagai salah satu langkah optimalisasi pengolahan lumpur tinja, sampah organik, dan limbah sekam di Kota Depok
- Sebagai sumbangsih kepada ilmu pengetahuan yang dapat dikembangkan di kemudian hari

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan hanya pada pengukuran temperatur, kadar air, rasio C/N, pH, volume, WHC, ukuran partikel, dan tekstur kompos campuran lumpur tinja dengan variasi komposisi bahan kompos dan frekuensi pengadukan. Pengomposan akan dilakukan di Rumah Kompos Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia pada tanggal 26 Januari – 26 Maret 2012.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar, sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup serta manfaat penelitian.

BAB 2 STUDI PUSTAKA

Berisi teori-teori yang mendasari penelitian mengenai pengomposan, pencampuran bahan kompos, perhitungan komposisi bahan kompos, pengaruh pengadukan dalam pengomposan, serta hipotesa yang didapat setelah mempelajari studi pustaka.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

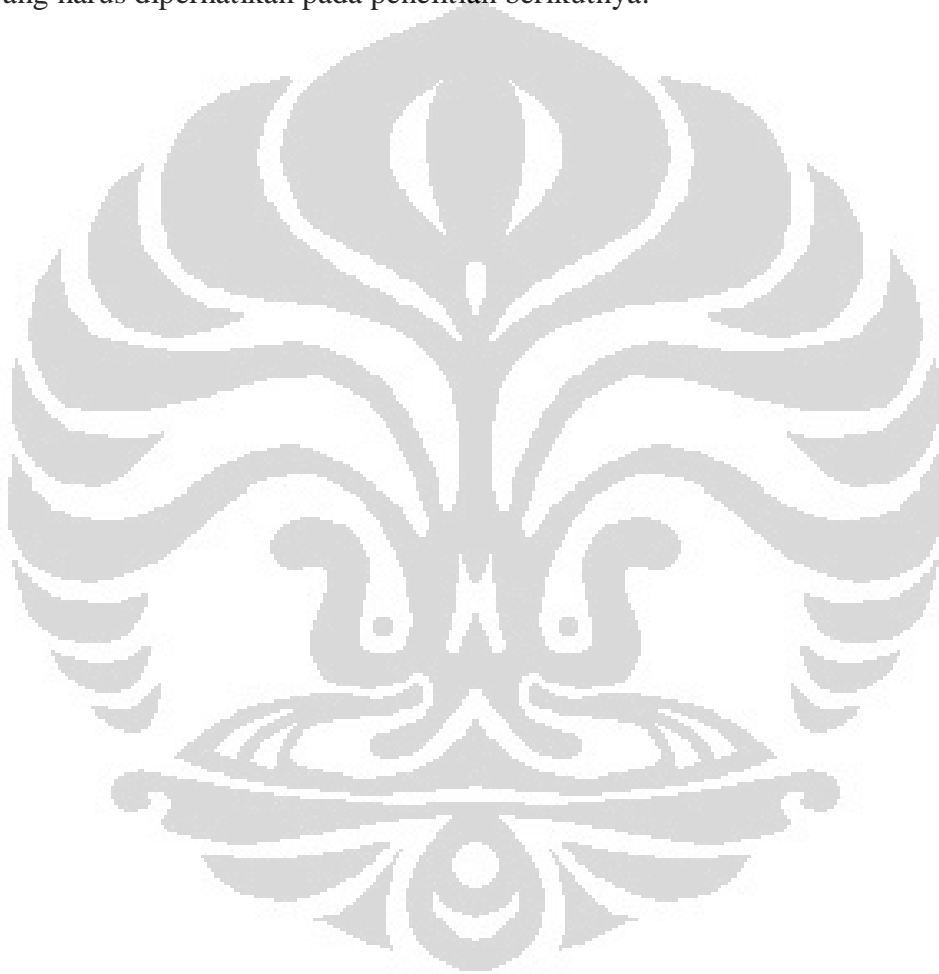
Berisi langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian, mulai dari kerangka penelitian, variabel penelitian, lingkup penelitian, penjelasan untuk tiap tahapan penelitian, data dan analisa, serta waktu dan lokasi penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan tentang proses, data, dan analisa penelitian mulai dari pemilihan *feedstock*, proses pengomposan, dan analisa perbandingan kualitas kompos sesuai dengan SNI 19-7030-2004.

BAB 5 KESIMPULAN

Bab ini membahas tentang kesimpulan dari analisa penelitian serta saran yang harus diperhatikan pada penelitian berikutnya.



BAB 2

STUDI PUSTAKA

2.1 *Composting*

2.1.1 Definisi *Composting*

Menurut Haug (1993), *composting* adalah proses penguraian secara biologis dan stabilisasi materi organik dalam keadaan yang memungkinkan untuk perkembangan temperatur *thermophilic* sebagai hasil dari panas secara biologis untuk menghasilkan produk yang stabil, bebas patogen dan biji tanaman, dan dapat digunakan di tanah. Selain itu, *composting* juga dapat diartikan sebagai proses stabilisasi dari limbah yang membutuhkan kadar air dan aerasi dalam menghasilkan temperatur *thermophilic*. Temperatur *thermophilic* digunakan untuk membunuh patogen dan destruksi dari biji-biji tanaman yang ada dalam bahan kompos.

Kompos merupakan produk dari proses dekomposisi limbah padat secara biologis di bawah keadaan aerobik untuk dijadikan pupuk pertanian (UNEP). Kompos juga didefinisikan sebagai kondisioner tanah organik yang telah distabilisasi sehingga menyerupai humus, bebas dari patogen bagi manusia dan tanaman, tidak mengandung biji tanaman, tidak menarik serangga atau vektor penyakit untuk hidup pada tanah tersebut, dan berguna bagi perkembangan tanaman. Fungsi dari kompos pada tanah adalah (Haug, 1993) :

- Kompos dapat digunakan sebagai sumber materi organik dalam humus pada tanah yang dibutuhkan dalam pembentukan struktur tanah dan kemampuan ikat air yang baik.
- Kompos dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman komersial dan rumahan. Kompos yang stabil dapat mengurangi patogen tanaman dan meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit tanaman.
- Kompos mengandung nutrisi antara lain nitrogen, fosfor, dan berbagai *trace elements* lain yang dapat berguna sebagai pupuk dan *soil conditioner*

2.1.2 Metode *Composting*

Composting adalah salah satu upaya pengolahan limbah padat secara biologi. Metode pengomposan dibagi menjadi dua yakni pengomposan aerobik dan anaerobik. Pengomposan aerobik lebih mudah diterapkan dan apabila diterapkan dengan benar dapat mereduksi volume limbah padat walaupun metode ini juga harus dapat memberikan suplai oksigen ke dalam tumpukan limbah padat. Sedangkan pengomposan anaerobik lebih sulit untuk diterapkan namun produksi metana lebih mudah untuk dikontrol dan dimanfaatkan (Tchobanoglous, 1993).

Metode pengomposan aerobik banyak digunakan untuk pengolahan limbah padat perkotaan. Jenis limbah padat yang digunakan sebagai sumber kompos biasanya adalah sampah pekarangan, sampah perkotaan yang telah dipisahkan (organik), commingle MSW, dan lumpur dari instalasi pengolahan. Proses pengomposan aerobik terdiri dari *windrow*, *aerated static pile*, dan *in-vessel* (Tchobanoglous, 1993) :

2.1.2.1 *Windrow*

Windrow merupakan metode tertua yang digunakan dalam pengomposan. *Windrow* dapat dibuat dengan membuat gundukan sampah setinggi 8 – 10 ft dengan lebar 20 – 25 ft. Dimensi dari tumpukan ini dapat dipengaruhi oleh alat pengaduk komposnya. Pengadukan dilakukan untuk mendapatkan suplai udara yang berfungsi dalam pengaturan temperatur dan kelembaban. Pengadukan dapat juga menimbulkan timbulnya bau karena kemungkinan terjadinya proses anaerobik pada tumpukan kompos. Pengadukan tidak dilakukan terus menerus. Setelah 3 – 4 minggu, kompos tidak perlu diaduk untuk mencapai periode *curing*. Pada periode ini residu materi organik akan didekomposisi oleh *fungi* dan *actinomyces*. Periode ini berlangsung selama 3 – 4 minggu (Tchobanoglous, 1993). Adapun gundukan minimum yang disarankan Raabe (2007) pada pengomposan *windrow* berukuran 36" x 36" x 36" (0,9144 m x 0,9144 m x 0,9144 m) untuk mencegah kehilangan panas dalam pengomposan.

2.1.2.2 *Aerated Static Pile*

Metode ini dikembangkan oleh Departemen Penelitian Pertanian Amerika Serikat di Beltsville, Maryland tahun 1975. Mulanya metode ini digunakan untuk composting lumpur hasil instalasi pengolahan. Namun saat ini telah berkembang menjadi metode pengomposan sampah pekarangan dan *separated MSW* (Tchobanoglous, 1993).

Metodenya berupa mencampurkan lumpur limbah atau sampah organik dengan material *bulking* kemudian menempatkan material campuran tersebut di pipa-pipa yang berlubang-lubang. Campuran-campuran ini kemudian ditutupi oleh kompos yang tersaring atau tidak tersaring. Udara diinjeksikan ke dalam campuran dengan menggunakan sebuah *blower*. Tekanan negatif (pengisapan) atau tekanan positif (pembuangan) digunakan dan laju aliran udara dikontrol untuk memelihara ketersediaan oksigen dan temperatur yang baik. Udara juga digunakan untuk meningkatkan pengeluaran temperatur lembab.

2.1.2.3 *In-vessel*

Metode *in-vessel* menerapkan pengomposan pada kontainer tertutup. Kontainer tertutup tersebut dapat berupa vertical tower, horizontal rectangular, tanki silinder, dan tanki silinder berputar. Metode *in-vessel* dapat dibagi menjadi dua kategori yakni *plugflow* dan *dynamic system*. Sistem ini meminimalisasi timbulnya bau dan dapat didesain sesuai waktu yang dapat ditentukan dengan mengontrol sirkulasi udara, temperatur, dan konsentrasi oksigen (Tchobanoglous, 1993).

2.1.3 Aktifitas Mikroorganisme Selama Pengomposan

Selama proses pengomposan aerob, banyak aktifitas mikroorganisme yang berperan. Pada awal pengomposan, bakteri mesofil akan lebih dominan. Kemudian pada saat temperatur naik, bakteri termofil akan lebih dominan dan disusul dengan kehadiran *fungi thermophilic* setelah 5 – 10 hari. Pada periode *curing*, mikroorganisme yang akan timbul adalah *actinomycetes* dan jamur. Karena kemungkinan kehadiran mikroorganisme bisa tidak timbul dalam suatu

timbulan sampah, maka penambahannya pun disarankan dalam menyempurnakan proses (Tchobanoglous, 1993).

Prinsip proses dekomposisi biologis adalah mengubah senyawa organik sampah menjadi produk yang stabil. Oleh karenanya, *chemoheterotrophic bacteria* sangat penting dalam proses ini karena kebutuhan nutrisinya mencakup karbon dan sumber energi. Timbulan sampah mengandung banyak nutrisi baik organik dan inorganik yang cukup untuk proses dekomposisi sampah. Apabila dibutuhkan, penambahan nutrisi juga penting agar proses dapat berjalan dengan baik (Tchobanoglous, 1993).

Aktivitas mikroorganisme mempengaruhi temperatur sehingga dalam proses pengomposan tercipta beberapa fase yang ditandai dengan perubahan temperatur (Insam dan Bertoldi, 2001). Fase-fase tersebut di antaranya adalah :

- Fase mesofilik atau *starting phase*

Pada tahap ini, nutrisi yang mudah diuraikan seperti gula dan protein tersedia sangat banyak dan diuraikan oleh *fungi*, *actinobacteria*, dan bakteri. Ketiganya masuk pada golongan *primary decomposer*. Selain itu, mikroorganisme seperti cacing, *mites*, *millipedes*, dan mesofauna lain juga berperan dalam menguraikan bahan organik sebagai katalis. Suhu pada fase ini berkisar antara 25-40°C.

- Fase termofilik

Pada fase termofilik, suhu gundukan kompos naik hingga 65°C. Organisme pada gundukan kompos akan beradaptasi pada kenaikan temperatur ini. Mikroorganisme mesofilik akan mati atau meninggalkan area yang panas, sedangkan area yang panas akan dihuni oleh mikroorganisme termofilik. Pada fase ini, proses dekomposisi berlangsung lebih cepat hingga temperatur mencapai 62°C. *Fungi* termofilik mempunyai suhu maksimum untuk tumbuh yakni antara 35-55°C sehingga apabila temperatur dalam gundukan lebih tinggi, temperatur akan menghambat pertumbuhan *fungi*. *Thermotolerant* dan *thermophilic bacteria* serta *actinobacteria* dapat bertahan pada temperatur yang lebih tinggi dari *fungi*. Walaupun destruksi dari mikroorganisme biasa terjadi

pada suhu di bawah 65°C, temperatur pada gundukan masih dapat naik hingga suhu 80°C. Kenaikan temperatur ini bisa disebabkan bukan oleh aktifitas mikroorganisme, namun karena dampak reaksi eksoterm abiotik. Pencapaian temperatur juga tidak terjadi secara merata pada seluruh bagian gundukan kompos. Menurut Insam dan Bertoldi (2001), bagian tengah adalah bagian yang paling panas. Pencapaian suhu termofilik ini sangat penting dalam pengomposan karena dapat digunakan sebagai proses higienisasi. Patogen bagi manusia dan tanaman akan mati, begitu juga pada biji tanaman dan larva serangga. Berikut adalah tabel patogen beserta suhu efektif dalam higienisasinya.

Tabel 2.1. Temperatur dan Waktu Efektif untuk Destruksi Patogen

No.	Patogen	Waktu Destruksi	Suhu Destruksi
1.	<i>Salmonella typhosa</i>	30 menit 20 menit	55-60°C 60°C
2.	<i>Salmonella sp.</i>	1 jam 15-20 menit	55°C 60°C
3.	<i>Shigella sp.</i>	1 jam	55°C
4.	<i>E. coli</i>	1 jam 15-20 menit	55°C 60°C
5.	<i>Entamoeba histolyca cyst</i>	Beberapa menit Beberapa detik	45°C 55°C
6.	<i>Taenia saginata</i>	Beberapa menit	45°C
7.	Telur <i>Ascaris lumbricoides</i>	<1 jam	>50°C

Sumber : Tchobanoglous (1993)

Tidak hanya pencapaian temperatur termofilik, namun keberadaan beberapa flora yang didominasi oleh *actinobacteria* sangat penting bagi proses higienisasi karena mikroorganisme tersebut memproduksi antibiotik. Namun ada kalanya pencapaian temperatur terlalu tinggi tidak begitu baik dalam proses pengomposan. Pencapaian suhu di atas 70°C akan membunuh banyak mikroorganisme mesofilik sehingga masa *cooling* akan lebih lama.

- Fase mesofilik kedua atau *cooling phase*

Ketika suhu telah mencapai termofilik dan turun, maka fase tersebut akan memasuki fase mesofilik kedua. Suhu akan turun ketika substrat telah menipis sehingga mikroorganisme termofilik akan kehilangan nutrisi dalam proses dekomposisinya. Kemudian mikroorganisme mesofilik akan kembali beraktifitas. Berbeda dengan masa mesofilik pertama, pada mesofilik kedua ini, mikroorganisme mesofilik akan menguraikan selulosa. Mikroorganisme mesofilik ini adalah bakteri dan *fungi*.

- Fase maturasi

Selama fase maturasi, kualitas substrat telah jauh menurun dan komposisi mikroorganisme pun mengalami perubahan. Biasanya, jumlah *fungi* akan meningkat, sedangkan jumlah bakteri akan menurun. Material yang sulit untuk diuraikan seperti lignin-humus akan terbentuk dan menjadi *predominant*. Adapun konsentrasi patogen yang disyaratkan pada SNI 19-7030-2004 pada kompos yang telah matang adalah di bawah 1000 MPN/gram untuk *Fecal coli* dan di bawah 3 MPN/4 gram untuk *Salmonella sp.* Menurut Hutagalung (2012), kompos dengan menggunakan campuran antara lumpur tinja dan sampah pasar dengan pengadukan 2 dan 4 hari sekali selama 45 hari pengomposan mempunyai konsentrasi akhir *Fecal coli* dan *Salmonella sp.* seperti yang tampak pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2. Pengujian Parameter Biologis pada Kompos Campuran Lumpur Tinja dan Sampah Pasar

Parameter Biologis	Frekuensi Pengadukan		SNI 19-7030-2004
	2 hari sekali	4 hari sekali	
<i>Fecal coli</i>	34 MPN/gr	34 MPN/gr	1000 MPN/gr
<i>Salmonella sp.</i>	2 MPN/4 gr	< 2 MPN/4 gr	3 MPN/4 gr

Sumber : Hutagalung (2012)

2.1.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Pengomposan

Menurut UNEP, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pengomposan yakni faktor nutrisi dan faktor lingkungan. Faktor nutrisi mencakup

makronutrien, mikronutrien, C/N, analisa karbon dan nitrogen serta ukuran partikel. Sedangkan faktor lingkungan dibagi menjadi temperatur dan kadar air. Adapun menurut Tchobanoglous (1993), beberapa faktor yang harus dikontrol dalam pengomposan adalah ukuran partikel, C/N, pencampuran dengan bahan kompos lain, penambahan air, penambahan mikroorganisme, kadar air, pengadukan, temperatur, kontrol patogen, udara, pH, derajat dekomposisi, dan lahan.

2.1.4.1 Makronutrien dan Mikronutrien

Nutrien dapat dibagi dalam dua kelompok yakni makronutrien dan mikronutrien. Makronutrien mencakup karbon, nitrogen, pospor, kalsium, dan kalium. Kebutuhan nutrisi kalsium dan kalium akan lebih sedikit dibanding karbon, nitrogen, dan pospor. Karena kebutuhannya yang sedikit, maka kalsium dan kalium tergolong *trace element* seperti Mg, Mn, Co, Fe, dan S. Sebagian besar *trace element* mempunyai peran dalam aktifitas sel.

2.1.4.2 C/N

C/N adalah salah satu makronutrien dengan kebutuhan relatif dalam proses selulernya sebesar 25 : 1 (Gotaas, 1956). Karbon dan nitrogen digunakan dalam metabolisme mikroorganisme dan sintesis membran sel. Menurut Epstein (1997) pemakaian karbon di dalam pengomposan digunakan sebagai sumber energi. Karbon digunakan pada pembentukan membran, protoplasma dan dinding sel produk sintesis serta mengoksidasinya menjadi karbon dioksida. Sedangkan nitrogen, menurut Insam dan Bertoldi pada tahun 2001, digunakan dalam sintesa protein. Nitrogen juga digunakan sebagai nutrisi atau senyawa esensial pada protoplasma. Selain itu, menurut Anderson (1956), bakteri mengandung 7-11% nitrogen dalam berat kering, sedangkan fungi mengandung 4-6% nitrogen dalam berat kering. Oleh karenanya, perbandingan pemakaian karbon akan lebih tinggi dibanding nitrogen sehingga kebutuhannya pun akan lebih banyak (UNEP, 2005).

Saat proses pengomposan, menurut Kazmi *et al* (2009) perbandingan C/N dari waktu ke waktu pengomposan akan terus mengalami penurunan seiring dengan aktivitas mikroba dalam menguraikan bahan organik yang ada dalam

gundukan kompos. Sedangkan menurut Bishop dan Godfrey (1983), pada awal pengomposan banyak nitrogen yang digunakan untuk sintesa protein sebagai bentuk aktifitas mikroorganisme dalam menguraikan material organik.

2.1.4.3 Ukuran Partikel

Ukuran partikel sampah berkaitan dengan nutrisi misalnya distribusi nutrisi yang tergantung pada ukuran partikel sampah. Secara teoritis, laju dekomposisi akan meningkat dengan partikel organik yang semakin kecil (UNEP). Reduksi ukuran partikel dapat dilakukan dengan pencacahan. Ukuran partikel mempengaruhi *drag force* antara partikel sampah, *internal friction*, dan *bulk density*. Untuk hasil yang optimum, ukuran partikel sampah lebih baik berkisar antara 25 – 75 mm (Tchobanoglous, 1993).

2.1.4.4 Temperatur

Karena bekerja dengan mikroorganisme, maka faktor lingkungan seperti temperatur sangat penting dalam proses pengomposan. Pada awal pengomposan, temperatur akan sama seperti temperatur ruangan pengomposan atau terletak dalam range temperatur bakteri mesofil lalu akan naik sampai range temperatur bakteri termofil. Fungsi dari peningkatan temperatur ini adalah untuk membunuh patogen yang tidak dapat hidup pada temperatur termofil atau sampai 60°C (UNEP, 2005). Peningkatan temperatur disebabkan oleh reaksi eksoterm dan aktifitas metabolisme mikroorganisme. Pada metode *windrow*, temperatur akan naik karena pengadukan dan hanya dapat dikontrol secara tidak langsung dengan pengukuran setelah pengadukan. Setelah pengadukan, biasanya temperatur akan turun 5 – 10°C, namun akan kembali naik setelah beberapa jam. Temperatur pada *windrow* turun 10 – 15 hari setelah oksidasi organik (Tchobanoglous, 1993). Menurut Epstein (1997), suhu akan dapat berhenti naik pada hari ke 9 atau ke 10 sehingga aktifitas mikroorganisme pun menurun.

2.1.4.5 pH

Pengontrolan pH sangat penting seperti temperatur dalam mengevaluasi aktifitas mikroorganisme dan kestabilan sampah. pH pengomposan awal sampah

organik berkisar antara 5 -7. Pada awal pengomposan, pH akan turun sampai 5 atau kurang dari itu karena organik akan berada pada temperatur ambien dan aktifitas mikroorganisme mesofil akan meningkat dalam menduplikasi diri sehingga produksi asam organik akan meningkat dan pH akan turun. Pada saat termofilik, temperatur akan naik dan terjadi aerobik proses sehingga pH akan naik sampai 8 – 8,5. Setelah kompos matang, pH akan turun menjadi 7 – 8 (Tchobanoglous, 1993). Pada pengomposan bahan dengan kandungan lignin yang tinggi dengan lumpur biologis, pH cenderung rendah yakni sekitar 5,1-5,5 (Epstein, 1997).

2.1.4.6 Kadar Air

Karakteristik penting dalam pengomposan adalah kadar air dan aerasi khususnya pada *windrow* (UNEP). Kelembaban yang optimum berkisar antara 50 – 60%. Kadar air dapat juga ditambahkan dengan penambahan air. Apabila kelembaban kompos kurang dari 40% maka reaksi akan melambat (Tchobanoglous, 1993).

Pada saat matang, kadar air yang disyaratkan oleh SNI 19-7030-2004 adalah kurang dari 50%. Kadar air dalam kompos matang tidak baik apabila terlalu tinggi. Hal ini dikarenakan karena kadar air secara langsung berhubungan dengan nilai *water holding capacity*, hal ini sesuai dengan pernyataan dari *Agricultural Analytical Services Laboratory The Pennsylvania State University* pada tahun 2008.

2.1.4.7 Penambahan Air, Mikroorganisme, dan Pencampuran Bahan Lain

Dua faktor desain yang menentukan penambahan air, mikroorganisme, dan pencampuran dengan bahan lain yang mengandung C/N yang tinggi adalah kelembaban dan nilai C/N. Untuk dapat mencapai C/N yang optimum, kompos dapat juga dicampurkan dengan bahan-bahan yang mengandung sumber karbon yang tinggi seperti kertas, daun, kotoran hewan, dan lumpur dari instalasi pengoahan air limbah. Pencampuran dengan bahan lain menyebabkan pengontrolan terhadap kelembaban. Penambahan mikroorganisme juga dapat dilakukan untuk menghasilkan dekomposisi yang cepat.

2.1.4.8 Pengadukan

Pengadukan dilakukan untuk menambah atau mengurangi kelembaban pada kompos agar sampai pada kelembaban yang optimum. Pengadukan juga dapat dilakukan untuk meratakan distribusi nutrisi untuk mikroorganisme. Pengadukan merupakan faktor yang penting dalam mengontrol kelembaban, kebutuhan udara atau oksigen untuk keadaan aerob. Untuk kompos dengan menggunakan sampah organik membutuhkan 15 hari periode pengomposan dengan kelembaban 50 -60% dan pengadukan lebih baik dilakukan setelah hari ketiga dan dilakukan setelah hari itu sampai mendapatkan pengadukan 4 – 5 kali (Tchobanoglous, 1993). Menurut Schloss (1999), pengadukan sangat berpengaruh pada pencapaian suhu yang maksimum dan memperpanjang periode pengambilan oksigen. Pengadukan yang dilakukan dalam penelitiannya adalah setiap hari, 4 hari sekali, dan 8 hari sekali dimana pengadukan yang dilakukan setiap hari akan lebih mengurangi panas dalam gundukan karena proses penguapan. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa pengadukan 4 hari sekali relatif efektif dalam pencapaian suhu maksimum dan pengurangan kadar air.

2.1.5 Laju Dekomposisi

Menurut Haug (1993), laju dekomposisi substrat dapat dipermudah dengan menyederhanakannya menggunakan laju reaksi orde 1 sebagaimana yang sering terjadi di alam. Selain itu, Seo (1988) menyatakan bahwa material organik, selulosa, total karbon, karbon organik, dan *biodegradable carbon* akan berkurang seiring berjalannya waktu pengomposan. Berbeda dengan kandungan lignin yang akan menurun secara temporer pada masa pengomposan, sedangkan *non-biodegradable carbon* tidak terlalu banyak mengalami perubahan. Permodelan laju penguraian karbon lebih tinggi apabila dibandingkan dengan laju penguraian semua senyawa yang diperiksa pada penelitiannya. Namun demikian, laju penguraian ini akan meningkat 2 minggu setelah pengomposan selama 9 minggu.

Laju reaksi orde 1 banyak digunakan dalam menggambarkan proses oksidasi biologis. Persamaan laju reaksi orde 1 tersebut dapat ditulis sebagai persamaan 2.1 berikut :

$$\begin{aligned}\frac{d(C)}{dt} &= -k_d(C) \\ \int_{BVS_0}^{BVS} \frac{d[C]}{[C]} &= -k \int_0^t dt \\ \ln \frac{[C]}{[C_0]} &= -kt \\ \ln[C] - \ln[C_0] &= -kt \\ \ln[C] &= -kt + \ln[C_0]\end{aligned}$$

(2.1)

Dimana :

C : jumlah karbon (kg atau lbs)
 t : waktu (hari)
 k_d : laju dekomposisi (per hari)

Apabila persamaan tersebut digambarkan dengan grafik, maka $\ln(C)$ akan berada pada sumbu y, sedangkan waktu berada pada sumbu x, dengan slope merupakan $-$ laju dekomposisi. Nilai laju dekomposisi negatif menandakan bahwa substrat akan berkurang seiring berjalannya waktu.

2.1.6 Kematangan Kompos

Kompos dikatakan telah matang ketika telah mencapai komposisi yang stabil dalam dekomposisinya. Kompos yang belum stabil dan belum matang dapat menimbulkan masalah dalam pemasaran dan pemakaian sebagai pupuk maupun *soil conditioner*. Pemakaian kompos yang belum matang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman akibat bakteri patogen dalam kompos serta kelanjutan proses dekomposisi dari kompos. Kematangan (*maturity*) dan kestabilan (*stability*) kompos sering didefinisikan secara tertukar padahal definisi kematangan dan kestabilan mengacu pada karakteristik dari kompos tersebut.

Menurut *California Compost Quality Council* (2001), kestabilan (*stability*) kompos mengacu pada tahap tertentu dalam dekomposisi bahan organik selama pengomposan yang berhubungan dengan jenis bahan organik yang tersisa dan merupakan fungsi dari aktifitas mikroorganisme. Kestabilan kompos penting

dalam pengujian potensi dampak pada nitrogen tanah atau media pertumbuhan tanaman dan mengatur porositas pada media tanaman. Sebagian besar penggunaan kompos membutuhkan kategori kompos dengan tingkat kestabilan kompos dari kompos stabil hingga kompos yang sangat stabil sehingga nutrisi dan oksigen tetap terikat dan tersedia dalam tanah atau media tanaman. Sedangkan kematangan (*maturity*) kompos adalah tahap dimana proses pengomposan telah selesai yang diukur dengan beberapa parameter. Kematangan kompos juga didefinisikan sebagai tahap dimana *phytotoxic organic acid* telah hilang.

Pengukuran parameter dalam mendefinisikan kematangan kompos mencakup pengukuran dengan metode kimia, fisik, aktifitas mikrobiologi, dan *plant assays*. Metode kimia mencakup pengukuran seperti rasio C/N, nitrogen, pH, CEC (*Cation Exchange Capacity*), dan lain-lain. Metode fisik mencakup temperatur, warna, bau, dan *specific gravity*. Pengukuran aktifitas mikrobiologi mencakup pengukuran jumlah bakteri seperti *Fecal coli* dan *Salmonella*, fungi, aktifitas enzim, dan respirasi mikrobiologi. Sedangkan pengukuran *plant assays* salah satunya dengan melakukan pengukuran warna akar.

Menurut SNI 19-7030-2004, kematangan kompos ditunjukkan oleh :

- Nilai C/N (10 -20) : 1
- Temperatur sesuai dengan temperatur air tanah
- Berwarna kehitaman dengan tekstur seperti tanah
- Berbau tanah

Selain itu, kematangan kompos dapat dilihat pada tabel 2.3 :

abel 2.3. Indikator Kematangan Kompos

Parameter	Indikator	Pustaka
Temperatur	Stabil	Stickelberger, 1975
pH	Alkalis	Jaun, 1959
COD	Stabil	Yang, 1993
BOD	Stabil	Yang, 1993
C/N ratio	<20	Juste, 1980
Laju respirasi	< 10 mg/g kompos	Morel, 1979
Warna	Coklat tua	Sugahara, 1982
Bau	Earthy	Chanyasak, 1982

Sumber : Yang (1996)

2.1.7 Standar Kualitas Kompos di Indonesia

Standar kualitas kompos di Indonesia merujuk pada SNI 19-7030-2004 tentang parameter kualitas kompos seperti yang ditampilkan pada tabel 2.4 :

Tabel 2.4. Standar Kualitas Kompos

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar air	%	-	50
2	Temperatur	°C		Temperatur air tanah
3	Warna			Kehitaman
4	Bau			Berbau tanah
5	Ukuran partikel	mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	
7	pH		6,8	7,49
8	Bahan asing	%	*	1,5
Unsur makro				
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	-
11	Karbon	%	9,80	32
12	Pospor	%	0,10	-
13	C/N rasio		10	20
14	Kalium	%	0,20	*
Unsur mikro				
15	Arsen	mm/kg	*	13
16	Kadmium	mm/kg	*	3
17	Kobal	mm/kg	*	34
18	Kromium	mm/kg	*	210
19	Tembaga	mm/kg	*	100
20	Merkuri	mm/kg	*	0,8
21	Nikel	mm/kg	*	62
22	Timbal	mm/kg	*	150
23	Selenium	mm/kg	*	2
24	Seng	mm/kg	*	500
Unsur lain				
25	Kalsium	%	*	25,50
26	Magnesium	%	*	0,60
27	Besi	%	*	2,00
28	Alumunium	%	*	2,20
29	Mangan	%	*	0,10
Bakteri				
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp	MPN/4 gr		3

Sumber : SNI 19-7030-2004

2.2 Feedstock

2.2.1 Lumpur Tinja

Limbah padat merupakan sebuah konsekuensi dari kehidupan manusia karena telah menggunakan sumber daya alam untuk mendukung kehidupannya dan membuang zat sisa (Tchobanoglous, 1993). Sebagai konsekuensi dari hidup, maka manusia pun mengeluarkan limbah dari dalam tubuh manusia di antaranya urin dan *faeces*. Urin mengandung nitrogen, pospor, dan kalium yang tinggi dan baik bagi pupuk organik. Rata-rata produksi ekskreta adalah 0,6 0 1,2 L/orang/hari dan 120 – 400 gram feces/orang/hari (Schouw dkk, 2002). Dari timbulan ekskreta tersebut dihasilkan :

Tabel 2.5. Kandungan dalam *Human Excreta*

No.	Parameter	Nilai (per orang hari)
1	N	7,5 – 7,9 gram
2	P	1,6 – 1,7 gram
3	Ka	1,8 – 2,7 gram
4	S	1,0 – 1,1 gram
5	Ca	0,75 – 1,5 gram
6	Mg	0,25 – 0,4 gram
7	Zn	9 – 16 mg
8	Cu	1,4 – 1,5 mg
9	Ni	0,3 mg
10	Cd	0,02 – 0,03 mg
11	Hg	0,07 – 0,14 mg

Sumber : (Schouw dkk, 2002)

Menurut Richard dkk (1989), komposisi dan volume lumpur tinja dipengaruhi oleh faktor diet, iklim, dan kesehatan manusia. Timbulan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.6 :

Tabel 2.6. Timbulan Tinja

No.	Parameter	Berat (gram)
1	Berat basah/orang/hari	100-400
2	Berat kering/orang/hari	30-60

Sumber : Richard dkk (1989)

Adapun komposisi tinja sebagai 2.7 :

Tabel 2.7. Komposisi Tinja

No.	Parameter	Persentase (%)
1	Bahan organik	88 – 97
2	Karbon	44 – 55
3	Nitrogen	5 – 7
4	Pospor	3 – 4

Sumber : Richard dkk (1989)

Sebagai salah satu sumber bahan kompos yang kaya organik, maka pengomposan lumpur tinja pun memiliki potensi yang besar. Berikut adalah beberapa karakteristik lumpur tinja yang dikeringkan dan dibandingkan dengan standar kompos sesuai dengan SNI 19-7030-2004 :

Tabel 2.8. Perbandingan Karakteristik Lumpur Tinja dengan Standar Kompos (SNI 19-7030-2004)

Parameter	Lumpur Pengeringan (hari)				Standar Kompos
	3	7	10	30	
Temperatur (°C)	30,9	30,0	27,8	30,0	Temperatur air tanah
pH	7,28	7,23	6,84	6,43	6,8 – 7,49
Kadar air (%)	85,41	82,90	80,60	51,62	Maks. 50
C (%)	30,40	30,29	29,85	15,62	9,8 – 32
N (%)	2,91	2,94	2,96	1,5	Min. 0,4
Rasio C/N	10,44	10,32	10,09	10,41	10-20
P (%)	7,52	7,33	7,02	6,45	Min. 0,10

Sumber : Oktiawan dan Priyambada (2007)

2.2.2 Sampah Organik

Sampah organik yaitu sampah yang terdiri dari bahan-bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam, atau dihasilkan dari kegiatan pertanian, perikanan atau yang lainnya. Sampah ini dengan mudah diuraikan dalam proses alami. Sampah rumah tangga sebagian besar sampah organik, termasuk sampah organik misalnya : sampah dari dapur, sisa tepung, sayuran, kulit buah dan daun. Sampah organik merupakan komposisi terbanyak dalam timbulan sampah perkotaan. Sampah organik dapat dihasilkan oleh rumah tangga, komersial, industri, fasilitas umum, pertanian, instalasi pengolahan, dan lain-lainnya. Sampah organik dapat berupa sisa makanan, kertas, *cardboard*, karet, daun hasil sampah pekarangan, dan kayu (Tchobanoglous, 1993).

Sedangkan, sampah organik dibagi lagi menjadi dua yakni *garbage* dan *rubbish*. Sampah organik yang mudah membusuk (*garbage*) yaitu limbah padat semi basah berupa bahan-bahan organik yang berasal dari sektor pertanian dan pangan termasuk dari sampah pasar. Sampah ini mempunyai ciri mudah terurai oleh mikroorganisme dan mudah membusuk, karena mempunyai rantai kimia yang relatif pendek. Sampah ini akan menjijikkan jika sudah membusuk apalagi bila terkena genangan air sehingga masyarakat enggan menanganinya. Sampah organik yang tak mudah membusuk (*rubbish*) yaitu limbah padat organik kering yang sulit terurai oleh mikroorganisme sehingga sulit membusuk. Hal ini karena rantai kimia panjang dan kompleks yang dimilikinya, contoh dari sampah ini adalah kertas dan selulosa. Pengolahan sampah organik biasanya dilakukan dengan cara pengomposan secara aerob atau anaerob.

2.2.3 Sekam Padi

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi *kariopsis* yang terdiri dari dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Dari proses penggilingan tersebut diperoleh sekam sekitar 20 – 30% berat gabah. Menurut Rynk, dkk (1992), sekam mengandung kadar karbon yang tinggi dengan rasio C/N 121 dan kadar nitrogen 0,3%.

Sekam padi yang merupakan limbah padat dari sektor pertanian masih sebagian kecil masih dimanfaatkan untuk kepentingan rumah tangga seperti penggunaannya pada bahan bakar memasak, membakar batu bata, genteng, atau tembikar (Roesmarkam, 2000). Di samping itu, sekam juga dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif, kertas karbon, dan batu baterai (Thorburn, 1982).

2.3 Pengaruh Pencampuran Bahan Kompos dan Pengadukan

2.3.1 Pengaruh Pencampuran Bahan Kompos

Salah satu parameter kimia kompos yang harus diperhatikan dalam membuat kompos adalah kadar karbon dan nitrogen. Untuk mendapatkan kadar karbon dan nitrogen yang sesuai dengan standar kompos, maka diperlukan informasi mengenai kandungan karbon dan nitrogen awal.

Kadar karbon dan nitrogen dapat diatur dengan melakukan pencampuran bahan-bahan kompos. Sebelumnya, bahan-bahan kompos ini telah diketahui kadar karbon dan nitrogen. Kemudian dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{C}{N} \text{ yang diinginkan} = \frac{C \text{ bahan 1} + x(C \text{ bahan 2})}{N \text{ bahan 1} + x(N \text{ bahan 2})} \quad (2.2)$$

Dimana x adalah perbandingan atau rasio jumlah banyaknya bahan 2 dan bahan 1. Kandungan karbon dan nitrogen ini dihitung berdasarkan kadar kedua unsur tersebut dalam jumlah kering (Tchobanoglous, 1993).

Penelitian ini bertujuan pengomposan adalah untuk mendapatkan hasil kompos dengan rasio C/N yang baik. Menurut SNI 19-7030-2004, standar rasio kompos adalah 10 -20 sehingga pada penelitian ini, pencampuran bahan kompos akan dihitung berdasarkan *moisture* dan rasio C/N awal bahan kompos sehingga mendapatkan hasil akhir rasio C/N sesuai standar. Dengan menggunakan literatur dan pengujian laboratorium kadar air dan rasio C/N awal bahan kompos di bawah ini :

Tabel 2.9. Data Kadar Air dan C/N *Feedstock* Kompos

No.	Bahan	Kadar Air (%)	C/N	%N	Referensi
1	Lumpur Tinja Kota Depok dengan pengeringan 1 hari	88,1	9,74	2,98	Penulis, 2011
2	Sampah pasar Kota Depok *	79,6	30,65	1,24	Sidabutar, 2012
3	Sekam	14	121	0,3	Rynk,dkk. 1992

Pencampuran bahan dilakukan dengan perhitungan komposisinya berdasarkan kadar karbon, nitrogen, dan kadar airnya sesuai dengan data di atas dengan rasio C/N *feedstock* didesain sebesar 25 sehingga komposisinya sebagai berikut :

- a. Campuran Lumpur Tinja-Sampah Organik

Diketahui

Lumpur Tinja

Kadar air = 88,1%

C/N = 9,74

$$\% \text{ Nitrogen} = 2,98$$

Sampah pasar

$$\text{Kadar air} = 79,6\%$$

$$\text{C/N} = 30,65$$

$$\% \text{ Nitrogen} = 1,24$$

10 kg Lumpur Tinja

$$\text{Air} = 10 \text{ kg} \times 88,1\% = 8,81 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Kering} = 10 \text{ kg} - 8,81 \text{ kg} = 1,19 \text{ kg}$$

$$\text{Nitrogen} = 2,98\% \times 1,19 \text{ kg} = 0,0355 \text{ kg}$$

$$\text{Karbon} = 9,74 \times 0,0355 \text{ kg} = 0,3454 \text{ kg}$$

10 kg Sampah Organik

$$\text{Air} = 10 \text{ kg} \times 79,6\% = 7,96 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Kering} = 10 \text{ kg} - 7,5 \text{ kg} = 2,04 \text{ kg}$$

$$\text{Nitrogen} = 1,24 \% \times 2,04 \text{ kg} = 0,0253 \text{ kg}$$

$$\text{Karbon} = 30,65 \times 0,025 \text{ kg} = 0,7753 \text{ kg}$$

Perhitungan Komposisi Bahan Kompos (C/N = 25)

$$\begin{aligned} \frac{C}{N} = 25 &= \frac{C_{\text{lumpur tinja}} + x(C_{\text{sampah organik}})}{N_{\text{lumpur tinja}} + x(N_{\text{sampah organik}})} = 25 \\ &= \frac{0,3454 \text{ kg} + x(0,7753 \text{ kg})}{0,0355 \text{ kg} + x(0,0253 \text{ kg})} \rightarrow x = 3,80 \end{aligned}$$

Dengan demikian, komposisi bahan kompos adalah 38 kg sampah pasar dalam 10 kg lumpur tinja.

Cek terhadap C/N

38 kg Sampah Pasar

$$\text{Air} = 38 \text{ kg} \times 79,6\% = 30,25 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Kering} = 38 \text{ kg} - 30,25 \text{ kg} = 7,75 \text{ kg}$$

$$\text{Nitrogen} = 1,24\% \times 7,75 \text{ kg} = 0,0961 \text{ kg}$$

$$\text{Karbon} = 30,65 \times 0,0961 \text{ kg} = 2,9455 \text{ kg}$$

38 kg Sampah Pasar+ 10 kg Lumpur Tinja

$$\text{Nitrogen} = 0,0355 \text{ kg} + 0,0961 \text{ kg} = 0,1316 \text{ kg}$$

$$\text{Karbon} = 0,3454 \text{ kg} + 2,9455 \text{ kg} = 3,2909 \text{ kg}$$

$$\text{C/N} = 3,2909 \text{ kg} / 0,1316 \text{ kg} = 25 \text{ (terpenuhi, ok!)}$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan pada pencampuran lumpur tinja dan sampah pasar, maka komposisinya adalah 10 : 38.

b. Campuran Lumpur Tinja-Sekam

Diketahui :

Lumpur Tinja

$$\text{Kadar air} = 88,1\%$$

$$\text{C/N} = 9,74$$

$$\% \text{ Nitrogen} = 2,98$$

Sekam

$$\text{Kadar air} = 14\%$$

$$\text{C/N} = 121$$

$$\% \text{ Nitrogen} = 0,3$$

10 kg Lumpur Tinja

$$\text{Air} = 10 \text{ kg} \times 88,1\% = 8,81 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Kering} = 10 \text{ kg} - 8,81 \text{ kg} = 1,19 \text{ kg}$$

$$\text{Nitrogen} = 2,98\% \times 1,19 \text{ kg} = 0,0355 \text{ kg}$$

$$\text{Karbon} = 9,74 \times 0,0355 \text{ kg} = 0,3454 \text{ kg}$$

10 kg Sekam

$$\text{Air} = 10 \text{ kg} \times 14\% = 1,4 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Kering} = 10 \text{ kg} - 1,4 \text{ kg} = 8,6 \text{ kg}$$

$$\text{Nitrogen} = 0,3\% \times 8,6 \text{ kg} = 0,0258 \text{ kg}$$

$$\text{Karbon} = 121 \times 0,0258 \text{ kg} = 3,1218 \text{ kg}$$

Perhitungan Komposisi Bahan Kompos (C/N = 25)

$$\begin{aligned} \frac{C}{N} = 25 &= \frac{Clumpur\ tinja + x(C\ sekam)}{Nlumpur\ tinja + x(N\ sekam)} \frac{C}{N} = 25 \\ &= \frac{0,3454 \text{ kg} + x(3,1218 \text{ kg})}{0,0355 \text{ kg} + x(0,0258 \text{ kg})} \rightarrow x = 0,22 \end{aligned}$$

Dengan demikian, komposisi bahan kompos adalah 2,2 kg sekam dalam 10 kg lumpur tinja.

Cek terhadap C/N

2,2 kg Sekam

$$\text{Air} = 2,2 \text{ kg} \times 14 \% = 0,308 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Kering} = 2,2 \text{ kg} - 0,308 \text{ kg} = 1,892 \text{ kg}$$

$$\text{Nitrogen} = 0,3 \% \times 1,892 \text{ kg} = 0,0057 \text{ kg}$$

$$\text{Karbon} = 121 \times 0,0057 \text{ kg} = 0,6868 \text{ kg}$$

2,2 kg Sekam + 10 kg Lumpur Tinja

$$\text{Nitrogen} = 0,0355 \text{ kg} + 0,0057 \text{ kg} = 0,0412 \text{ kg}$$

$$\text{Karbon} = 0,3454 \text{ kg} + 0,6868 \text{ kg} = 1,0322 \text{ kg}$$

$$\text{C/N} = 1,0322 \text{ kg} / 0,0412 \text{ kg} = 25 \text{ (terpenuhi, ok!)}$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan pada pencampuran lumpur tinja dan sekam, maka komposisinya adalah 10 : 2,2.

2.3.2 Pengaruh Pengadukan

Oksigen sangat dibutuhkan dalam proses pengomposan aerob. Oksigen dapat diberikan dari proses pengadukan atau suplai oksigen secara langsung melalui *diffuser*. Pemberian oksigen dilakukan untuk mencapai tiga tujuan yakni (Haug, 1993) :

1. Penguraian bahan organik (*stoichiometric demands*)

Oksigen dibutuhkan oleh bahan organik dalam proses dekomposisi (*stoichiometric demands*). Penguraian bahan organik tersebut tergantung bahan jenis bahan organik dalam bahan kompos. Kebutuhan oksigen tersebut dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan stoikiometri.

2. Pengurangan kadar air dalam kompos (*drying demands*)

Pengurangan kadar air dalam kompos sangat penting terutama pada jenis pengomposan dengan bahan kompos basah seperti lumpur. Udara dapat dipanaskan oleh bahan kompos dan mengambil kandungan kadar air sehingga terjadi proses pengeringan.

3. Pengurangan panas yang dihasilkan oleh proses degradasi bahan organik (*heat demands*)

Pengurangan panas pada proses pengomposan akibat proses degradasi sangat penting dalam mengatur temperatur kompos. Pada temperatur yang tinggi, mikroorganisme mesofilik akan mati sehingga dapat mempengaruhi proses pengomposan. Oleh karenanya, suplai oksigen sangat penting dalam pengomposan.

2.4 Hipotesa

Dengan melakukan studi literatur, maka diduga :

Hipotesa 1 : Pencampuran lumpur tinja baik dengan sampah organik maupun dengan sekam mampu menghasilkan kompos dengan rasio C/N yang memenuhi standar kompos sesuai SNI 19-7030-2004 dengan perhitungan teoritis komposisi campuran bahan kompos

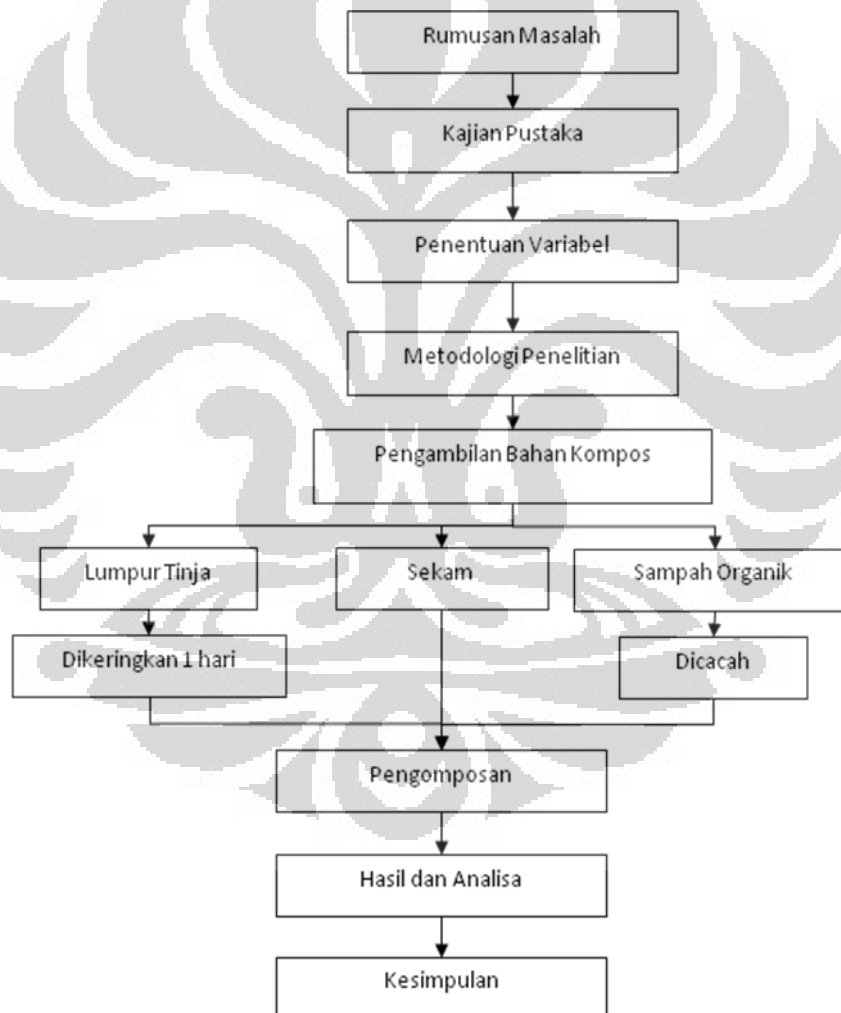
Hipotesa 2 : Frekuensi pengadukan yang berbeda akan memberikan suplai oksigen yang berbeda pula sehingga dapat diketahui frekuensi pengadukan efektif yang menghasilkan kadar air kompos campuran tinja sesuai dengan SNI 19-7030-2004

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Pada penelitian ini, penulis menggunakan pendekatan kuantitatif dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder. Data primer berasal dari pengujian parameter kompos yakni temperatur, karbon, nitrogen, dan kadar air. Sedangkan data sekunder didapatkan dari hasil survey, jurnal, literatur, dan buku.

Adapun kerangka pemikiran kerangka penelitian pada penelitian ini digambarkan dalam *flow chart* sebagai berikut :



Gambar 3.1. Kerangka Penelitian
Sumber : Hasil Olahan (2011)

3.2 Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah frekuensi pengadukan dan komposisi kompos yang digambarkan dalam tabel di bawah ini :

Tabel 3.1. Variabel Bebas Penelitian

Nomor <i>Composter</i>	Komposisi Bahan Kompos	Frekuensi Pengadukan (hari)
1	Lumpur Tinja dan Sampah Pasar	2
2	Lumpur Tinja dan Sampah Pasar	4
3	Lumpur Tinja dan Sekam	2
4	Lumpur Tinja dan Sekam	4

Sumber : Hasil Olahan (2011)

Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah kualitas kompos campuran lumpur tinja yakni temperatur, rasio C/N, kadar air, pH, penyusutan volume, *water holding capacity*, distribusi partikel, dan tekstur.

3.3 Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah pada pengukuran temperatur pada hari pengadukan serta pengukuran parameter kualitas kompos seperti tampak pada tabel 3.2.

3.4 Tahapan Penelitian

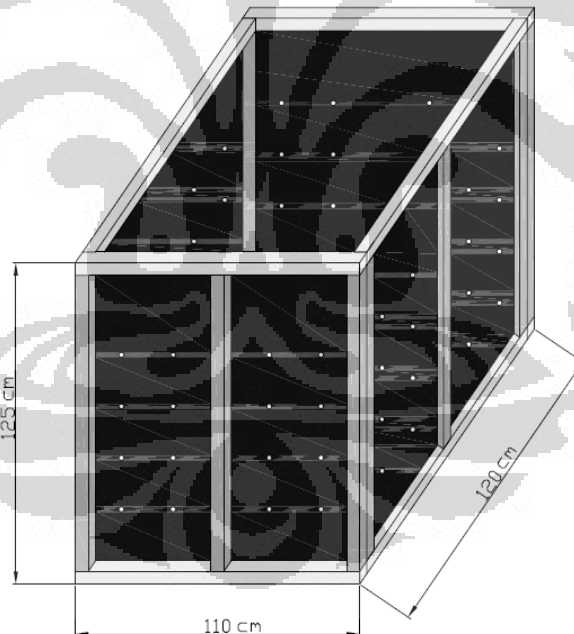
3.4.1 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian ini mencakup pengambilan bahan dari kompos yang terdiri dari lumpur tinja dari Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Kota Depok, sampah organik yang diambil dari Pasar Kemiri Muka, dan sekam yang diambil dari tempat penggilingan padi, Bojong Gede, Bogor. Pengambilan bahan akan dimulai dengan pengambilan lumpur tinja yang akan dikeringkan terlebih dahulu selama satu hari untuk mendapatkan kadar air yang sesuai dengan data perhitungan kandungan kompos. Kemudian disusul dengan pengambilan sampah organik yang akan diambil dari Pasar Kemiri Muka. Sampah organik yang diambil dari Pasar Kemiri Muka ini akan terlebih dahulu dicacah dengan mesin pencacah di Rumah Kompos Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan

Universitas Indonesia untuk mendapatkan ukuran partikel yang lebih kecil dan dilanjutkan dengan pengambilan sekam.

3.4.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian pengomposan dilakukan di Rumah Kompos Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode pengomposan aerobik-*open windrow* dengan wadah berukuran 1 m x 1,2 m x 1,25 m dengan frekuensi pengadukan dan penyiraman diaduk yang telah ditetapkan sebelumnya. Bahan kompos akan diisi 1 m x 1 m x 1 m dan sisa tinggi *composter* merupakan *freeboard* diberi lubang pada bagian sisi samping dan bawah sebesar 1 inci. Pengisian bahan kompos akan dilakukan dengan mencampurkan bahan kompos yang terlebih dahulu ditimbang sesuai dengan perhitungan komposisi lalu dilakukan pengadukan untuk menghomogenkan kandungan kompos campuran lumpur tinja.



Gambar 3.2. *Composter*
Sumber : Hasil Olahan (2011)

3.4.3 Pengukuran Sampel

Pengukuran sampel penelitian ini terdiri dari pengukuran parameter yang tertera pada tabel 3.2.

3.5 Data Penelitian

Data yang akan diteliti dan dianalisis dalam penelitian ini terdiri dari 2 (dua) data, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

Data primer didapat dengan melakukan dua hal yakni :

- Observasi lapangan

Salah satu pendekatan untuk pengumpulan data primer dilakukan dengan cara survey. Observasi lapangan merupakan cara pengumpulan data dengan melakukan survey ke Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Kota Depok. Observasi lapangan ke IPLT Kota Depok bertujuan untuk mengetahui pengolahan lumpur Kota Depok dari awal hingga akhir pengolahan.

- Pengukuran dan Pengujian Kualitas Kompos

Penelitian kompos yang akan dilakukan adalah mencampur kompos dengan campuran lumpur tinja dan sampah organik dengan beberapa perbandingan komposisi dan frekuensi pengadukan yang berbeda-beda. Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan *composter* yang berukuran 1m x 1,2 m x 1,25 m dengan pengujian kadar air, karbon, dan nitrogen pada hari ke-0 (*feed stock*), 15, 30, 45, dan 90 yang ditampilkan pada tabel 3.2 :

Tabel 3.2. Pengujian Kualitas Kompos

No.	Parameter	Waktu Pengukuran (hari)	Metode Pengukuran
1	Suhu	Tahap 1 : setiap hari pada 30 hari pertama Tahap 2 : tiga kali seminggu	Menggunakan termometer
2	Kadar air	0, 15, 30, 45, 47	SNI 03-1971-1990
3	Karbon	0, 15, 30, 47	Metode Spektrofotometri
4	Total Nitrogen	0, 15, 30, 47	JIS K 0102 : 1998 Pemeriksaan Kualitas Total Nitrogen
5	pH	47	Menggunakan pHmeter
6	<i>Water holding capacity</i>	47	ASTM D7367 – 07

Sumber : Hasil Olahan (2011)

Metode pengukuran kualitas kompos adalah sebagai berikut :

1. Pengukuran temperatur

Data pengukuran temperatur dalam penelitian ini ditampilkan dalam satuan derajat celsius (°C) dan pengukuran dilakukan pada tengah *composter* dan permukaan dengan menggunakan termometer digital untuk tanah.

2. Perhitungan kadar air

Kadar air merupakan salah satu parameter pendahuluan yang harus dilakukan sebelum melakukan pengukuran kadar karbon dan nitrogen. Kadar air dinyatakan dalam satuan persen (%). Perhitungan kadar air adalah sebagai berikut :

$$\text{kadar air (\%)} = \frac{B - C}{B - A}$$

(3.1)

dengan

A : berat cawan

B : berat cawan + sampel awal

C: berat cawan + sampel setelah dioven 3 jam

3. Perhitungan Perbandingan C/N

Perhitungan perbandingan C/N didapat dengan melakukan pembagian antara data kadar karbon dan total nitrogen.

- Perhitungan C-organik dengan Metode Spektrofotometri

Berikut adalah persamaan untuk menghitung kadar karbon

$$\%C = \frac{A \times fp}{\text{gram sampel}} \quad (3.2)$$

dengan :

- A = nilai pada pembacaan spektrofotometri
- fp = faktor pengenceran

- Perhitungan Nitrogen Total – JIS K 0102 : 1998 Pemeriksaan Kualitas Total Nitrogen

Nitrogen total terdiri atas nitrogen organik, ammonium N (NH₄-N) dan nitrat. Menurut Agricultural Analytical Services Laboratory The Pennsylvania State University, total nitrogen pada *feedstock* berkisar antara 1 – 5% dan 0,5 – 2,5% pada kompos yang telah matang. Kandungan nitrat pada kompos sangatlah kecil pada kompos yang belum matang dan akan meningkat sedikit pada kompos yang telah matang. Sedangkan kandungan ammonium N (NH₄-N) sangatlah tinggi pada awal pengomposan namun menurun ketika akhir pengomposan. Oleh karena kecilnya kandungan nitrat, maka pengukuran nitrogen total tanpa nitrat telah dapat memberikan estimasi yang baik terhadap kandungan total nitrogen dalam kompos.

Berikut adalah perhitungan N-organik :

$$\%N - \text{organik} = \frac{A \times fp \times 0,7766 \times 100\%}{mg \text{ sampel}} \quad (3.3)$$

dengan :

A : konsentrasi NH_3 yang terbaca pada spektrofotometer

Sedangkan perhitungan N- NH_4 adalah sebagai berikut :

$$\%N - \text{NH}_4 = \frac{B \times fp \times 0,7766 \times 100\%}{mg \text{ sampel}} \quad (3.4)$$

dengan :

B : konsentrasi NH_3 yang terbaca pada spektrofotometer

Sehingga nitrogen total adalah :

$$\%N - \text{total} = \%N - \text{NH}_4 + \%N - \text{organik} \quad (3.5)$$

Rasio C/N didapat dengan pembagian % karbon dengan % total nitrogen sebagai berikut :

$$\frac{C}{N} = \frac{\% \text{ karbon}}{\% \text{ total nitrogen}} \quad (3.6)$$

4. Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan pada sampel kompos yang telah distirring dengan menggunakan pH meter digital.

5. Pengujian *Water Holding Capacity*

Water Holding Capacity atau kemampuan ikat air dinyatakan dalam satuan persen (%) sesuai dengan satuan dalam SNI 19-7030-2004. Berikut perhitungannya :

$$\%WHC = \frac{V_a - V_b}{100} \times 100\% \quad (3.7)$$

Keterangan :

- V_a = Volume air yang ditambahkan (ml)
- V_b = Volume air yang lolos melalui kertas saring (ml)

Prosedur pengukuran lebih lanjut akan dijelaskan lebih lanjut dalam Lampiran A.

6. Penyusutan Volume

Penyusutan volume dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$\% \text{penyusutan} = \frac{\text{Volume awal} - \text{Volume akhir}}{\text{Volume awal}} \times 100\% \quad (3.8)$$

7. Distribusi Partikel

Banyaknya distribusi partikel yang tertahan pada setiap saringan dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

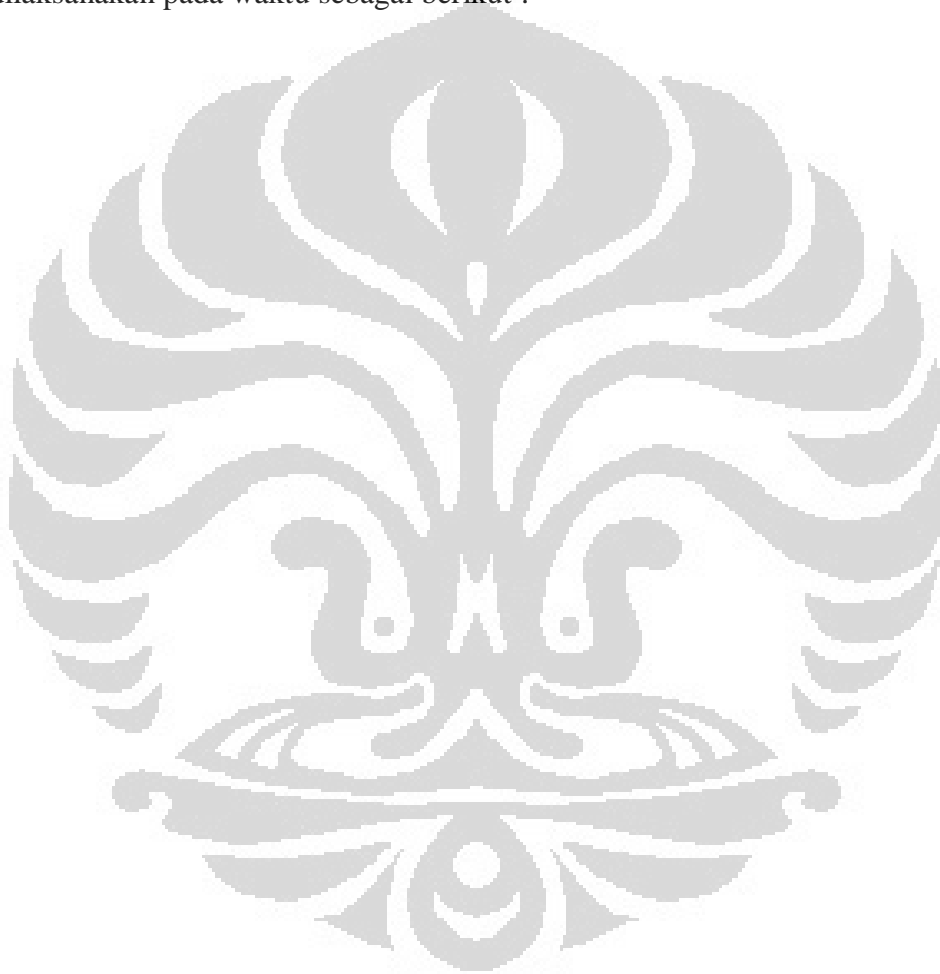
$$\% \text{ partikel tertahan} = \frac{\text{massa partikel pada saringan}}{\text{massa total uji}} \times 100\% \quad (3.9)$$

3.6 Metode Analisis

Metode analisis kualitas kompos didapat dari data primer yakni pengukuran kualitas kompos terhadap parameter temperatur, kadar air, karbon, dan nitrogen, pH, penyusutan volume, distribusi partikel, WHC, dan tekstur dengan membandingkan terhadap standar kualitas kompos sesuai SNI 19-7030-2004.

3.7 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan parameter pengukuran kadar karbon, nitrogen, temperatur, dan kadar air kompos campuran lumpur tinja-sampah organik dan lumpur tinja-sekam. Pengomposan akan dilakukan di Rumah Kompos Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia pada tanggal 26 Januari – 26 Maret 2012. Namun secara keseluruhan, penelitian akan dilaksanakan pada waktu sebagai berikut :



Tabel 3.3. Jadwal Penelitian

KEGIATAN	Waktu																															
	Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Penetapan Judul	■																															
Studi Literatur	■	■	■	■																												
Pemeriksaan C/N dan kadar air lumpur tinja awal				■																												
Sidang Seminar								■																								
Revisi Seminar							■	■																								
Pengambilan bahan kompos											■																					
Pengomposan											■	■	■	■	■	■																
Pengukuran suhu											■	■	■	■	■	■																
Pengukuran kadar air, C/N, volume											■	■	■	■	■	■																
Pengukuran pH, WHC, ukuran partikel											■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Analisa dan penyusunan skripsi																																
Sidang Skripsi																															■	

Sumber : Hasil Olahan (2011)

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil pengukuran dan pengujian parameter selama proses pengomposan dan membahas analisa mengenai perbandingan antara kompos dari *composter* yang satu dengan *composter* yang lain.

4.1 Feedstock Kompos

Feedstock kompos campuran lumpur tinja dalam penelitian ini berasal dari beberapa bahan yakni lumpur tinja, sampah pasar dan sekam padi. Pada tahap persiapan penelitian, bahan campuran kompos dan lumpur tinja telah disiapkan sesuai dengan prosedur penelitian yang tercantum pada bab 3.

4.1.1 Lumpur Tinja

Lumpur tinja merupakan bahan campuran utama dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini, lumpur tinja diambil dari Instalasi Pengolahan Limbah Terpadu Kota Depok. Lumpur tinja tersebut telah mengalami proses pengolahan dan merupakan lumpur tinja yang telah dibuang ke *sludge drying bed* dari IPLT Kota Depok. Pada persiapan penelitian ini, lumpur tinja dikeringkan terlebih dahulu selama satu hari. Kemudian lumpur tinja dicampur dengan bahan campuran lainnya yakni sampah pasar dan sekam padi sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan pada Bab 2. Setelah itu, campuran bahan kompos tersebut dimasukkan ke dalam *composter*.

4.1.2 Sampah Pasar

Bahan campuran pertama adalah sampah pasar yang diambil dari Pasar Kemiri Muka, Kota Depok. Sampah pasar dipilih menjadi salah satu bahan campuran karena mengandung komposisi sampah organik yang tinggi. Persiapan bahan campuran sampah pasar dimulai dengan pengangkutan sampah pasar dari Pasar Kemiri Kota Depok diangkut ke Rumah Kompos Fakultas Ilmu Pengetahuan dan Alam-Universitas Indonesia. Kemudian sampah pasar dicacah dengan menggunakan mesin pencacah untuk mendapatkan ukuran partikel yang

lebih kecil dan dicampur dengan lumpur tinja dengan komposisi sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Setelah itu, sampah pasar dan lumpur tinja dimasukkan ke dalam *composter*.

4.1.3 Sekam Padi

Menurut Rynk,dkk pada tahun 1992, sekam padi merupakan salah satu limbah pertanian dengan kandungan karbon yang tinggi dengan rasio C/N 121. Sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari tempat penggilingan padi, Bojong Gede, Bogor, kemudian dicampur dengan menggunakan lumpur tinja dengan komposisi sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Setelah itu, sekam dan lumpur tinja yang telah tercampur dimasukkan ke dalam *composter*.

4.2 Proses Pengomposan

Proses pengomposan pada penelitian ini dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan persiapan *feedstock* yakni lumpur tinja dari IPLT Kota Depok, sampah pasar dari Pasar Kemiri Muka Kota Depok, dan sekam padi dari tempat penggilingan padi di Bojong Gede, Bogor. Pengomposan dimulai dengan mencampurkan dengan membuat campuran antara *feedstock* lumpur tinja dan sampah pasar dengan perbandingan 38 kg sampah pasar dicampur dengan 10 kg lumpur tinja seperti perhitungan yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya. Setelah *feedstock* dicampur, maka *feedstock* diletakkan di dalam *composter*. Tentunya pencampuran dilakukan secara bertahap dan dilakukan sampai *composter* menggunung melebihi ukuran tinggi *composter* yakni 1 m. Setelah pencampuran *feedstock* lumpur tinja dan sampah pasar selesai, maka selanjutnya dilakukan pencampuran antara lumpur tinja dan sekam dengan perbandingan 2,2 kg sekam dengan 10 kg lumpur tinja. Serupa dengan pencampuran sampah pasar dan lumpur tinja, pencampuran sekam dan lumpur tinja dilakukan secara bertahap sampai tinggi gundukan menggunung melebihi tinggi *composter*. Berikut adalah volume awal pengomposan :

Tabel 4.1. Volume Gundukan dalam *Composter*

Nomor <i>Composter</i>	<i>Feedstock</i>	Frekuensi Pengadukan (hari)	Luas Alas <i>Composter</i> (m ²)	Tinggi Gundukan (m)	Volume (m ³)
1	Lumpur Tinja dan Sampah Pasar	2	1	1,2	1,2
2	Lumpur Tinja dan Sampah Pasar	4	1	1,2	1,2
3	Lumpur Tinja dan Sekam	2	1	1,1	1,1
4	Lumpur Tinja dan Sekam	4	1	1,2	1,2

Sumber : Hasil Pengukuran (2012)

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa volume gundukan dibuat lebih tinggi dari tinggi *composter*. Hal ini dilakukan karena pada awal proses pengomposan, proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat sehingga penyusutan volume dapat terjadi sebelum suhu termofilik tercapai. Padahal menurut Raabe pada tahun 2007, untuk mencegah kehilangan panas dalam pengomposan, volume tumpukan kompos minimum yang disarankan adalah 36" x 36" x 36" (0,9144 m x 0,9144 m x 0,9144 m) sehingga untuk menghindari kehilangan panas dalam mencapai suhu termofilik dan penyusutan volume hingga volume yang disarankan Raabe, gundukan dibuat lebih tinggi. Di sisi lain, pemilihan frekuensi pengadukan 4 hari sekali dirujuk dari penelitian Schloss (1999) yang menyatakan bahwa pengadukan 4 hari sekali lebih maksimum dalam pencapaian suhu dan pengurangan kadar air. Begitu pula pengadukan yang dilakukan 2 hari sekali.



Gambar 4.1. *Composter*
Sumber : Hasil Olahan (2011)

Selanjutnya, proses pengomposan akan dilanjutkan dengan melakukan pengadukan setiap dua hari sekali pada *composter* 1 dan 3, sedangkan *composter* nomor 2 dan 4 diaduk setiap empat hari sekali dengan melakukan sejumlah pengukuran dan pengujian beberapa parameter yang telah ditentukan waktu pengambilan datanya dan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.2. Waktu Pengukuran dan Pengujian Parameter

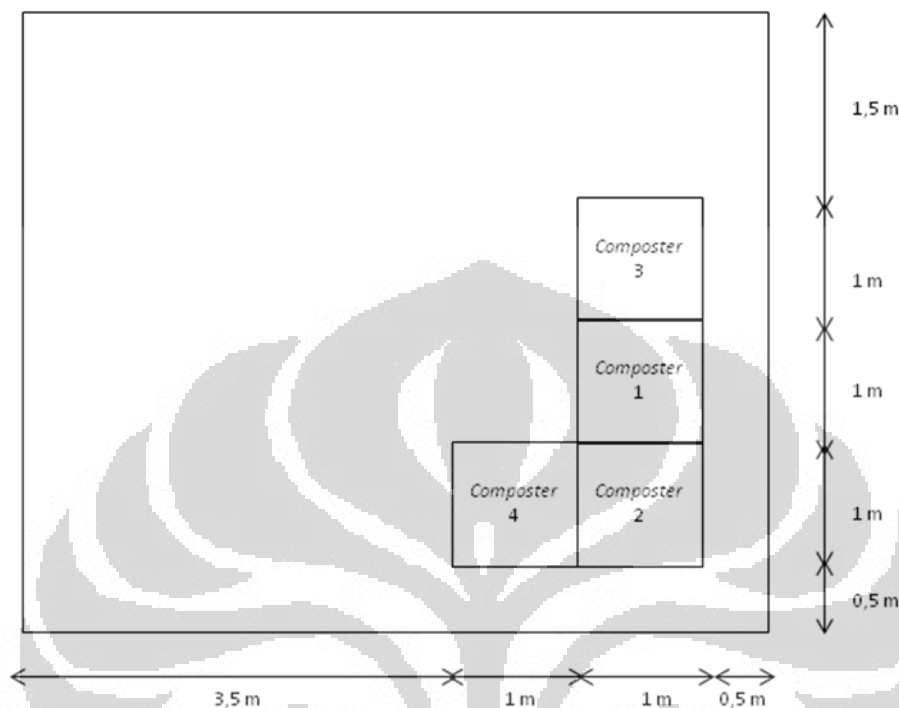
No.	Parameter	Waktu Pengukuran (hari)
1	Suhu	Tahap 1 : setiap hari pada 30 hari pertama Tahap 2 : tiga kali seminggu
2	Kadar air	0, 15, 30, 45, 47
3	C/N	0, 15, 30, 47
4	Volume	0, 15, 30, 45
5	pH	47
6	Distribusi partikel	47
7	<i>Water holding capacity</i>	47

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Pengukuran temperatur dilakukan dengan dua tahap yakni pengukuran temperatur setiap hari pada 30 hari pertama pada tahap pertama dan pengukuran setiap tiga kali dalam seminggu pada tahap kedua. Pengujian kadar air dilakukan pada hari ke-0, 15, 30, 45, dan 47. Pada awalnya, pengujian kadar air hanya dilakukan pada hari ke-45. Namun kadar air yang sangat tinggi pada hari ke-45 akibat keadaan gundukan kompos yang lembab menunjukkan bahwa gundukan kompos memerlukan proses pengeringan. Proses pengeringan ini dilakukan dengan membuat gundukan kompos yang lebih kecil yakni setinggi 10 cm sehingga kandungan air dalam kompos mudah menguap. Proses ini pun dilakukan selama dua hari dan kemudian dilakukan pengujian kadar air pada hari ke-47. Adapun pengujian ratio C/N dilakukan pada hari ke 0, 15, 30, dan 47, sedangkan pengujian pH, *water holding capacity* dan distribusi partikel dilakukan pada hari ke-47. Selain pengujian parameter tersebut, pengukuran penyusutan volume juga dilakukan pada hari ke 15, 30, dan 45.

Proses pengomposan dilakukan di Rumah Kompos Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Indonesia dengan suhu ruangan sekitar 28-

32°C. Berikut *lay out* penempatan *composter* pada lokasi pengomposan seperti tampak pada gambar 4.2 :



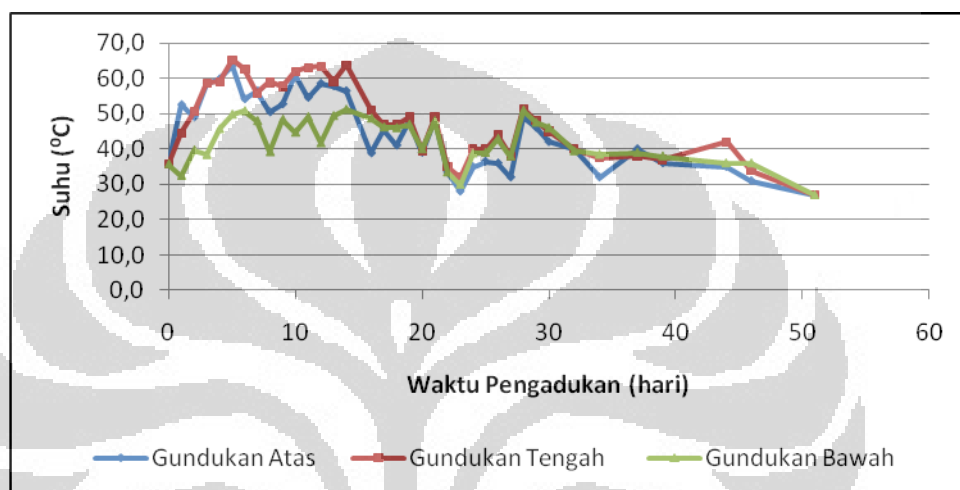
Gambar 4.2. Lay-out Lokasi *Composter*
Sumber : Hasil Olahan (2012)

4.2.1 Proses Pengomposan Lumpur Tinja dan Sampah Pasar dengan Pengadukan 2 Hari (*Composter 1*)

Composter 1 merupakan campuran *feedstock* lumpur tinja dan sampah pasar yang telah dicacah dengan perbandingan 10 kg lumpur tinja dicampur dengan 38 kg sampah pasar. Pengomposan dimulai dengan mencampurkan lumpur tinja dan sampah pasar dan meletakkannya ke dalam *composter* untuk membentuk sebuah gundukan yang lebih tinggi dari tinggi *composter*. Setelah gundukan *feedstock* selesai dibuat, maka dilakukanlah pengukuran suhu hari ke-0 di bagian atas, tengah, dan bawah. Setelah itu dilakukanlah pengambilan sampel dari bagian tengah untuk diuji kadar air dan C/N. *Composter 1* diaduk setiap dua hari sekali dengan pengukuran dan pengujian parameter kompos sesuai dengan tabel 4.2. Berikut adalah beberapa parameter seperti temperatur, kadar air, rasio C/N, pH, volume, *water holding capacity*, distribusi partikel, dan tekstur kompos yang telah diukur dan diuji selama proses pengomposan pada *composter 1* :

4.2.1.1 Temperatur

Pengukuran temperatur pada *composter* 1 dilakukan pada dua tahap yakni pengukuran setiap hari pada 30 hari pertama dan pengukuran setiap tiga kali per minggu setelah hari ke-30. Pengukuran temperatur dilakukan pada bagian atas, tengah, dan bawah gundukan. Pada sepuluh hari pertama, temperatur di setiap bagian gundukan menunjukkan pencapaian suhu termofilik maksimum pada *composter* ini. Hal ini dapat dilihat sesuai dengan gambar 4.3 :



Gambar 4.3. Temperatur *Composter* 1

Sumber :Lampiran B.1

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa masa mesofilik pertama terjadi pada saat hari ke-0. Menurut Insam dan Bertoldi pada tahun 2001, masa mesofilik atau sering juga disebut *starting phase* merupakan masa awal proses pengomposan dimana suhu yang dicapai adalah 25-40°C. Pada suhu tersebut terjadi penguraian material-material yang mudah diuraikan seperti protein dan gula oleh fungi, *actinobacteria*, dan bakteri. Selain itu, cacing tanah, *mites*, *milipedes*, dan *mesofauna* lain juga berperan dalam proses ini. Setelah hari ke-1, temperatur naik dan masuk ke dalam fase termofilik. Fase termofilik adalah fase dengan suhu 35-65°C. Pada fase ini terjadi mikroorganisme mesofilik mati dan sebagian ada yang meninggalkan bagian gundukan dengan suhu yang tinggi dan mencari suhu yang mesofilik. Selain itu, mikroorganisme mesofilik pun ada yang terdegradasi oleh mikroorganisme termofilik. Pada fase ini, dekomposisi organik akan berjalan dengan cepat hingga temperatur mencapai 62°C. Suhu di atas 55°C akan menghambat pertumbuhan fungi termofilik yang hidup pada suhu 35-55°C.

Sedangkan bakteri dan *actinobacteria* akan lebih resisten hingga suhu 65°C. pencapaian suhu yang tinggi ini merupakan fase terpenting sebagai fase penghilangan mikroorganisme patogen dan penon-aktifan biji tanaman yang terkandung dalam sampah seperti pernyataan Haug (1993).

Setelah mencapai suhu termofilik, gundukan kompos mengalami penurunan suhu dimana mikroorganisme mesofilik kembali mengambil peran dalam dekomposisi. Berbeda dengan fase mesofilik pertama, mesofilik kedua akan lebih didominasi dengan bakteri dan fungi yang mendekomposisi selulosa. Selanjutnya setelah hari ke-30, gundukan mengalami fase maturasi. Fase maturasi merupakan fase penurunan suhu hingga suhu yang konstan. Pada fase ini, mikroorganisme yang lebih berperan adalah fungi, sedangkan bakteri akan menurun jumlahnya. Material organik akan menurun kualitasnya dan akan terbentuk material yang sulit untuk didekomposisi seperti *lignin-humus complex*.

Apabila dibandingkan dari pencapaian temperatur terhadap ketiga bagian lokasi pengukuran, maka bagian tengah mencapai suhu yang paling maksimum. Hal ini dikarenakan bagian tengah merupakan bagian yang paling tertutup dan tidak mendapatkan suplai oksigen sehingga temperaturnya meningkat sesuai pernyataan Insam dan Bertoldi pada tahun 2001.

4.2.1.2 Kadar Air

Composter 1 merupakan *composter* dengan campuran *feedstock* bahan-bahan basah atau *wet substrates* sehingga kadar air awalnya sangat tinggi. Kadar air awal pada hari ke-0 adalah 79,25%. Kemudian pengadukan secara rutin dilakukan setiap dua hari sekali. Pengadukan secara rutin dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam gundukan sesuai dengan pernyataan Haug (1993). Pada hari ke-15, kadar air yang dicapai adalah 79,34%. Kadar air tersebut menunjukkan adanya kenaikan. Kenaikan ini dapat terjadi akibat lembabnya suhu dalam gundukan karena suplai udara yang diberikan tidak mampu membuka ruang antara fase dalam gundukan. Udara pun tidak dapat menguapkan air sehingga kadar air tidak berkurang secara signifikan. Pengadukan pun terus dilakukan untuk memberikan suplai udara bagi proses dekomposisi biologis dan mengurangi kadar air. Pada hari ke-30, kadar air yang dicapai menurun hingga

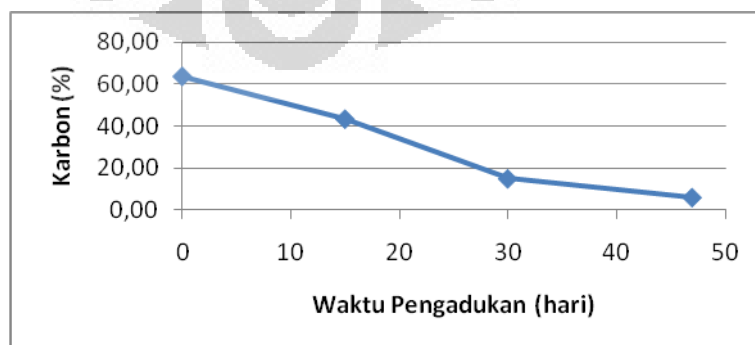
77,62%. Nilai tersebut masih tinggi apabila dibandingkan dengan kadar air optimum dalam fase pengomposan yakni 60% sesuai dengan Haug (1993).

Memasuki fase maturasi, kadar air yang dicapai di hari ke-45 adalah 74,08%. Kadar air tersebut masih jauh lebih tinggi apabila dibandingkan dengan standar kompos SNI 19-7030-2004 yakni di bawah 50%. Padahal secara kualitas material organik, yakni perbandingan C/N, pada saat hari ke-45 telah mengalami penurunan. Untuk mengatasi masalah tingginya kadar air, dilakukanlah pembuatan gundukan yang lebih kecil dengan tinggi gundukan 10 cm sehingga suplai udara akan dapat masuk ke dalam gundukan dan uap air dalam gundukan akan menguap. Akhirnya setelah dua hari, dilakukan pengujian kadar air kembali pada hari ke-47 dan didapatkan nilai kadar air sebesar 31,22%.

4.2.1.3 Rasio C/N

Rasio C/N merupakan parameter terpenting dalam parameter kimia kompos. Parameter ini dipengaruhi oleh proses degradasi biologis dalam kompos terhadap kandungan karbon dan nitrogen sehingga nilainya dipengaruhi oleh keberadaan mikroorganisme. Karbon dan nitrogen merupakan nutrisi terpenting yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam aktifitasnya menguraikan bahan organik.

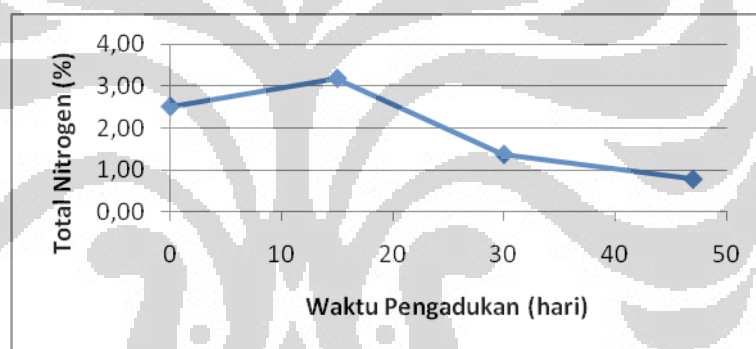
Menurut Insam dan Bertoldi pada tahun 2001, karbon dibutuhkan sebagai sumber energi dalam pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, karbon juga diubah menjadi dinding sel atau membran, protoplasma, dan produk sisa. Apabila dilihat dari kadar karbon selama pengomposan, maka perubahannya dapat dilihat pada gambar 4.4 :



Gambar 4.4. Karbon Selama Proses Pengomposan *Composter 1*
Sumber : Lampiran B.6

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa perubahan kadar karbon menurun seiring bertambahnya hari pengomposan. Pada awal proses pengomposan yakni 30 hari pertama, penurunan karbon lebih cepat akibat proses dari dekomposisi biologis sesuai dengan pernyataan Epstein (1997) bahwa pemakaian karbon di dalam pengomposan digunakan sebagai sumber energi. Namun seiring berkurangnya suhu, maka aktifitas mikroorganisme pun melambat dan dekomposisi karbon pun menurun karena karbon yang tersisa pun sedikit.

Sedangkan nitrogen, menurut Insam dan Bertoldi pada tahun 2001, digunakan dalam sintesa protein. Menurut Anderson (1956), bakteri mengandung 7-11% nitrogen dalam berat kering, sedangkan fungi mengandung 4-6% nitrogen dalam berat kering. Oleh karenanya, kadar nitrogen sangat diperlukan dalam proses pengomposan. Berikut adalah grafik perubahan kadar total nitrogen dalam *composter 1* :



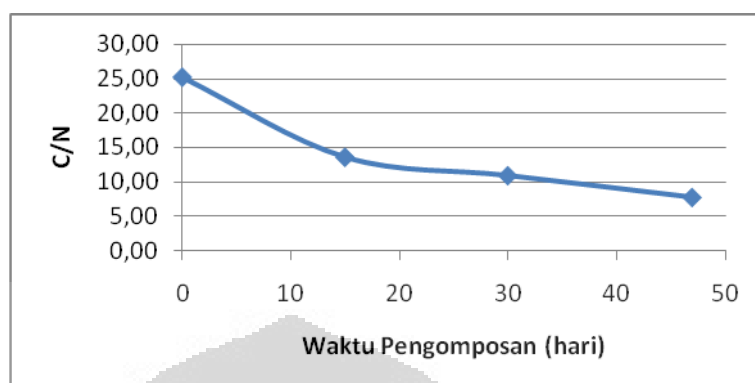
Gambar 4.5. Total Nitrogen Selama Proses Pengomposan *Composter 1*

Sumber : Lampiran B.6

Pada awal pengomposan, total nitrogen *composter 1* mempunyai nilai 2,51%. Memasuki hari ke-15, nilainya meningkat ke titik maksimum yakni 3,18%, kemudian nilai ini turun memasuki hari ke-30 yakni akhir masa mesofilik kedua ke angka 1,37%. Pada kompos final, nilainya kemudian kembali turun pada angka 0,77%. Penurunan nilai total nitrogen setelah hari ke-15 dapat terjadi akibat peningkatan pertumbuhan bakteri fiksasi nitrogen sesuai dengan pernyataan Epstein (1997).

Pencampuran *feedstock* dengan komposisi yang telah ditentukan dibuat untuk mendesain C/N *feedstock* sebesar 25:1 sesuai dengan pernyataan Gotass (1956). Pada *composter 1*, rasio C/N awal pada bagian tengah gundukan adalah 25,24 : 1. Nilai tersebut mempunyai nilai eror yang kecil apabila dibandingkan

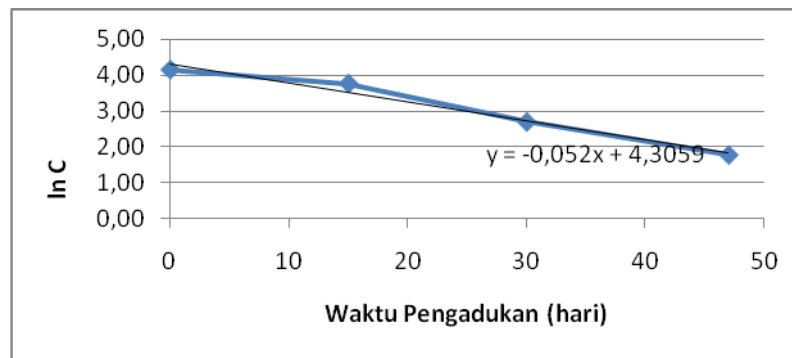
dengan perhitungan sehingga pencampuran *feedstock* dapat dibilang berjalan dengan baik. Berikut perubahan rasio C/N selama proses pengomposan :



Gambar 4.6. Rasio C/N Selama Proses Pengomposan pada *Composter 1*
Sumber : Lampiran B.6

Pada hari ke-15, rasio C/N bagian tengah gundukan adalah 13,55:1 dengan laju penurunan sekitar 46%. Artinya terjadi banyak penurunan material organik akibat proses dekomposisi pada fase termofilik yang menyebabkan kenaikan laju dekomposisi. Selanjutnya pada hari ke-30, rasio C/N kembali menurun yakni ke nilai 10,86:1 dengan laju penurunan sekitar 20%. Apabila dibandingkan dengan laju reaksi sebelumnya, maka laju penurunan pada hari ke-15 hingga hari ke-30 mengalami perlambatan akibat suhu yang dicapai telah kembali ke dalam range mesofilik sehingga laju reaksi akan melambat. Pada fase ini, laju penguraian lebih dikonsentrasikan pada penguraian selulosa oleh bakteri dan fungi mesofilik.

Pada hari ke-47, rasio C/N yang dicapai adalah 7,68:1 dan nilai tersebut telah berada di bawah standar kematangan kompos Indonesia SNI 19-7030-2004. Hari ke-30 sampai 47 merupakan fase maturasi dimana jumlah material organik akan menurun. Hal ini juga dibarengi dengan menurunnya jumlah bakteri dan meningkatnya jumlah fungi serta meninggalkan material lignin-humus yang sulit dapat didegradasi. Selama proses pengomposan, apabila dikembangkan dengan laju reaksi orde 1, maka *composter 1* memiliki laju dekomposisi karbon organik sebesar 0,052/hari seperti ditampakkan pada 4.7 :



Gambar 4.7. Laju Dekomposisi Karbon Organik *Composter 1*
Sumber : Lampiran C.1

Composter 1 memiliki C/N final lebih rendah dibanding standar karena dipengaruhi oleh pengadukan yang terlalu sering yakni dua hari sekali dan mikroorganisme dalam kompos dapat menggunakan suplai oksigen tersebut untuk menguraikan bahan organik secara cepat. Oleh karenanya, pengadukan yang terlalu sering tidak terlalu dianjurkan dalam proses pengomposan karena dapat mempercepat degradasi organik dalam bahan kompos apabila lama pengomposan sesuai dengan penelitian ini. Karena sejatinya, laju dekomposisi karbon organik yang terlalu cepat ini dapat dimanfaatkan dalam waktu mempersingkat hari pengomposan.

4.2.1.4 pH

Derajat keasaman (pH) ideal dalam proses pembuatan kompos secara aerobik berkisar pada pH netral (6 – 7,49), sesuai dengan standar pH dalam SNI 19-7030-2004. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan kompos. pada pengujian pH hari ke-47, *composter 1* mempunyai pH 7,90 dimana nilai tersebut tidak termasuk dalam standar kematangan kompos di atas namun mendekati standar. Dalam hal ini, Tchobanoglous pada tahun 1993 menyatakan bahwa pada kompos matang, pH dapat naik sekitar 7-8, artinya pH *composter 1* memang tidak termasuk dalam standar SNI 19-7030-2004, namun masih dapat dikategorikan hasil kompos yang baik karena pH maksimum yang dapat dicapai di akhir proses adalah 8 menurut Tchobanoglous (1993). Kenaikan pH dapat dipengaruhi dari kenaikan temperatur yang terjadi saat fase termofilik.

4.2.1.5 Volume

Pengomposan sesungguhnya dilakukan dalam salah satu upaya mereduksi timbulan sampah. Volume awal gundukan *composter* 1 adalah 1,2 m³. Hal ini sesuai dengan saran Raabe (2007) yang menyatakan bahwa gundukan kompos minimum yang disarankan adalah 36" x 36" x 36" (0,9144 m x 0,9144 m x 0,9144 m). Saran tersebut untuk menghindari kehilangan panas dalam mencapai fase termofilik. Oleh karenanya pada *composter* 1, gundukan dibuat lebih banyak dari saran yang diusulkan untuk menghindari penyusutan seketika akibat tingginya laju dekomposisi karbon organik.

Pada hari kedua, volume gundukan menyusut sampai ketinggian 1 m. Kemudian untuk menghindari penyusutan volume sebelum pencapaian suhu termofilik, maka penambahan *feedstock* dilakukan sehingga ketinggian kembali seperti dengan semula.

Pada hari ke-15, volume gundukan *composter* 1 adalah 0,6 m³. Hal ini menandakan dalam 15 hari terjadi penyusutan volume sebesar 50%. Oleh karenanya, pengomposan pada *composter* 1 menjadi salah satu cara pengolahan limbah padat yang efektif. Dilanjutkan pada pengukuran volume pada hari ke-30 yakni sebesar 0,55 m³ dan 0,45 m³ pada hari ke-45. Hal ini menunjukkan bahwa setelah hari ke-15, penguraian material organik lebih lambat akibat fase termofilik yang telah berlalu.

4.2.1.6 *Water Holding Capacity*

Kadar air secara langsung berhubungan dengan nilai *water holding capacity*, hal ini sesuai dengan pernyataan dari *Agricultural Analytical Services Laboratory The Pennsylvania State University* pada tahun 2008. Semakin besar kadar air dalam kompos maka kompos semakin jenuh dan semakin sulit kompos untuk menyerap air lagi. Pada hari ke-47, kadar air yang terkandung dalam gundukan telah berkurang hingga 31,22% sehingga *water holding capacity* yang dicapai dapat menjadi semakin maksimum yakni 58,2%. *Water holding capacity* erat hubungannya dengan kadar air karena semakin kecil kadar airnya maka akan semakin besar nilai *water holding capacity*nya.

4.2.1.7 Distribusi Partikel

Pengujian distribusi partikel dilakukan untuk mengetahui sebaran ukuran partikel kompos final. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan pengayakan dengan metode *shieve analysis* dengan saringan yang disusun secara vertikal dengan diameter saringan seperti tertera pada tabel 4.3 dan digetarkan dengan *shaker*. Distribusi partikel *composter 1* dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.3. Distribusi Partikel

Saringan	Diameter (mm)	Persentase Distribusi Partikel Tertahan (%)
1"	25,4	0,0
1/2 "	12,7	9,8
3/8 "	9,525	12,6
4	4,75	22,0
8	2,36	24,8
10	1,89	5,6
18	1,05	12,2
40	0,475	7,5
Pan		5,5

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Sesuai dengan persentase distribusi partikel yang tertahan pada tabel 4.3, maka 94,5% partikel dalam *composter 1* masuk dalam standar kompos SNI 19-7030-2004 yakni 0,55-25 mm. Sejumlah 5,5% tidak masuk ke dalam standar karena lebih kecil dari 0,475 m.

4.2.1.8 Tekstur

Tekstur kompos yang dihasil oleh *composter 1* pada hari ke-47 telah menyerupai tanah dengan beberapa serabut-serabut kelapa yang merupakan material yang sulit didekomposisi seperti tampak pada gambar 4.8 :



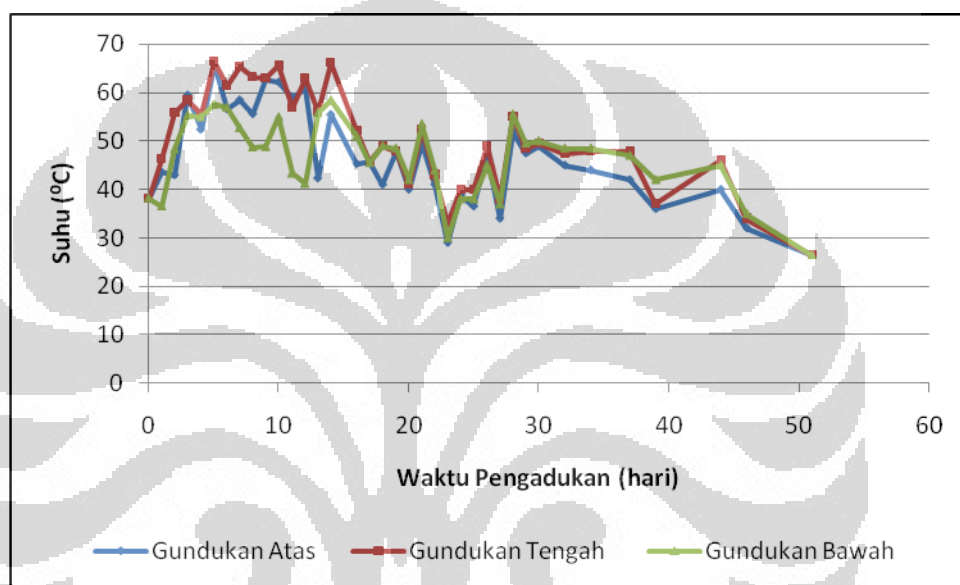
Gambar 4.8. Tekstur Kompos *Composter 1*
Sumber : Hasil Pengukuran (2012)

4.2.2 Proses Pengomposan Lumpur Tinja dan Sampah Pasar dengan Pengadukan 4 Hari (*Composter 2*)

Composter 2 merupakan campuran *feedstock* lumpur tinja dan sampah pasar yang telah dicacah dengan perbandingan 10 kg lumpur tinja dicampur dengan 38 kg sampah pasar. Pengomposan dimulai dengan mencampurkan lumpur tinja dan sampah pasar dan meletakkannya ke dalam *composter* untuk membentuk sebuah gundukan yang lebih tinggi dari tinggi *composter*. Setelah gundukan *feedstock* selesai dibuat, maka dilakukanlah pengukuran suhu hari ke-0 di bagian atas, tengah, dan bawah. Setelah itu dilakukanlah pengambilan sampel dari bagian tengah untuk diuji kadar air dan C/N. *Composter 2* diaduk setiap empat hari sekali dengan pengukuran dan pengujian parameter kompos sesuai dengan tabel 4.2. Berikut adalah beberapa parameter seperti temperatur, kadar air, rasio C/N, pH, volume, *water holding capacity*, distribusi partikel, dan tekstur kompos yang telah diukur dan diuji selama proses pengomposan pada *composter 2* :

4.2.2.1 Temperatur

Pengukuran temperatur pada *composter 2* dilakukan pada dua tahap yakni pengukuran setiap hari pada 30 hari pertama dan pengukuran setiap tiga kali per minggu setelah hari ke-30. Pengukuran temperatur dilakukan pada bagian atas, tengah, dan bawah gundukan. Pada sepuluh hari pertama, temperatur di setiap bagian gundukan menunjukkan pencapaian suhu termofilik maksimum pada *composter* ini. Hal ini dapat dilihat sesuai dengan gambar 4.9 :



Gambar 4.9. Temperatur *Composter 2*
Sumber : Lampiran B.2

Tampak dari gambar 4.9 dapat dilihat bahwa masa mesofilik pertama atau *starting phase* terjadi pada saat hari ke-0. Pada suhu tersebut terjadi penguraian material-material yang mudah diuraikan seperti protein dan gula oleh fungi, *actinobacteria*, dan bakteri. Selain itu, cacing tanah, *mites*, *milipedes*, dan *mesofauna* lain juga berperan dalam proses ini. Setelah hari ke-1, temperatur naik dan masuk ke dalam fase termofilik. Menurut Insam dan Bertoldi (2001), fase termofilik adalah fase dengan suhu 35-65°C. Pada fase ini terjadi mikroorganisme mesofilik mati dan sebagian ada yang meninggalkan bagian gundukan dengan suhu yang tinggi dan mencari suhu yang mesofilik. Pada fase ini, temperatur yang dicapai oleh *composter 2* mencapai angka maksimum yakni 66,4°C. Suhu di atas 55°C akan menghambat pertumbuhan fungi termofilik yang hidup pada suhu 35-

55°C. Sedangkan bakteri dan *actinobacteria* akan lebih resisten hingga suhu 65°C. Fase termofilik merupakan fase terpenting pada proses pengomposan guna mematikan patogen dan menon-aktifkan biji tanaman. Apabila merujuk pada Tchobanoglous (1993), maka baik Bakteri *Salmonella sp.* maupun *Fecal coli* dapat mati pada gundukan *composter 2* karena suhunya melebihi 55°C.

Setelah mencapai suhu termofilik, *composter 2* mengalami penurunan suhu dimana mikroorganisme mesofilik kembali mengambil peran dalam dekomposisi. Berbeda dengan fase mesofilik pertama, mesofilik kedua akan lebih didominasi dengan bakteri dan fungi yang mendekomposisi selulosa. Selanjutnya setelah hari ke-30, gundukan mengalami fase maturasi. Fase maturasi merupakan fase penurunan suhu hingga suhu yang konstan. Pada fase ini, mikroorganisme yang lebih berperan adalah fungi, sedangkan bakteri akan menurun jumlahnya. Material organik akan menurun kualitasnya dan akan terbentuk material yang sulit untuk didekomposisi seperti *lignin-humus complex*.

Apabila dibandingkan dari pencapaian temperatur terhadap ketiga bagian lokasi pengukuran, maka bagian tengah mencapai suhu yang paling maksimum. Hal ini dikarenakan bagian tengah merupakan bagian yang paling tertutup dan tidak mendapatkan suplai oksigen sehingga temperaturnya meningkat sesuai pernyataan Insam dan Bertoldi pada tahun 2001.

4.2.2.2 Kadar Air

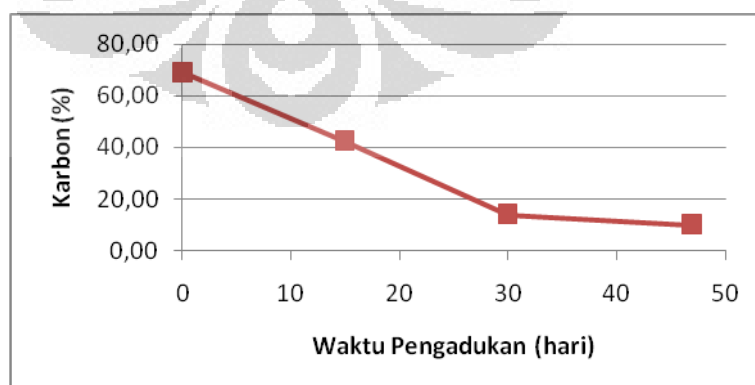
Composter 2 merupakan *composter* dengan campuran *feedstock* bahan-bahan basah atau *wet substrates* sehingga kadar air awalnya sangat tinggi. Kadar air awal pada hari ke-0 adalah 79,50%. Kemudian pengadukan secara rutin dilakukan setiap empat hari sekali. Pengadukan secara rutin dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam gundukan sesuai dengan pernyataan Haug (1993). Pada hari ke-15, kadar air yang dicapai adalah 77,19%. Kadar air tersebut menunjukkan adanya penurunan walaupun tidak secara signifikan. Penurunan yang tidak signifikan ini dapat terjadi akibat lembabnya suhu dalam gundukan karena suplai udara yang diberikan tidak mampu membuka ruang antara fase dalam gundukan. Udara pun tidak dapat menguapkan air sehingga kadar air tidak berkurang secara signifikan.

Pengadukan pun terus dilakukan untuk memberikan suplai udara bagi proses dekomposisi biologis dan mengurangi kadar air. Pada hari ke-30, kadar air yang dicapai menurun hingga 63,15%. Nilai tersebut mendekati nilai kadar air yang disarankan pada proses pengomposan apabila dibandingkan dengan kadar air optimum dalam fase pengomposan yakni 60% sesuai dengan Haug (1993).

Pada hari ke-45, kadar air yang dicapai naik menjadi 71,62%. Hal ini dapat terjadi akibat kelembaban yang meningkat akibat cuaca hujan yang sering terjadi dalam intensitas yang besar. Pada hari ke-45, kadar air belum masuk dalam standar kualitas kompos apabila dibandingkan dengan standar kompos SNI 19-7030-2004 yakni di bawah 50%. Padahal secara kualitas material organik, yakni perbandingan C/N, pada saat hari ke-45 telah mengalami penurunan. Untuk mengatasi masalah tingginya kadar air, dilakukanlah pembuatan gundukan yang lebih kecil dengan tinggi gundukan 10 cm sehingga suplai udara akan dapat masuk ke dalam gundukan dan uap air dalam gundukan akan menguap. Akhirnya setelah dua hari, dilakukan pengujian kadar air kembali pada hari ke-47 dan didapatkan nilai kadar air sebesar 31,13%.

4.2.2.3 Rasio C/N

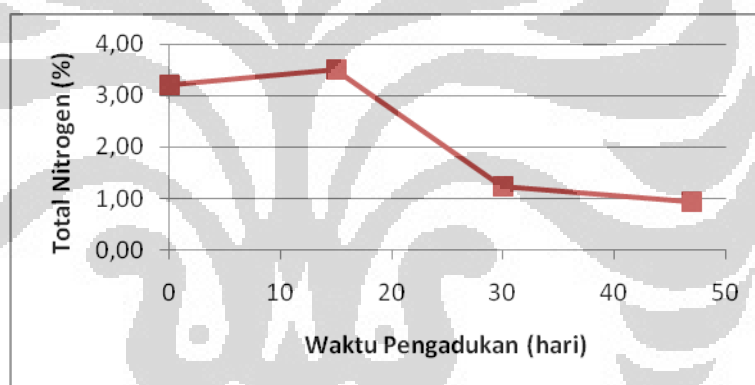
Menurut Insam dan Bertoldi pada tahun 2001, karbon dibutuhkan sebagai sumber energi dalam pertumbuhan mikroorganismenya. Selain itu, karbon juga diubah menjadi dinding sel atau membran, protoplasma, dan produk sisa. Apabila dilihat dari kadar karbon selama pengomposan, maka perubahannya dapat dilihat pada gambar 4.10 :



Gambar 4.10. Karbon Selama Proses Pengomposan *Composter 2*
Sumber : Lampiran B.6

Dari gambar 4.10 dapat dilihat bahwa perubahan kadar karbon menurun seiring bertambahnya hari pengomposan. Pada awal proses pengomposan yakni 30 hari pertama, penurunan karbon lebih cepat akibat proses dari dekomposisi biologis sesuai dengan pernyataan Epstein (1997) bahwa pemakaian karbon di dalam pengomposan digunakan sebagai sumber energi. Namun seiring berkurangnya suhu, maka aktifitas mikroorganismenya pun melambat dan dekomposisi karbon pun menurun karena karbon yang tersisa pun sedikit.

Sedangkan nitrogen, menurut Insam dan Bertoldi pada tahun 2001, digunakan dalam sintesa protein. Menurut Anderson (1956), bakteri mengandung 7-11% nitrogen dalam berat kering, sedangkan fungi mengandung 4-6% nitrogen dalam berat kering. Oleh karenanya, kadar nitrogen sangat diperlukan dalam proses pengomposan. Berikut adalah grafik perubahan kadar total nitrogen dalam *composter 2* :

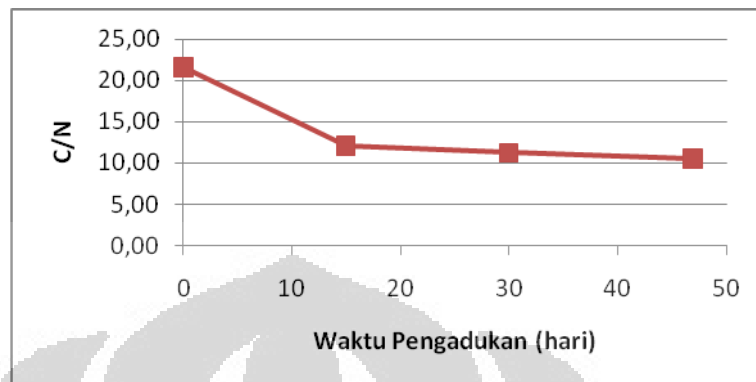


Gambar 4.11. Total Nitrogen Selama Proses Pengomposan *Composter 2*
Sumber : Lampiran B.6

Pada awal pengomposan, total nitrogen *composter 2* mempunyai nilai 3,20%. Memasuki hari ke-15, nilainya meningkat ke titik maksimum yakni 3,50%, kemudian nilai ini turun memasuki hari ke-30 yakni akhir masa mesofilik kedua ke angka 1,24%. Pada kompos final, nilainya kemudian kembali turun pada angka 0,94%. Penurunan nilai total nitrogen setelah hari ke-15 dapat terjadi akibat peningkatan pertumbuhan bakteri fiksasi nitrogen sesuai dengan pernyataan Epstein (1997).

Pencampuran *feedstock* dengan komposisi yang telah ditentukan dibuat untuk mendesain C/N *feedstock* sebesar 25:1 sesuai dengan pernyataan Gotass (1956). Pada *composter 2*, rasio C/N awal pada bagian tengah gundukan adalah

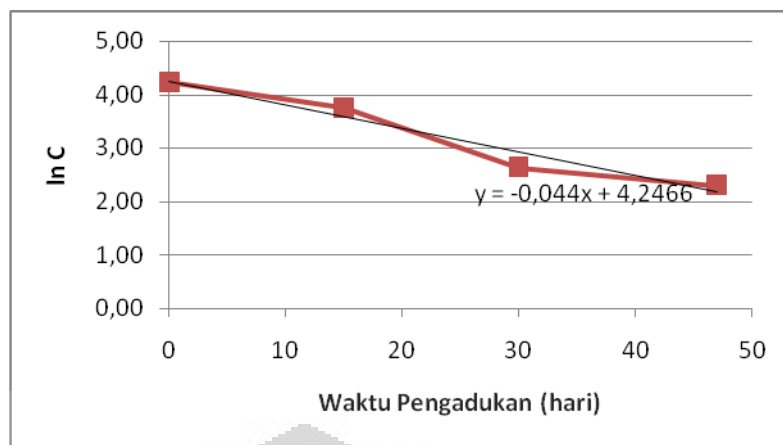
21,58 : 1. Nilai tersebut meleset 13,67% dari perhitungan namun pencampuran *feedstock* dapat dibilang berjalan dengan baik. Berikut perubahan rasio C/N selama proses pengomposan :



Gambar 4.12. Rasio C/N Selama Proses Pengomposan pada *Composter 2*
Sumber : Lampiran B.6

Pada hari ke-15, rasio C/N bagian tengah gundukan adalah 12,10:1 dengan laju penurunan sekitar 44% yang artinya terjadi banyak penurunan material organik akibat proses dekomposisi pada fase termofilik yang menyebabkan kenaikan laju dekomposisi karbon organik. Selanjutnya pada hari ke-30, rasio C/N kembali menurun yakni ke nilai 11,29:1 dengan laju penurunan sekitar 6,7%. Apabila dibandingkan dengan laju reaksi sebelumnya, maka laju penurunan pada hari ke-15 hingga hari ke-30 jauh mengalami perlambatan akibat suhu yang dicapai telah kembali ke dalam range mesofilik sehingga laju reaksi akan melambat. Pada fase ini, laju penguraian lebih dikonsentrasikan pada penguraian selulosa oleh bakteri dan fungi mesofilik sesuai dengan pernyataan Insam dan Bertoldi pada tahun 2001.

Pada hari ke-47, rasio C/N yang dicapai adalah 10,56:1 dan nilai tersebut masuk dalam standar kematangan kompos Indonesia SNI 19-7030-2004. Selama proses pengomposan, apabila dikembangkan dengan laju reaksi orde 1, maka *composter 2* memiliki laju dekomposisi karbon organik sebesar 0,044/hari seperti tampak pada gambar 4.13 :



Gambar 4.13. Laju Dekomposisi Karbon Organik *Composter 2*
Sumber : Lampiran C.1

4.2.2.4 pH

Proses pengomposan menyebabkan perubahan pH *feedstock*. Pada pengujian pH hari ke-47, *composter 2* mempunyai pH 7,72 dimana nilai tersebut tidak termasuk dalam standar kematangan kompos di atas namun mendekati standar SNI 19-7030-2004 yakni 6-7,49. Dalam hal ini, Tchobanoglous pada tahun 1993 menyatakan bahwa pada kompos matang, pH dapat naik sekitar 7-8, artinya pH *composter 2* memang tidak termasuk dalam standar SNI 19-7030-2004, namun masih dapat dikategorikan hasil kompos yang baik karena pH maksimum yang dapat dicapai di akhir proses adalah 8. Kenaikan pH dapat dipengaruhi dari bahan campuran kompos dimana sampah pasar memiliki kandungan nitrogen yang lebih tinggi sehingga memungkinkan terjadinya peningkatan kandungan amonia dalam kompos sehingga meningkatkan nilai derajat keasaman.

4.2.2.5 Volume

Serupa dengan *composter 1*, gundukan pada *composter 2* dibuat dengan ukuran 1 m x 1 m x 1,2 m agar volumenya melebihi saran Raabe (2007) yakni gundukan kompos minimum yang disarankan adalah 36" x 36" x 36" (0,9144 m x 0,9144 m x 0,9144 m). Setelah berjalan dua hari pengomposan, gundukan kompos menyusut sehingga tingginya menjadi 1 m. Oleh karena hal tersebut, gundukan kompos kemudian ditambahkan kembali oleh campuran lumpur tinja dan sampah pasar sampai pada ketinggian 1,2 m seperti semula. Hal ini dilakukan karena pada

hari kedua, penyusutan volume dikhawatirkan akan dapat terus terjadi secara drastis sebelum suhu yang dicapai maksimal.

Pada hari ke-15, volume gundukan *composter 2* adalah $0,6 \text{ m}^3$. Hal ini menandakan dalam 15 hari terjadi penyusutan volume sebesar 50% . Oleh karenanya, pengomposan pada *composter 2* menjadi salah satu cara pengolahan limbah padat yang efektif. Dilanjutkan pada pengukuran volume pada hari ke-30 yakni sebesar $0,54 \text{ m}^3$ dan $0,46 \text{ m}^3$ pada hari ke-45. Hal ini menunjukkan bahwa setelah hari ke-15, penguraian material organik lebih lambat akibat fase termofilik yang telah berlalu.

4.2.2.6 *Water Holding Capacity*

Pada hari ke-47, kadar air yang terkandung dalam gundukan telah berkurang hingga 31,13% sehingga *water holding capacity* yang dicapai dapat menjadi semakin maksimum yakni 68%. *Water holding capacity* erat hubungannya dengan kadar air karena semakin kecil kadar airnya maka akan semakin besar nilai *water holding capacity*nya.

4.2.2.7 Distribusi Partikel

Pengujian distribusi partikel dilakukan untuk mengetahui sebaran ukuran partikel kompos final. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan pengayakan dengan metode *shieve analysis* dengan saringan yang disusun secara vertikal dengan diameter saringan seperti tertera pada tabel 4.4 dan digetarkan dengan *shaker*. Distribusi partikel *composter 2* dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.4. Distribusi Partikel *Composter 2*

Saringan	Diameter (mm)	Persentase Distribusi Partikel Tertahan (%)
1"	25,4	1,6
1/2 "	12,7	29,7
3/8 "	9,525	8,0
4	4,75	20,1
8	2,36	18,6
10	1,89	3,3
18	1,05	8,5
40	0,475	5,3
Pan		4,9

mber : Hasil Olahan (2012)

Sesuai dengan persentase distribusi partikel yang tertahan pada tabel 4.4, maka sebagian besar partikel dalam *composter 2* masuk dalam standar kompos SNI 19-7030-2004 yakni 0,55-25 mm dan hanya 4,9% yang tidak masuk ke dalam standar.

4.2.2.8 Tekstur

Tekstur kompos yang dihasil oleh *composter 2* pada hari ke-47 telah menyerupai tanah berwarna kecoklatan dengan beberapa serabut-serabut kelapa yang merupakan material yang sulit didekomposisi seperti tampak pada gambar 4.14 :



Gambar 4.14. Tekstur Kompos *Composter 2*
Sumber : Hasil Pengukuran (2012)

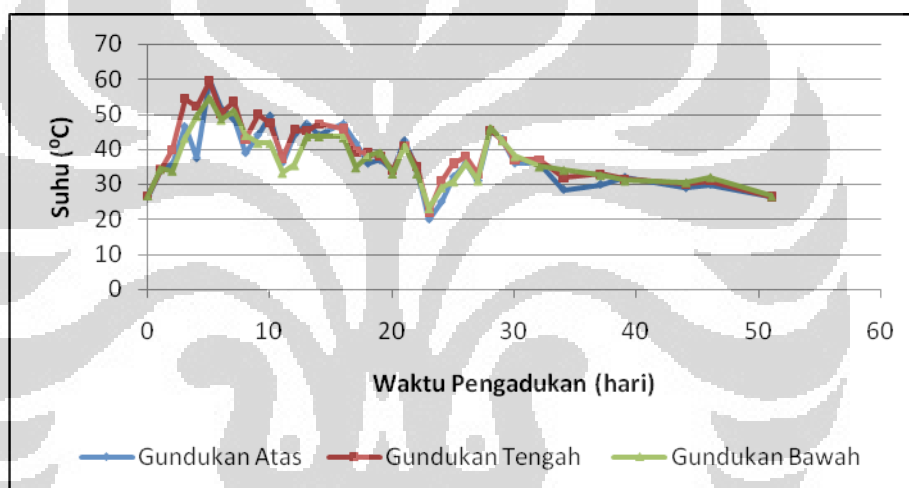
4.2.3 Proses Pengomposan Lumpur Tinja dan Sekam dengan Pengadukan 2 Hari (*Composter 3*)

Composter 3 merupakan campuran *feedstock* lumpur tinja dan sekam dengan perbandingan 10 kg lumpur tinja dicampur dengan 2,2 kg sekam. Pengomposan dimulai dengan mencampurkan lumpur tinja dan sekam dan meletakkannya ke dalam *composter* untuk membentuk sebuah gundukan yang lebih tinggi dari tinggi *composter*. Setelah gundukan *feedstock* selesai dibuat, maka dilakukanlah pengukuran suhu hari ke-0 di bagian atas, tengah, dan bawah. Setelah itu dilakukanlah pengambilan sampel dari bagian tengah untuk diuji kadar air dan C/N. *Composter 3* diaduk setiap dua hari sekali dengan pengukuran dan pengujian parameter kompos sesuai dengan tabel 4.2. Berikut adalah beberapa

parameter seperti temperatur, kadar air, rasio C/N, pH, volume, *water holding capacity*, distribusi partikel, dan tekstur kompos yang telah diukur dan diuji selama proses pengomposan pada *composter 3* :

4.2.3.1 Temperatur

Pengukuran temperatur pada *composter 3* dilakukan pada dua tahap yakni pengukuran setiap hari pada 30 hari pertama dan pengukuran setiap tiga kali per minggu setelah hari ke-30. Pengukuran temperatur dilakukan pada bagian atas, tengah, dan bawah gundukan. Pada sepuluh hari pertama, temperatur di setiap bagian gundukan menunjukkan pencapaian suhu termofilik maksimum pada *composter* ini. Hal ini dapat dilihat sesuai dengan gambar 4.15 :



Gambar 4.15. Temperatur *Composter 3*

Sumber : Lampiran B.3

Tampak dari gambar 4.15 dapat dilihat bahwa masa mesofilik pertama atau *starting phase* terjadi pada saat hari ke-0. Pada suhu tersebut terjadi penguraian material-material yang mudah diuraikan seperti protein dan gula oleh fungi, *actinobacteria*, dan bakteri. Selain itu, cacing tanah, *mites*, *milipedes*, dan *mesofauna* lain juga berperan dalam proses ini. Setelah hari ke-4, temperatur naik dan masuk ke dalam fase termofilik. Menurut Insam dan Bertoldi pada tahun 2001, fase termofilik adalah fase dengan suhu 35-65°C. Pada fase ini, temperatur yang dicapai oleh *composter 3* mencapai angka maksimum yakni 59,6°C. Suhu maksimum yang dicapai tersebut telah dapat mengurangi jumlah patogen seperti *Salmonella sp.* yang mati pada suhu 55°C dalam waktu 1 jam seperti pernyataan Tchobanoglous (1993).

Setelah mencapai suhu termofilik, *composter* 3 mengalami penurunan suhu dimana mikroorganisme mesofilik kembali mengambil peran dalam dekomposisi. Berbeda dengan fase mesofilik pertama, mesofilik kedua akan lebih didominasi dengan bakteri dan fungi yang mendekomposisi selulosa. Selanjutnya setelah hari ke-30, gundukan mengalami fase maturasi. Fase maturasi merupakan fase penurunan suhu hingga suhu yang konstan. Pada fase ini, mikroorganisme yang lebih berperan adalah fungi, sedangkan bakteri akan menurun jumlahnya. Material organik akan menurun kualitasnya.

Apabila dibandingkan dari pencapaian temperatur terhadap ketiga bagian lokasi pengukuran, maka bagian tengah mencapai suhu yang paling maksimum. Hal ini dikarenakan bagian tengah merupakan bagian yang paling tertutup dan tidak mendapatkan suplai oksigen sehingga temperaturnya meningkat sesuai pernyataan Insam dan Bertoldi pada tahun 2001.

4.2.3.2 Kadar Air

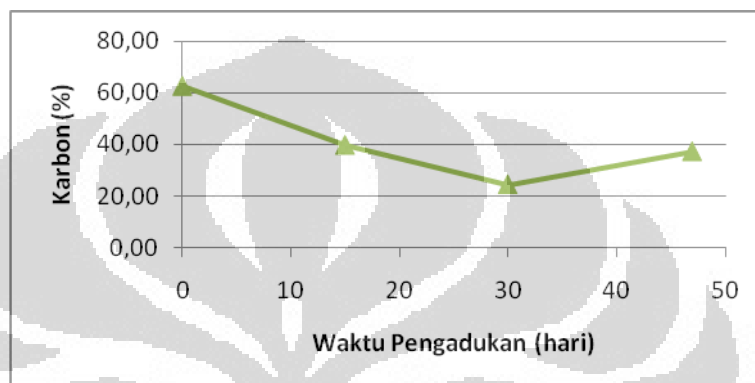
Composter 3 merupakan *composter* dengan campuran *feedstock* bahan-basah atau *wet substrates* yakni lumpur tinja dan sekam yang merupakan bahan kering atau *dry substrates* sehingga kadar air awalnya tidak begitu tinggi yakni 60,96%. Pengadukan secara rutin dilakukan setiap dua hari sekali. Pengadukan secara rutin dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam gundukan sesuai dengan pernyataan Haug (1993). Pada hari ke-15, kadar air yang dicapai adalah 63,84% dan hari ke-30 yakni 76,63%. Kadar air tersebut menunjukkan adanya kenaikan yang dapat disebabkan oleh lembabnya gundukan sehingga mengurangi ruang antar fase dan kadar air tidak dapat teruapkan.

Pada hari ke-45, kadar air yang dicapai naik menjadi 62,15%. Hal ini dapat terjadi akibat suplai udara yang diberikan selama pengadukan dapat digunakan dengan baik dalam menguapkan kadar air dalam gundukan. Namun demikian, kadar air pada hari ke-45 belum dapat dikategorikan sebagai kadar air kompos matang apabila merujuk SNI 19-7030-2004 yakni di bawah 50%. Padahal secara kualitas material organik, yakni perbandingan C/N, pada saat hari ke-45 telah mengalami penurunan. Untuk mengatasi masalah tingginya kadar air, dilakukanlah pembuatan gundukan yang lebih kecil dengan tinggi gundukan 10

cm sehingga suplai udara akan dapat masuk ke dalam gundukan dan uap air dalam gundukan akan menguap. Akhirnya setelah dua hari, dilakukan pengujian kadar air kembali pada hari ke-47 dan didapatkan nilai kadar air sebesar 35,62%.

4.2.3.3 Rasio C/N

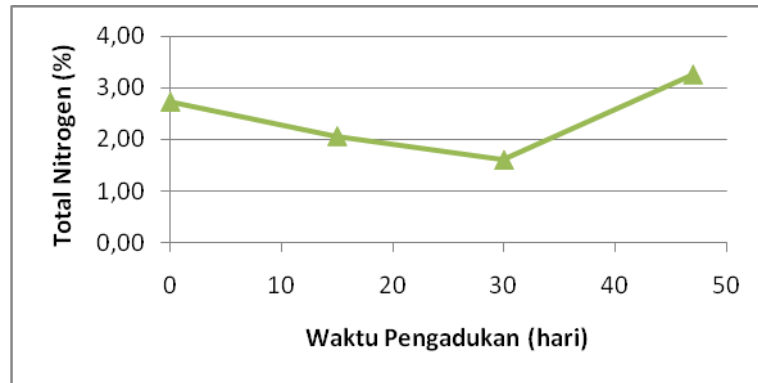
Apabila dilihat dari kadar karbon selama pengomposan, maka perubahannya dapat dilihat pada gambar 4.16 :



Gambar 4.16. Karbon Selama Proses Pengomposan *Composter 3*
Sumber : Lampiran B.6

Dari gambar 4.16 dapat dilihat bahwa perubahan kadar karbon menurun seiring bertambahnya hari pengomposan sampai hari ke-30. Pada awal proses pengomposan yakni 30 hari pertama, penurunan karbon lebih cepat akibat proses dari dekomposisi biologis sesuai dengan pernyataan Epstein (1997) bahwa pemakaian karbon di dalam pengomposan digunakan sebagai sumber energi. Pada akhir masa pengomposan tampak bahwa nilai karbon meningkat, hal ini dapat disebabkan ketidakmerataan pengadukan dan distribusi penurunan karbon pada gundukan.

Sedangkan menurut Insam dan Bertoldi pada tahun 2001, nitrogen digunakan dalam sintesa protein. Oleh karenanya, kadar nitrogen sangat diperlukan dalam proses pengomposan. Berikut adalah grafik perubahan kadar total nitrogen dalam *composter 3* :

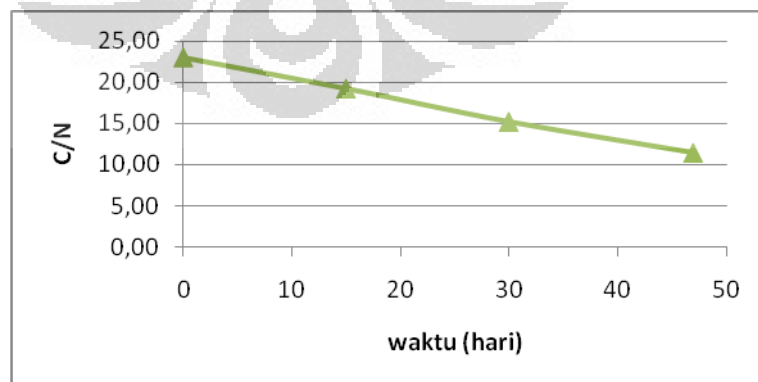


Gambar 4.17. Total Nitrogen Selama Proses Pengomposan *Composter 3*

Sumber : Lampiran B.6

Pada awal pengomposan, total nitrogen *composter 3* mempunyai nilai 2,72%. Memasuki hari ke-15, nilainya menurun ke angka 2,06% dan makin menurun menjadi 1,6% pada hari ke-30. Hal ini dapat terjadi akibat karena pada awal pengomposan banyak nitrogen yang digunakan untuk sintesa protein sebagai bentuk aktifitas mikroorganisme dalam menguraikan material organik sesuai dengan pernyataan Bishop dan Godfrey (1983). Pada kompos final, nilainya meningkat pada angka 3,25%. Peningkatan nilai total nitrogen setelah hari ke-30 dapat terjadi akibat peningkatan produksi amonia.

Pencampuran *feedstock* dengan komposisi yang telah ditentukan dibuat untuk mendesain C/N *feedstock* sebesar 25:1 sesuai dengan pernyataan Gotass (1956). Pada *composter 3*, rasio C/N awal pada bagian tengah gundukan adalah 23,04:1. Nilai tersebut meleset 7,89% dari perhitungan namun pencampuran *feedstock* dapat dibidang berjalan dengan baik. Berikut perubahan rasio C/N selama proses pengomposan :

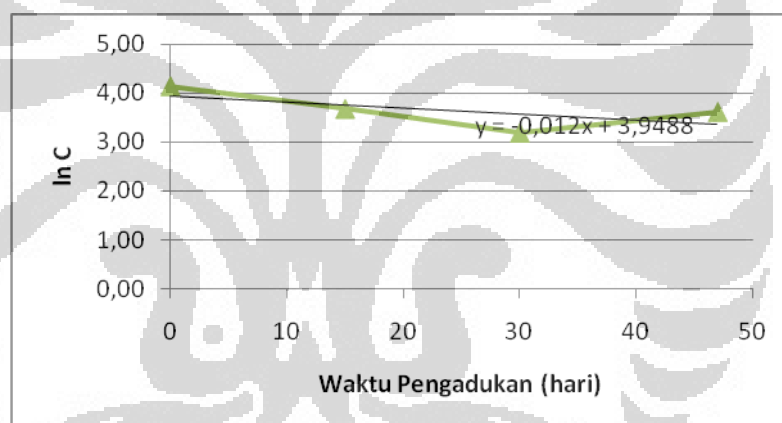


Gambar 4.18. Rasio C/N Selama Proses Pengomposan pada *Composter 3*

Sumber : Lampiran B.6

Pada hari ke-15, rasio C/N bagian tengah gundukan adalah 19,26:1 dengan laju penurunan sekitar 16,4% yang artinya terjadi banyak penurunan material organik akibat proses dekomposisi pada fase termofilik yang menyebabkan kenaikan laju dekomposisi karbon organik. Selanjutnya pada hari ke-30, rasio C/N kembali menurun yakni ke nilai 15,23:1 dengan laju penurunan sekitar 21%. Pada fase ini, laju penguraian pada *composter* 3 berjalan relatif lebih lama dibandingkan *composter* sebelumnya. Hal ini dapat terjadi akibat kandungan lignin yang tinggi pada sekam sehingga proses dekomposisi berjalan lebih lama.

Pada hari ke-47, rasio C/N yang dicapai adalah 11,46:1 dan nilai tersebut masuk dalam standar kematangan kompos Indonesia SNI 19-7030-2004. Selama proses pengomposan, apabila dikembangkan dengan laju reaksi orde 1, maka *composter* 3 memiliki laju dekomposisi karbon organik sebesar 0,012/hari seperti tampak pada gambar 4.19 :



Gambar 4.19. Laju Dekomposisi Karbon Organik *Composter* 3
Sumber : Lampiran C.1

4.2.3.4 pH

Proses pengomposan menyebabkan perubahan pH *feedstock*. Pada pengujian pH hari ke-47, *composter* 3 mempunyai pH 5,15 dimana nilai tersebut tidak termasuk dalam standar kematangan kompos standar SNI 19-7030-2004. Hal ini serupa dengan penelitian Epstein pada tahun 1997 yang mengungkapkan bahwa pengomposan dengan *feedstock* bahan dengan kandungan lignin yang tinggi dan lumpur biologis menghasilkan pH yang rendah yakni sekitar 5,1-5,5. Hal ini dapat disebabkan akibat kandungan nitrogen yang rendah dalam sekam

sehingga amonia yang berperan sebagai peningkat pH menjadi lemah. pH pun cenderung rendah dan asam.

4.2.3.5 Volume

Composter 3 mempunyai gundukan dengan ukuran 1 m x 1 m x 1,1 m. Pada hari ke-15, volume gundukan *composter* 3 adalah 1 m³. Hal ini menandakan dalam 15 hari terjadi penyusutan volume sebesar 9,1% . Oleh karenanya, pengomposan pada *composter* 3 tidak begitu efektif apabila dijadikan sebagai satu cara pengolahan limbah padat. Dilanjutkan pada pengukuran volume pada hari ke-30 yakni sebesar 0,98 m³ dan 0,95 m³ pada hari ke-45. Hal ini menunjukkan bahwa setelah hari ke-15, penguraian material organik lebih lambat akibat fase termofilik yang telah berlalu.

4.2.3.6 *Water Holding Capacity*

Pada hari ke-47, kadar air yang terkandung dalam gundukan telah berkurang hingga 35,62% sehingga *water holding capacity* yang dicapai dapat menjadi semakin maksimum yakni 61%. *Water holding capacity* erat hubungannya dengan kadar air karena semakin kecil kadar airnya maka akan semakin besar nilai *water holding capacity*nya. Hal ini dibuktikan dengan hasil kompos di atas karena pada kadar air kompos final yang rendah, semakin tinggi daya ikat airnya.

4.2.3.7 Distribusi Partikel

Pengujian distribusi partikel dilakukan untuk mengetahui sebaran ukuran partikel kompos final. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan pengayakan dengan metode *shieve analysis* dengan saringan yang disusun secara vertikal dengan diameter saringan seperti tertera pada tabel 4.5 dan digetarkan dengan *shaker*. Distribusi partikel *composter* 3 dapat dilihat pada tabel 4.5 :

Tabel 4.5. Distribusi Partikel *Composter 3*

Saringan	Diameter (mm)	Persentase Distribusi Partikel Tertahan (%)
1"	25,4	0,0
1/2 "	12,7	0,0
3/8 "	9,525	0,0
4	4,75	0,9
8	2,36	62,7
10	1,89	11,9
18	1,05	14,1
40	0,475	6,3
Pan		4,1

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Sesuai dengan persentase distribusi partikel yang tertahan pada tabel 4.5, maka 95,9% partikel dalam *composter 3* masuk dalam standar kompos SNI 19-7030-2004 yakni 0,55-25 mm. Selebihnya, sejumlah 4,1% tidak lolos standar karena ukurannya lebih kecil dari 0,55 mm.

4.2.3.8 Tekstur

Tekstur kompos yang dihasil oleh *composter 3* pada hari ke-47 tidak memiliki banyak perubahan yakni masih tampak seperti sekam seperti tampak pada gambar 4.20 :



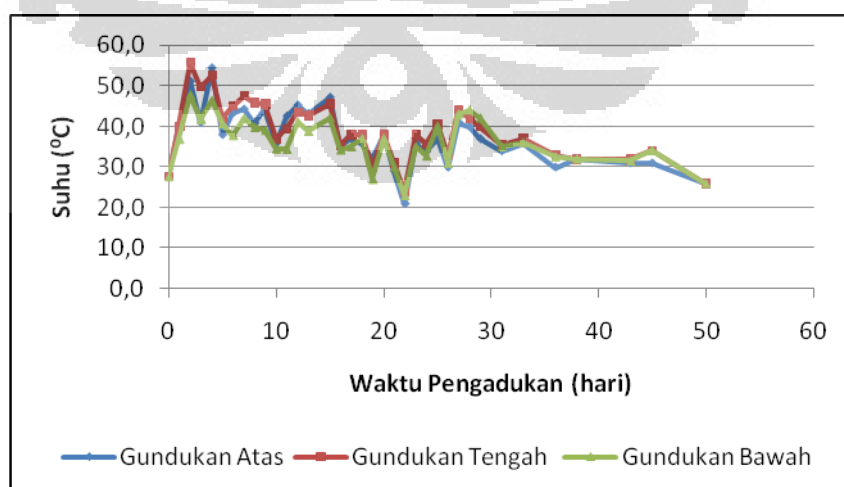
Gambar 4.20. Tekstur Kompos *Composter 3*
Sumber : Hasil Pengukuran (2012)

4.2.4 Proses Pengomposan Lumpur Tinja dan Sekam dengan Pengadukan 4 Hari (Composter 4)

Composter 4 merupakan campuran *feedstock* lumpur tinja dan sekam dengan perbandingan 10 kg lumpur tinja dicampur dengan 2,2 kg sekam. Pengomposan dimulai dengan mencampurkan lumpur tinja dan sekam dan meletakkannya ke dalam *composter* untuk membentuk sebuah gundukan yang lebih tinggi dari tinggi *composter*. Setelah gundukan *feedstock* selesai dibuat, maka dilakukanlah pengukuran suhu hari ke-0 di bagian atas, tengah, dan bawah. Setelah itu dilakukanlah pengambilan sampel dari bagian tengah untuk diuji kadar air dan C/N. *Composter 4* diaduk setiap empat hari sekali dengan pengukuran dan pengujian parameter kompos sesuai dengan tabel 4.2. Berikut adalah beberapa parameter seperti temperatur, kadar air, rasio C/N, pH, volume, *water holding capacity*, distribusi partikel, dan tekstur kompos yang telah diukur dan diuji selama proses pengomposan pada *composter 4* :

4.2.4.1 Temperatur

Pengukuran temperatur pada *composter 4* dilakukan pada dua tahap yakni pengukuran setiap hari pada 30 hari pertama dan pengukuran setiap tiga kali per minggu setelah hari ke-30. Pengukuran temperatur dilakukan pada bagian atas, tengah, dan bawah gundukan. Pada sepuluh hari pertama, temperatur di setiap bagian gundukan menunjukkan pencapaian suhu termofilik maksimum pada *composter* ini. Hal ini dapat dilihat sesuai dengan gambar 4.21:



Gambar 4.21. Temperatur *Composter 4*
Sumber : Lampiran B.4

Tampak dari gambar 4.21 dapat dilihat bahwa masa mesofilik pertama atau *starting phase* terjadi pada saat hari ke-0. Pada suhu tersebut terjadi penguraian material-material yang mudah diuraikan seperti protein dan gula oleh fungi, *actinobacteria*, dan bakteri. Selain itu, cacing tanah, *mites*, *milipedes*, dan *mesofauna* lain juga berperan dalam proses ini. Setelah hari ke-2, temperatur naik dan masuk ke dalam fase termofilik. Menurut Insam dan Bertoldi pada tahun 2001, fase termofilik adalah fase dengan suhu 35-65°C. Pada fase ini terjadi mikroorganisme mesofilik mati dan sebagian ada yang meninggalkan bagian gundukan dengan suhu yang tinggi dan mencari suhu yang mesofilik. Pada fase ini, temperatur yang dicapai oleh *composter 4* mencapai angka maksimum yakni 55,7°C. Suhu maksimum yang dicapai tersebut telah dapat mengurangi jumlah patogen seperti *Salmonella sp.* yang mati pada suhu 55°C dalam waktu 1 jam seperti pernyataan Tchobanoglous (1993).

Setelah mencapai suhu termofilik, *composter 4* mengalami penurunan suhu dimana mikroorganisme mesofilik kembali mengambil peran dalam dekomposisi. Berbeda dengan fase mesofilik pertama, mesofilik kedua akan lebih didominasi dengan bakteri dan fungi yang mendekomposisi selulosa. Selanjutnya setelah hari ke-30, gundukan mengalami fase maturasi. Fase maturasi merupakan fase penurunan suhu hingga suhu yang konstan. Pada fase ini, mikroorganisme yang lebih berperan adalah fungi, sedangkan bakteri akan menurun jumlahnya.

Apabila dibandingkan dari pencapaian temperatur terhadap ketiga bagian lokasi pengukuran, maka bagian tengah mencapai suhu yang paling maksimum. Hal ini dikarenakan bagian tengah merupakan bagian yang paling tertutup dan tidak mendapatkan suplai oksigen sehingga temperaturnya meningkat sesuai pernyataan Insam dan Bertoldi pada tahun 2001.

4.2.4.2 Kadar Air

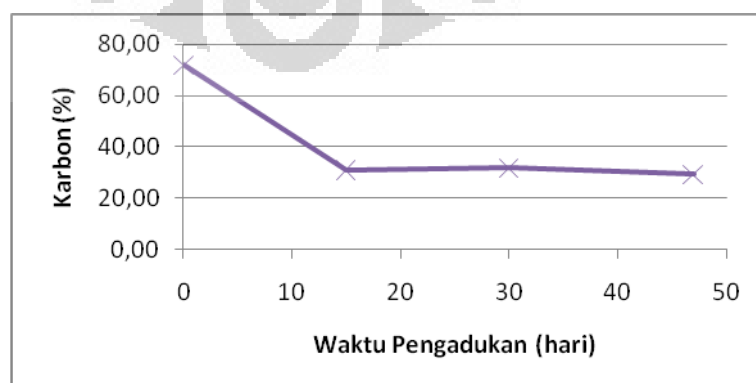
Composter 4 merupakan *composter* dengan campuran *feedstock* bahan-basah atau *wet substrates* yakni lumpur tinja dan sekam yang merupakan bahan kering atau *dry substrates* sehingga kadar air awalnya tidak begitu tinggi yakni 59,11%. Kadar air tersebut termasuk kadar air yang disarankan sesuai dengan

pernyataan Haug (1993). Pengadukan secara rutin dilakukan setiap empat hari sekali. Pengadukan secara rutin dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam gundukan sesuai dengan pernyataan Haug (1993). Pada hari ke-15, kadar air yang dicapai adalah 54,87% dan hari ke-30 yakni 52,15%. Kadar air tersebut menunjukkan adanya penurunan yang dapat disebabkan oleh udara dari pengadukan yang dapat menguapkan kadar air.

Pada hari ke-45, kadar air yang dicapai naik menjadi 54,32%. Hal ini dapat terjadi akibat suplai udara yang diberikan selama pengadukan dapat digunakan dengan baik dalam menguapkan kadar air dalam gundukan. Namun demikian, kadar air pada hari ke-45 belum dapat dikategorikan sebagai kadar air kompos apabila merujuk SNI 19-7030-2004 yakni di bawah 50%. Padahal secara kualitas material organik, yakni perbandingan C/N, pada saat hari ke-45 telah mengalami penurunan. Untuk mengatasi masalah tingginya kadar air, dilakukanlah pembuatan gundukan yang lebih kecil dengan tinggi gundukan 10 cm sehingga suplai udara akan dapat masuk ke dalam gundukan dan uap air dalam gundukan akan menguap. Akhirnya setelah dua hari, dilakukan pengujian kadar air kembali pada hari ke-47 dan didapatkan nilai kadar air sebesar 33,25%.

4.2.4.3 Rasio C/N

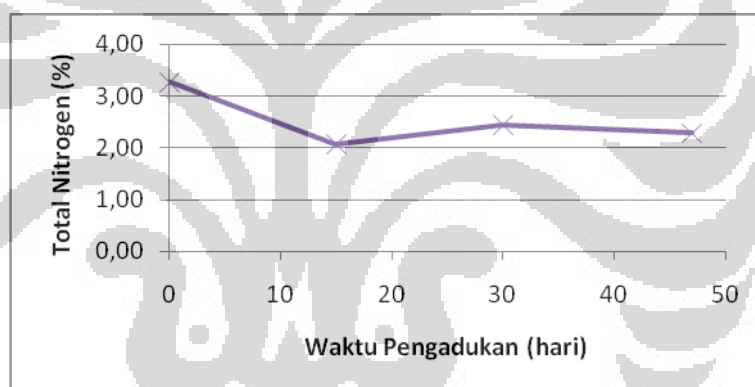
Menurut Insam dan Bertoldi pada tahun 2001, karbon dibutuhkan sebagai sumber energi dalam pertumbuhan mikroorganisme. Selain itu, karbon juga diubah menjadi dinding sel atau membran, protoplasma, dan produk sisa. Apabila dilihat dari kadar karbon selama pengomposan, maka perubahannya dapat dilihat pada gambar 4.22 :



Gambar 4.22. Karbon Selama Proses Pengomposan *Composter* 4
Sumber : Lampiran B.6

Dari gambar 4.22 dapat dilihat bahwa perubahan kadar karbon menurun seiring bertambahnya hari pengomposan sampai hari ke-30. Pada awal proses pengomposan yakni 15 hari pertama, penurunan karbon lebih cepat akibat proses dekomposisi biologis sesuai dengan pernyataan Epstein (1997) bahwa pemakaian karbon di dalam pengomposan digunakan sebagai sumber energi. Setelah hari ke-15, nilai karbon berkurang sedikit demi sedikit dan naik sedikit pada hari ke-30 hingga 47.

Sedangkan nitrogen, menurut Insam dan Bertoldi pada tahun 2001, digunakan dalam sintesa protein. Menurut Anderson (1956), bakteri mengandung 7-11% nitrogen dalam berat kering, sedangkan fungi mengandung 4-6% nitrogen dalam berat kering. Oleh karenanya, kadar nitrogen sangat diperlukan dalam proses pengomposan. Berikut adalah grafik perubahan kadar total nitrogen dalam *composter 4* :

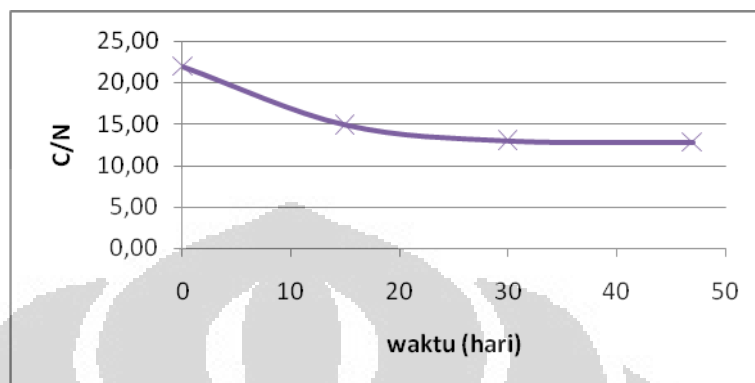


Gambar 4.23. Total Nitrogen Selama Proses Pengomposan *Composter 4*
Sumber : Lampiran B.6

Pada awal pengomposan, total nitrogen *composter 4* mempunyai nilai 3,27%. Memasuki hari ke-15, nilainya menurun ke angka 2,07% dan meningkat menjadi 2,44% pada hari ke-30. Hal ini dapat terjadi akibat karena pada awal pengomposan banyak nitrogen yang digunakan untuk sintesa protein sebagai bentuk aktifitas mikroorganisme dalam menguraikan material organik sesuai dengan pernyataan Bishop dan Godfrey (1983). Peningkatan nilai total nitrogen setelah hari ke-30 dapat terjadi akibat peningkatan produksi amonia. Pada kompos final, nilainya menurun pada angka 2,28%.

Pencampuran *feedstock* dengan komposisi yang telah ditentukan dibuat untuk mendesain C/N *feedstock* sebesar 25:1 sesuai dengan pernyataan Gotass

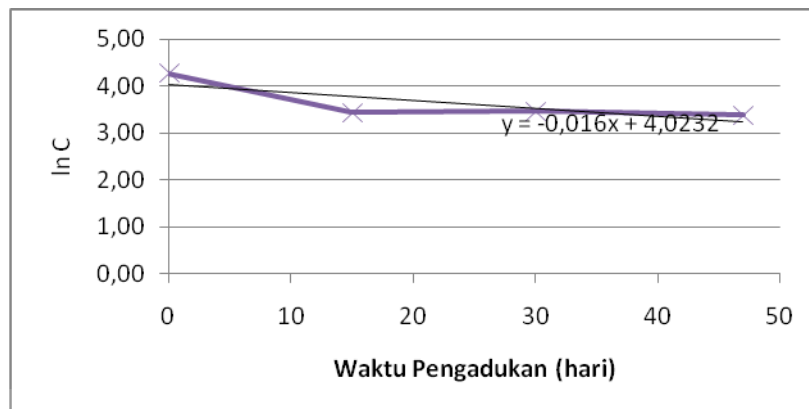
(1956). Pada *composter* 4, rasio C/N awal pada bagian tengah gundukan adalah 21,97:1. Nilai tersebut meleset 12% dari perhitungan namun pencampuran *feedstock* dapat dibilang berjalan dengan baik. Berikut perubahan rasio C/N selama proses pengomposan :



Gambar 4.24. Rasio C/N Selama Proses Pengomposan pada *Composter* 4
Sumber : Lampiran B.6

Pada hari ke-15, rasio C/N bagian tengah gundukan adalah 14,94:1 dengan laju penurunan sekitar 32% yang artinya terjadi banyak penurunan material organik akibat proses dekomposisi pada fase termofilik yang menyebabkan kenaikan laju dekomposisi karbon organik. Selanjutnya pada hari ke-30, rasio C/N kembali menurun yakni ke nilai 13,01:1 dengan laju penurunan sekitar 13%. Pada fase ini, laju penguraian pada *composter* 4 berjalan relatif lebih lama dibandingkan hari sebelumnya. Hal ini dapat terjadi akibat kandungan lignin yang tinggi pada sekam sehingga proses dekomposisi berjalan lebih lama.

Pada hari ke-47, rasio C/N yang dicapai adalah 12,84:1 dan nilai tersebut masuk dalam standar kematangan kompos Indonesia SNI 19-7030-2004. Selama proses pengomposan, apabila dikembangkan dengan laju reaksi orde 1, maka *composter* 4 memiliki laju dekomposisi karbon organik sebesar -0,016/hari.



Gambar 4.25. Laju Dekomposisi Karbon Organik *Composter 4*
Sumber : Lampiran C.1

4.2.4.4 pH

Proses pengomposan menyebabkan perubahan pH *feedstock*. Pada pengujian pH hari ke-47, *composter 4* mempunyai pH 5,05 dimana nilai tersebut tidak termasuk dalam standar kualitas kompos standar SNI 19-7030-2004. Hal ini serupa dengan penelitian Epstein pada tahun 1997 yang mengungkapkan bahwa pengomposan dengan *feedstock* bahan dengan kandungan lignin yang tinggi dan lumpur biologis menghasilkan pH yang rendah yakni sekitar 5,1-5,5. Hal ini dapat disebabkan akibat kandungan nitrogen yang rendah dalam sekam sehingga amonia yang berperan sebagai peningkat pH menjadi lemah. pH pun cenderung rendah dan asam.

4.2.4.5 Volume

Pengomposan sesungguhnya dilakukan dalam salah satu upaya mereduksi timbulan sampah. Volume awal gundukan *composter 4* adalah 1,2 m³. Hal ini sesuai dengan saran Raabe (2007) yang menyatakan bahwa gundukan kompos minimum yang disarankan adalah 36" x 36" x 36" (0,9144 m x 0,9144 m x 0,9144 m). Saran tersebut untuk menghindari kehilangan panas dalam mencapai fase termofilik. Oleh karenanya pada *composter 4*, gundukan dibuat lebih banyak dari saran yang diusulkan untuk menghindari penyusutan seketika akibat tingginya laju dekomposisi karbon organik.

Pada hari ke-15, volume gundukan *composter 4* adalah 1 m³. Hal ini menandakan dalam 15 hari terjadi penyusutan volume sebesar 9,1% . Oleh

karenanya, pengomposan pada *composter* 4 tidak begitu efektif apabila dijadikan sebagai satu cara pengolahan limbah padat. Dilanjutkan pada pengukuran volume pada hari ke-30 yakni sebesar 0,98 m³ dan 0,95 m³ pada hari ke-45. Hal ini menunjukkan bahwa setelah hari ke-15, penguraian material organik lebih lambat akibat fase termofilik yang telah berlalu.

4.2.4.6 *Water Holding Capacity*

Pada hari ke-47, kadar air yang terkandung dalam gundukan telah berkurang hingga 33,25% sehingga *water holding capacity* yang dicapai dapat menjadi semakin maksimum yakni 70%. *Water holding capacity* erat hubungannya dengan kadar air karena semakin kecil kadar airnya maka akan semakin besar nilai *water holding capacity*nya. Hal ini dibuktikan dengan hasil kompos di atas karena pada kadar air kompos final yang rendah, semakin tinggi daya ikat airnya.

4.2.4.7 Distribusi Partikel

Pengujian distribusi partikel dilakukan untuk mengetahui sebaran ukuran partikel kompos final. Pengujian ini dilakukan dengan melakukan pengayakan dengan metode *shieve analysis* dengan saringan yang disusun secara vertikal dengan diameter saringan seperti tertera pada tabel 4.6 dan digetarkan dengan *shaker*. Distribusi partikel *composter* 4 dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.6. Distribusi Partikel *Composter* 4

Saringan	Diameter (mm)	Persentase Distribusi Partikel Tertahan (%)
1"	25,4	0,0
1/2 "	12,7	0,0
3/8 "	9,525	0,0
4	4,75	2,4
8	2,36	23,1
10	1,89	30,3
18	1,05	33,7
40	0,475	6,2
Pan		4,3

mber : Hasil Olahan (2012)

Sesuai dengan persentase distribusi partikel yang tertahan pada tabel 4.6, maka 95,7% partikel dalam *composter* 4 masuk dalam standar kompos SNI 19-7030-2004 yakni 0,55-25 mm karena 4,3% lebih kecil dari 0,55 mm.

4.2.4.8 Tekstur

Tekstur kompos yang dihasil oleh *composter* 4 pada hari ke-47 tidak memiliki banyak perubahan yakni masih tampak seperti sekam seperti tampak pada gambar 4.26 :



Gambar 4.26. Tekstur Kompos *Composter* 4
Sumber : Hasil Pengukuran (2012)

4.3 Analisa Perbandingan Kualitas Kompos Campuran Lumpur Tinja

Dari analisa perbandingan yang telah dipaparkan pada sub bab sebelumnya, maka dibuat sebuah ringkasan sebagai berikut :

Tabel 4.7. Ringkasan Data Proses Pengomposan

Nomor Composter	1	2	3	4	SNI 19-7030-2004
Feedstock	Lumpur Tinja:Sampah Pasar		Lumpur Tinja:Sekam		
Pengadukan	2	4	2	4	
Suhu Maksimum Bagian Atas (C)	63,5	65,9	59,7	54,5	-
Suhu Maksimum Bagian Tengah (C)	65,2	66,4	59,6	55,7	-
Suhu Maksimum Bagian Bawah (C)	51,2	58,4	54,6	47,7	-
Suhu Saat Matang (C)	27	26,5	26,5	26	maks.suhu air tanah
Kadar Air Kompos Matang (%)	31,22	31,13	35,62	33,25	<50%
C/N Kompos Matang	7,68	10,56	11,46	12,84	10-20
Laju Dekomposisi Karbon (/hari)	0,052	0,044	0,012	0,016	-
pH	7,90	7,72	5,15	5,05	6,8-7,49
Volume Reduksi (%)	62,50	61,67	13,64	20,83	-
Water Holding Capacity (%)	58,2	68	61	70	>58%
Persentase Ukuran Partikel yang Lolos (%)	94,5	95,1	95,9	95,7	0,55-25,4 mm
Tekstur	tanah	tanah	sekam	sekam	tanah
Warna	coklat	coklat	kecoklatan	kecoklatan	kehitaman

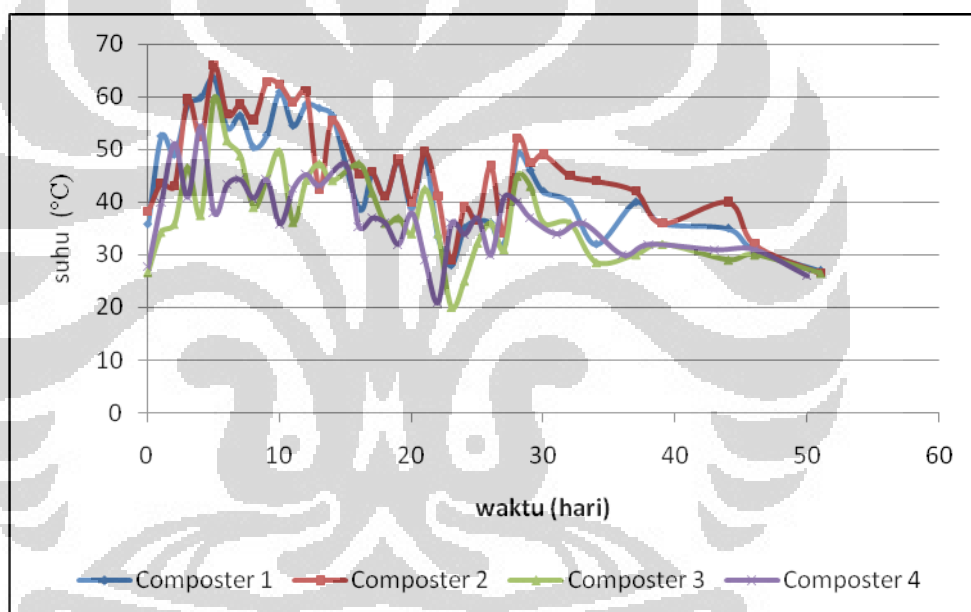
Sumber : Hasil Olahan (2012)

Berdasarkan tabel 4.7, maka dibuatlah beberapa analisa mengenai proses pengomposan dan hasil kompos pada penelitian ini. Analisa mencakup perbandingan kualitas kompos terhadap parameter suhu, kadar air, rasio C/N, pH,

penyusutan volume, daya ikat air atau *water holding capacity*, distribusi partikel, dan tekstur kompos yang dipaparkan pada sub bab berikut :

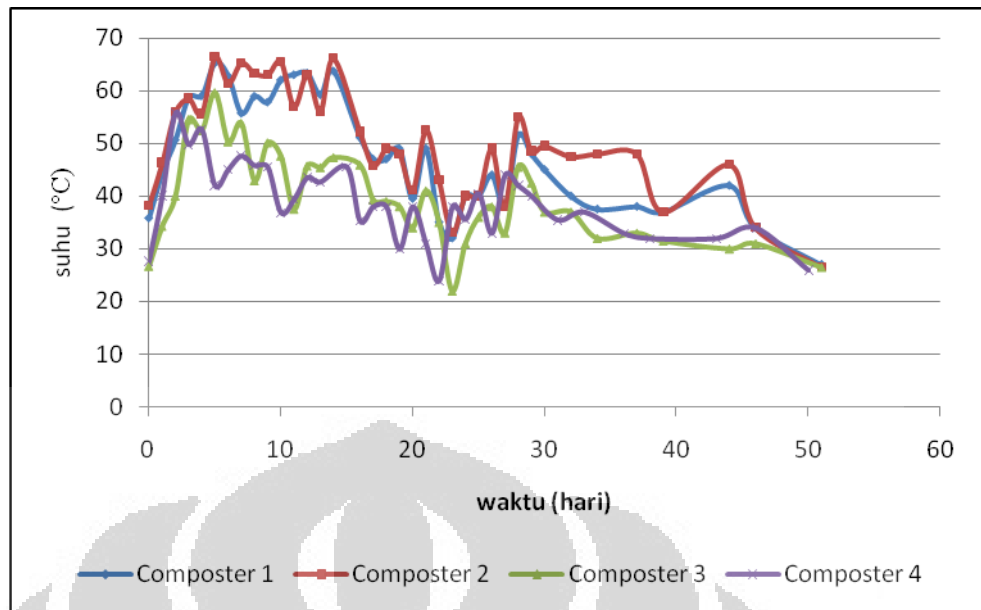
4.3.1 Temperatur

Temperatur merupakan parameter yang penting dalam proses pengomposan. Temperatur merupakan indikator aktifitas mikroorganismen dalam proses dekomposisi bahan organik seperti pernyataan Haug (1993). Apabila ditinjau dari perubahan temperatur selama proses pengomposan, maka berikut adalah grafik yang menunjukkan perubahan temperatur kompos di bagian atas, tengah, dan bawah gundukan :

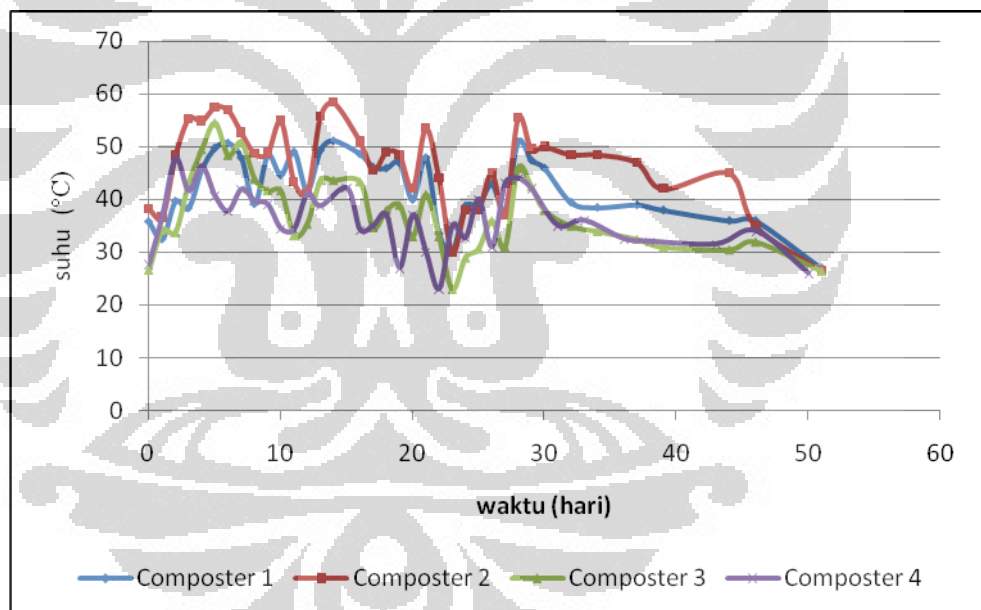


Gambar 4.27. Temperatur Kompos pada Bagian Atas

Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 4.28. Temperatur Kompos pada Bagian Tengah
Sumber : Hasil Olahan (2012)



Gambar 4.29. Temperatur Kompos pada Bagian Bawah
Sumber : Hasil Olahan (2012)

Dilihat dari grafik di atas, menurut Epstein pada tahun 1997, temperatur akan naik pada sembilan hingga sepuluh hari pertama lalu aktifitas mikroorganisme akan berhenti dan suhu menurun. Pencapaian suhu termofilik pada 10 hari pertama ini menunjukkan fase termofilik telah masuk pada semua *composter* pada semua bagian gundukan. Meninjau gambar 4.27, 4.28, dan 4.29, maka dapat dilihat bahwa *composter* 1 dan 2 yang memiliki *feedstock* yang sama

memupunyai pencapaian suhu yang lebih tinggi dibanding *composter* 3 dan 4 pada semua bagian. Hal ini dipengaruhi oleh ruang antar fase dalam gundukan *composter* 1 dan 2 yang lebih rapat sehingga tidak banyak pori-pori untuk udara tersedia dan panas akan lebih terperangkap. Berbeda dengan *composter* 3 dan 4 yang memiliki bahan kompos sekam, dimana sekam memiliki ruang antar fase yang tidak rapat sehingga memudahkan udara untuk masuk ke dalam gundukan dan panas akan lebih teruapkan. Pencapaian suhu yang tinggi pada gundukan dengan campuran sampah pasar juga dapat disebabkan oleh laju dekomposisi karbon organik yang cepat seperti tampak pada tabel 4.7. sehingga proses dekomposisi dengan bantuan mikroorganisme akan berjalan dengan cepat dan menghasilkan panas yang lebih banyak.

Di sisi lain, apabila gambar 4.27, 4.28, dan 4.29 dianalisa menurut frekuensi pengadukan, maka untuk *composter* dengan komposisi bahan kompos sampah pasar, pengadukan yang lebih jarang menghasilkan pencapaian temperatur yang lebih tinggi. Hal ini terbukti dengan tingginya suhu pada *composter* 2 dibanding *composter* 1 pada semua bagian gundukan. Fenomena ini sejalan dengan pernyataan Haug (1993) bahwa pengadukan berpengaruh terhadap penghilangan panas pada gundukan kompos. Apabila pengadukan dilakukan lebih sering, maka panas dalam gundukan akan lebih mudah hilang. Sedangkan pada komposisi bahan dengan sekam, frekuensi pengadukan yang lebih sering justru menghasilkan pencapaian suhu yang lebih tinggi dibandingkan pengadukan yang lebih jarang. Hal ini terlihat dari grafik *composter* 3 yang cenderung lebih tinggi dibandingkan *composter* 4. Hal tersebut dapat disebabkan karena pengadukan yang dilakukan dimungkinkan terjadi secara tidak merata sehingga udara yang diberikan untuk *composter* 3 tidak merata pula.

Melihat tabel 4.7, tampak bahwa *composter* 2 yang merupakan *composter* kompos campuran lumpur tinja dan sampah pasar dengan pengadukan empat hari sekali memiliki temperatur yang paling tinggi di bagian atas, tengah, dan bawah dibandingkan dengan campuran *composter* lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa baik frekuensi pengadukan maupun campuran bahan kompos mempengaruhi pencapaian suhu pada gundukan kompos.

Pencapaian panas sejatinya memiliki hubungan dalam mencapai suhu termofilik dalam mengurangi pertumbuhan patogen dan menon-aktifkan biji tanaman dalam *feedstock* seperti pernyataan Haug (1993). Pada fase termofilik, untuk mencapai temperatur termofilik dalam rangka membunuh bakteri patogen, pengadukan dapat dilakukan tidak terlalu sering agar gundukan kompos memiliki temperatur yang optimum sehingga Bakteri *Salmonella sp.* mati. Hal ini penting untuk diperhatikan karena salah satu campuran bahan kompos dalam penelitian ini adalah lumpur tinja yang sangat dimungkinkan mengandung Bakteri *Salmonella sp.*

Sejatinya, pencapaian suhu di tiap *composter* telah mampu mengurangi pertumbuhan bakteri patogen seperti *Fecal coli* dan *Salmonella sp.* *Fecal coli* dapat mati pada suhu 55°C, begitupula *Salmonella sp.* dengan mempertahankan panasnya selama 1 jam seperti yang diungkap Tchobanoglous (1993). Adapun faktor lain yang menyebabkan rata-rata suhu sekam yakni pada *composter* 3 dan 4 lebih rendah dibandingkan *composter* 1 dan 2 adalah akibat karakteristik sekam yang mempunyai rongga sehingga ruang antar fasenya lebih besar dan dapat mengalirkan udara ke dalam gundukan kompos.

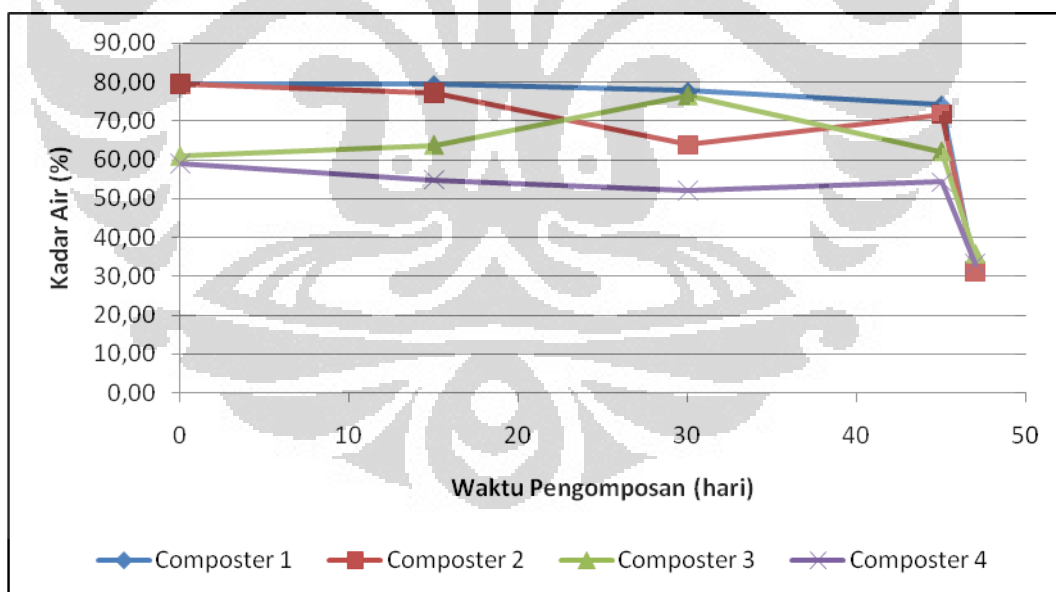
Seperti pembahasan sub-bab sebelumnya, apabila ditinjau dari perbedaan pengambilan data temperatur di bagian yang berbeda, maka bagian tengah merupakan bagian dengan temperatur yang paling tinggi. Hal ini terjadi di setiap gundukan pada *composter* yang disebabkan karena bagian tengah merupakan bagian yang tertutup sehingga kurang mendapatkan suplai udara. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Insam dan Bertoldi (2001).

Sedangkan analisa temperatur kompos final menunjukkan bahwa untuk menurunkan temperatur kompos, dibutuhkan gundukan kompos yang lebih kecil sehingga suplai udara bisa cukup untuk mengurangi panas dalam gundukan. Hal ini juga dapat dilakukan untuk mengurangi kadar air dimana salah satu fungsi dari pengadukan adalah untuk mengurangi kadar air dalam kompos. Selain itu, pembuatan gundukan lebih kecil ini dilakukan setelah analisa pengukuran temperatur dimana setelah hari ke-30, rata-rata gundukan kompos dalam *composter* mengalami penurunan temperatur yang signifikan dalam hal ini proses maturasi sedang berlangsung.

Akhirnya, pada hari ke-46 dibuatlah gundukan-gundukan yang lebih kecil dengan tinggi 10 m di luar *composter* tanpa pengadukan. Kemudian dilakukan pengukuran pada hari ke-51 sehingga temperatur yang dicapai masing-masing gundukan kompos mendekati temperatur air tanah sesuai dengan standar temperatur SNI 19-7030-2004 yakni $\pm 27^{\circ}\text{C}$. Hal ini menunjukkan bahwa ketika mencapai fase maturasi temperatur kompos dapat dikurangi dengan langkah membuat gundukan-gundukan yang lebih kecil. Selain itu, gundukan dalam *composter* memungkinkan suplai udara yang didapat kurang dan menyebabkan kenaikan temperatur. Apabila kenaikan temperatur ini mencapai temperatur termofilik, maka mikroorganisme mesofilik dalam kompos pada fase maturasi akan mati.

4.3.2 Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu parameter penting lainnya dalam proses pengomposan. Berikut adalah grafik pengujian kadar air kompos campuran lumpur tinja:



Gambar 4.30. Pengujian Kadar Air Kompos

Sumber : Lampiran B.5

Pada hari awal pengomposan, *composter* 1 dan 2 yang merupakan campuran lumpur tinja dan sampah pasar memiliki kadar air yang tinggi. Hal ini karena keduanya merupakan bahan kompos yang basah (*wet substrate*) yang

memiliki kadar air yang tinggi. Kandungan kadar air yang tinggi ini tidak terlalu baik dalam proses pengomposan karena dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dalam *composter*. Oleh karena itu, pengadukan sangat diperlukan dalam mengurangi kandungan air dalam kompos (*drying demands*) sesuai dengan pernyataan Haug (1993).

Sedangkan campuran lumpur tinja dan sekam pada *composter* 3 dan 4 mempunyai kadar awal yang tidak sedang karena dalam pencampurannya, sekam yang merupakan bahan kompos kering (*dry substrate*) dicampurkan dengan lumpur tinja yang merupakan bahan kompos basah sehingga kadar airnya tidak terlalu tinggi. Nilai kadar air yang dikandung campuran sekam dan lumpur tinja termasuk nilai kadar air optimum dalam proses pengomposan sesuai dengan pernyataan Tchobanoglous (1993) yakni sekitar 50-60%.

Perubahan kadar air pada proses pengomposan ini relatif berubah secara fluktuatif, yakni antara 50-80%. Hal ini dapat diakibatkan oleh kelembaban ruangan pengomposan yang dipengaruhi oleh cuaca yang tidak menentu. Pada saat pengomposan, cuaca hujan dan panas silih berganti setiap harinya. Cuaca hujan menyebabkan kelembaban meningkat sehingga gundukan kompos akan semakin lembab dan kadar air meningkat. Di samping itu, adanya limpasan hujan dan bocor yang diakibatkan oleh lokasi pengomposan yang berada di luar ruangan dan hanya beratapkan terpal juga menyebabkan peningkatan kadar air dalam gundukan. Peningkatan kadar air memang tidak terjadi secara merata pada semua *composter* akibat letak *composter* yang mempunyai kemampuan berbeda-beda dalam mendapatkan limpasan hujan. Perubahan kadar air yang fluktuatif juga dapat disebabkan oleh kurangnya rongga antar *composter* sehingga udara yang masuk melalui celah celah pada sisi *composter* tidak dapat maksimum. Apabila ditinjau dari gambar 4.2, maka setiap *composter* mempunyai rongga bebas yang berbeda pada bagian sisi-sisinya.

Sebaliknya, kadar air menurun akibat udara pengadukan yang dapat menguapkan uap air dalam gundukan sehingga kadar air berkurang. Selain itu, apabila ditinjau dari pengaruh frekuensi pengadukan, maka frekuensi pengadukan tidak terlalu mempengaruhi nilai kadar air pada gundukan kompos karena

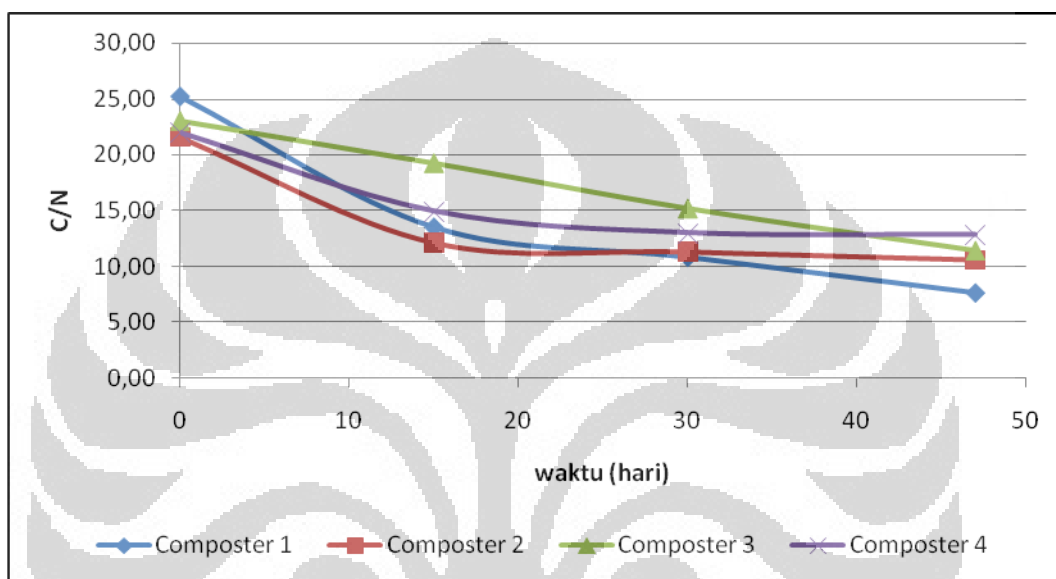
perubahan kadar air yang sangat fluktuatif selama proses pengomposan dan masih berada pada *range* yang sama untuk komposisi yang sama.

Pada pengujian hari ke-45, kadar air yang didapatkan belum memenuhi standar kadar air kompos menurut SNI 19-7030-2004 yakni di bawah 50%. Hal ini dimungkinkan akibat gundukan kompos dalam *composter* yang lembab dan cuaca yang makin basah sehingga memungkinkan adanya rembesan air hujan. Akhirnya pada hari ke-46 dibuatlah gundukan yang lebih kecil yakni setinggi 10 cm yang berguna untuk mengurangi kadar air kompos di samping mengurangi temperatur. Lalu dilakukan pengujian kadar air pada hari ke-47 dan mendapatkan kadar air yang telah memenuhi standar kompos SNI 19-7030-2004. Namun demikian, kadar air pada hari ke-47 tentunya berbeda terbalik dengan keadaan awal pengomposan dimana kadar air kompos dengan campuran sampah pasar lebih rendah dari kompos dengan campuran sekam. Kadar air kompos campuran sampah pasar adalah 31,22% dan 31,13%, sedangkan kadar air kompos dengan campuran sekam adalah 35,62% dan 33,25%. Hal ini dapat diakibatkan oleh kemampuan sekam yang minimum dalam menguapkan air dibandingkan sampah pasar.

Dalam penelitian ini, komposisi bahan kompos memberikan perbedaan yang signifikan terhadap nilai kadar air. Komposisi sekam dan lumpur tinja mempunyai kadar air yang telah optimum, yakni $\pm 60\%$, dari awal dan tidak memerlukan penambahan air karena kadar air telah memenuhi. Begitupula campuran lumpur tinja dan sampah pasar yang justru kadar airnya harus dikurangi. Pengurangan kadar air tersebut dapat dilakukan dengan melakukan pengadukan dengan waktu yang lebih sering. Namun pengadukan yang terlalu sering juga menyebabkan temperatur tidak mencapai titik yang maksimum karena pengadukan juga merupakan fungsi dari pengurangan panas. Selain itu, apabila kompos telah memasuki masa maturasi, kadar air dapat dikurangi dengan membuat gundukan-gundukan yang lebih kecil. Hal ini dapat saja dilakukan pada hari ke-31 sehingga dapat mengefektifkan masa pengomposan sehingga masa pengomposan lebih singkat.

4.3.3 Rasio C/N

Rasio C/N merupakan parameter terpenting dalam parameter kimia kompos. Parameter ini dipengaruhi oleh proses degradasi biologis dalam kompos terhadap kandungan karbon dan nitrogen sehingga nilainya dipengaruhi oleh keberadaan mikroorganisme. Berikut adalah grafik pengujian C/N pada kompos campuran lumpur tinja :



Gambar 4.31. Rasio C/N Kompos

Sumber : Lampiran B.6

Dari gambar 4.31 dapat dilihat bahwa perhitungan komposisi yang dibuat dapat memberikan nilai C/N *feedstock* yang mendekati dengan nilai C/N hitungan yakni 25:1. Nilai C/N tersebut cukup ideal karena mendekati nilai yang disarankan oleh UNEP (2005).

Apabila dibandingkan menurut komposisi bahan kompos, campuran sampah pasar dan lumpur tinja memiliki degradasi makronutrien yakni karbon yang lebih tinggi dibandingkan campuran lumpur tinja dan sekam. Hal ini dapat dipengaruhi akibat kandungan karbon awal dalam sampah pasar yang tidak begitu tinggi dibandingkan sekam. Selain itu, dalam gundukan dalam *composter*, mikroorganisme campuran lumpur tinja dan sampah pasar dapat memanfaatkan suplai udara yang diberikan dengan baik dalam proses degradasi bahan organik. Degradasi tersebut terlihat dari hari ke-0 hingga hari ke-47.

Pada penelitian ini, kadar air yang tinggi pada kompos tidak terlalu menghambat proses degradasi. Sebagaimana yang telah dipaparkan bahwa kadar air kompos campuran lumpur tinja dan sampah pasar memiliki kadar air yang sangat tinggi lebih dari batas optimumnya. Selain itu, temperatur pada campuran lumpur tinja dan sampah pasar juga sangat tinggi dan mencapai suhu optimum pengurangan Bakteri *Salmonella sp.* Pencapaian temperatur yang tinggi merupakan indikator dari proses eksoterm yang terjadi dalam *composter*.

Dari waktu ke waktu, rasio C/N mengalami penurunan yang cukup signifikan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kazmi *et al.*, pada tahun 2009 yakni perbandingan C/N dari waktu ke waktu pengomposan akan terus mengalami penurunan seiring dengan aktivitas mikroba dalam menguraikan bahan organik yang ada dalam gundukan kompos. Selain itu menurut analisa laju dekomposisi karbon organik, *composter 1* memiliki laju dekomposisi karbon organik paling tinggi dibanding *composter* lain. Hal ini dapat disebabkan akibat suplai udara yang sangat tinggi akibat frekuensi pengadukan yang sering dan *feedstock* yang mudah didekomposisi yakni sampah pasar. Di lain sisi, perbedaan penggunaan komposisi bahan kompos menyebabkan kompos dengan campuran lumpur tinja dan sekam memiliki laju dekomposisi karbon organik yang relatif lebih lambat akibat penguraian lignin yang membutuhkan waktu yang lebih lama. Selain itu, apabila melihat perbandingan nilai rasio C/N dari pengaruh frekuensi pengadukan, maka pengaruh frekuensi pengadukan yang lebih sering akan menghasilkan rasio C/N yang lebih rendah. Hal ini disebabkan akibat frekuensi pengadukan yang lebih sering akan berakibat pada tingginya suplai udara yang diberikan sehingga memacu aktifitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Dilihat dari kecepatan waktu pengomposan, tentunya laju dekomposisi karbon organik dengan pengadukan yang lebih sering berpotensi dalam mempersingkat waktu pengomposan.

Apabila dianalisa menurut rasio C/N kompos final, maka semua kompos tersebut telah memiliki rasio C/N yang sesuai dengan SNI 19-7030-2004 kecuali kompos campuran lumpur tinja dan sampah pasar dengan pengadukan dua hari atau *composter 1*. Ketiga *composter* memiliki nilai rasio C/N dalam rentang 10-20. Ketiga *composter* dengan rasio yang dimiliki kompos tersebut juga memenuhi

kandungan C/N yang sama dengan mulsa pada humus yakni 10-12 sehingga sangat baik untuk menggantikan kandungan mulsa pada tanah sesuai dengan parameter rasio C/N.

Di sisi lain, rasio C/N yang lebih rendah dari standar SNI 19-7030-2004 yakni 7,68 dapat dipengaruhi oleh pengadukan yang terlalu sering yakni dua hari sekali dan mikroorganisme dalam kompos dapat menggunakan suplai oksigen tersebut untuk menguraikan bahan organik secara cepat. Oleh karenanya, pengadukan yang terlalu sering tidak terlalu dianjurkan dalam proses pengomposan karena dapat mempercepat degradasi organik dalam bahan kompos.

Adapun apabila ditinjau dari laju dekomposisi karbon organik, maka *composter* 1 memiliki laju dekomposisi karbon organik yang paling cepat. Hal ini dapat diakibatkan oleh kemampuan mikroorganisme yang ada pada gundukan dalam menguraikan bahan organik dengan suplai oksigen yang besar dari frekuensi pengadukan yang sering dilakukan. Dalam hal ini, laju dekomposisi karbon organik yang cepat dapat menciptakan proses pengomposan yang lebih cepat. Merujuk pada gambar 4.31, maka rasio C/N *composter* 1 pada hari ke-30 telah mencapai 10,86 dimana nilai tersebut mendekati batas minimum rasio C/N standar kompos SNI 19-7030-2004. Namun demikian, semakin berkurangnya lama pengomposan juga harus dilengkapi dengan proses pengeringan karena kadar air dalam kompos masih tinggi.

Pada pengomposan lumpur tinja dan sekam, *composter* 4 mempunyai laju dekomposisi karbon organik yang lebih tinggi dari *composter* 3. Padahal *composter* 4 memiliki frekuensi pengadukan yang lebih jarang. Hal ini dapat disebabkan oleh tidak meratanya suplai oksigen pada *composter* 3 sehingga udara tidak digunakan dengan baik oleh mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Rendahnya laju dekomposisi karbon organik pada *composter* 3 dan 4 dibandingkan *composter* 1 dan 2 juga dipengaruhi oleh tingginya kadar lignin dalam sekam.

4.3.4 pH

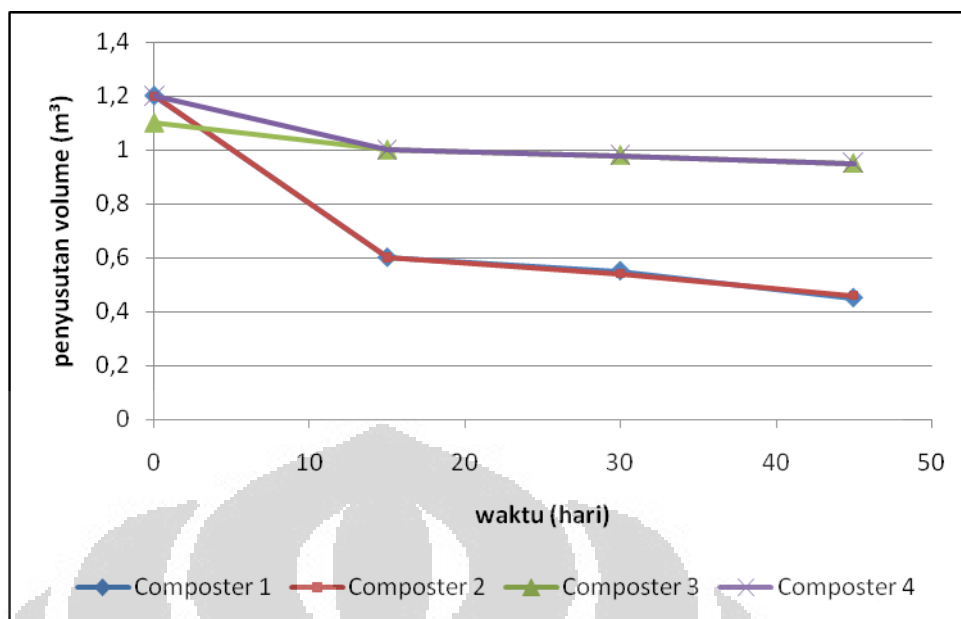
Derajat keasaman (pH) ideal dalam proses pembuatan kompos secara aerobik berkisar pada pH netral (6 – 7,49), sesuai dengan standar pH dalam SNI

19-7030-2004. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan kompos. Sebagai contoh, proses pelepasan asam secara temporer akan menyebabkan penurunan pH, sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase- fase awal pengomposan.

Dari hasil pengujian kompos pada hari ke-47 pada tabel 4.7, maka pH kompos yang mendekati standar SNI 19-7030-2004 adalah pH kompos campuran lumpur tinja dan sampah pasar yakni *composter* 1 dan 2. Kompos ini dapat dikatakan matang sesuai pernyataan Tchobanoglous pada tahun 1993 menyatakan bahwa pada kompos matang, pH dapat naik sekitar 7-8. Sedangkan kompos dengan campuran lumpur tinja dan sekam yakni *composter* 3 dan 4 memiliki pH yang masih asam. Hal ini dapat dipengaruhi dari bahan campuran kompos dimana sampah pasar memiliki kandungan nitrogen yang lebih tinggi daripada sekam dimana pencapaian suhu pada campuran lumpur tinja lebih tinggi daripada sekam. Pencapaian suhu berbanding lurus dengan pencapaian pH karena pada suhu yang tinggi, maka pH akan naik seperti pernyataan Tchobanoglous (1993). Sedangkan apabila ditinjau dari pengaruh frekuensi pengadukan, maka frekuensi pengadukan tidak terlalu mempengaruhi nilai derajat keasaman yang dicapai pada komposisi bahan yang sama.

4.3.5 Volume

Pengomposan sesungguhnya dilakukan dalam salah satu upaya mereduksi timbulan sampah. Hal ini dikarenakan karena proses degradasi biologis materi organik menjadi H₂O, CO₂, unsur hara, dan energi. Dari tabel 4.7, maka dapat dilihat bahwa frekuensi pengadukan tidak terlalu mempengaruhi proses penyusutan kompos, namun komposisi bahan campuran tentunya sangat mempengaruhi proses penyusutan. Grafik penyusutan volume dari keempat *composter* dapat dilihat pada gambar 4.32 :



Gambar 4.32. Penyusutan Volume Kompos
Sumber : Hasil Olahan (2012)

Hal ini dapat disebabkan karena sampah pasar yang telah dicacah merupakan bahan yang mudah terdegradasi sehingga pengomposan merupakan langkah yang baik dalam mereduksi sampah pasar. Berbeda dengan sekam yang mengandung lignin yang sangat tinggi sehingga sulit untuk terdegradasi dan tidak mengalami penyusutan yang banyak. Selain itu, campuran lumpur tinja dan sampah organik memiliki degradasi yang baik dengan memanfaatkan suplai udara yang diberikan sehingga mikroorganisme dapat berperan aktif dalam degradasi biologis materi organik kompos. Apabila dilihat dari frekuensi pengadukan, maka frekuensi pengadukan tidak terlalu mempengaruhi penyusutan volume karena perbandingannya tidak begitu jauh.

4.3.6 Water Holding Capacity

Daya ikat air atau *water holding capacity* sangat erat hubungannya dengan kadar air dalam kompos. Parameter ini menjadi penting karena tanaman membutuhkan cadangan air tanah pada struktur tanah. Dari tabel 4.7 dapat dilihat bahwa semua *composter* memiliki *water holding capacity* yang baik. Tanah dengan campuran kompos dengan nilai *water holding capacity* yang baik akan meningkatkan porositas dan dapat menjaga ketersediaan air tanah bagi tanaman.

Apabila dibandingkan menurut komposisi bahan kompos, maka nilai WHC tidak terlalu berbeda jauh antara campuran dengan sampah pasar maupun dengan sekam. Begitupula apabila dibandingkan menurut frekuensi pengadukan, nilai WHC antara frekuensi pengadukan yang lebih jarang dan yang lebih sering masih berada pada range yang dekat yakni antara 58-70%.

4.3.7 Distribusi Partikel

Dari tabel 4.7, lebih dari 94% partikel dari semua *composter* memenuhi ukuran partikel yang tercantum dalam standar SNI 19-7030-2004. Frekuensi pengadukan tidak terlalu berpengaruh karena distribusi partikel dalam parameter ini, begitupula dengan komposisi bahan kompos. Dengan demikian, maka kompos pada penelitian ini dapat dikategorikan kompos yang baik menurut parameter ukuran partikel. Hal yang perlu diperhatikan adalah pada *composter* 3 dan 4, partikel lebih banyak tertahan pada saringan 8 dan 10, berbeda dengan *composter* 1 dan 2 yang lebih memiliki variasi dalam persebaran distribusi ukuran partikel. Hal ini dikarenakan ukuran partikel pada *composter* 3 dan 4 masih merupakan sekam dimana partikel tersebut memang memiliki ukuran yang memungkinkan tertahan pada saringan 8 dan 10. Sedangkan *composter* 1 dan 2 memiliki ukuran partikel yang lebih bervariasi karena partikelnya telah menyerupai tanah.

4.3.8 Tekstur

Apabila dilihat dari segi tekstur, *composter* 1 dan 2 memiliki tekstur yang serupa yakni menyerupai tanah sesuai dengan SNI 19-7030-2004. Sedangkan *composter* 3 dan *composter* 4 memiliki tekstur yang masih sama dengan tekstur *feedstock* yakni sekam. Dalam hal ini, sekam adalah salah satu material yang sulit untuk diurai sehingga teksturnya masih menyerupai tekstur *feedstock*. Frekuensi pengadukan tidak terlalu mempengaruhi tekstur kompos akibat *feedstock* kompos ini berasal dari bahan yang sama yang mudah diurai yakni sampah pasar. Merujuk pada SNI 19-7030-2004, warna yang disyaratkan pada standar tersebut adalah kehitaman. Namun demikian, *composter* 1 dan 2 sedikit mendekati warna tersebut dan dapat dikategorikan sebagai kompos yang matang. Adapun sekam

dengan kualitasnya yang telah baik menyerupai mulsa pada humus dapat dijadikan media tanam yang baik bagi tanaman.

Apabila dibandingkan menurut pengaruh frekuensi pengadukan dan komposisi bahan kompos, maka komposisi bahan kompos lebih mempengaruhi perubahan parameter pada pengomposan ini. Pengaruh dari kedua variabel ini dapat dilihat pada tabel 4.8 :

Tabel 4.8. Pengaruh Frekuensi Pengadukan dan Komposisi Bahan Kompos terhadap Kompos Campuran Lumpur Tinja

Parameter	Menurut Frekuensi Pengadukan		Menurut Komposisi Bahan Kompos	
	2 hari sekali	4 hari sekali	Sampah Pasar	Sekam
Suhu	lebih rendah	lebih tinggi	lebih tinggi	lebih rendah
Kadar air	tidak berpengaruh	tidak berpengaruh	lebih tinggi	lebih rendah
Rasio C/N	lebih rendah	lebih tinggi	lebih rendah	lebih tinggi
Laju dekomposisi karbon organik	lebih cepat	lebih lambat	lebih cepat	lebih lambat
pH	tidak berpengaruh	tidak berpengaruh	tidak berpengaruh	asam
Penyusutan volume	tidak berpengaruh	tidak berpengaruh	tinggi	rendah
WHC	tidak berpengaruh	tidak berpengaruh	tidak berpengaruh	tidak berpengaruh
Tekstur	tidak berpengaruh	tidak berpengaruh	seperti tanah	sekam
Warna	tidak berpengaruh	tidak berpengaruh	coklat	kuning kecoklatan
Distribusi partikel	tidak berpengaruh	tidak berpengaruh	lebih tersebar distribusinya	terpusat pada lolos saringan 8 dan 10

Sumber : Hasil Ollaahan (2012)

Menurut tabel 4.8, tampak bahwa komposisi bahan kompos lebih banyak mempengaruhi parameter-parameter yang diukur pada penelitian ini. Parameter tersebut mencakup suhu, kadar air, rasio C/N, laju dekomposisi karbon organik, pH, penyusutan volume, tekstur, warna, dan distribusi partikel selama pengomposan 45 hari. Sedangkan frekuensi pengadukan hanya mempengaruhi pencapaian suhu, rasio C/N, dan laju dekomposisi karbon organik selama pengomposan 45 hari.

Selain itu, apabila dibandingkan menurut Hutagalung (2012), maka kompos dengan campuran lumpur tinja relatif telah aman dari patogen. Pencapaian suhu di atas 55°C telah mampu mengurangi konsentrasi patogen di dalam lumpur tinja sehingga aman untuk dijasikan kompos.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisa yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbedaan bahan kompos mempengaruhi pencapaian suhu, kadar air awal, laju dekomposisi karbon organik, pH, penyusutan volume, tekstur, dan warna sedangkan perbedaan frekuensi pengadukan hanya mempengaruhi pencapaian suhu, rasio C/N, dan laju dekomposisi karbon organik.
2. Perbedaan frekuensi pengadukan hanya mempengaruhi tercapainya temperatur, rasio C/N, dan laju dekomposisi karbon organik.
3. Dilihat dari suhu, kadar air, rasio C/N, pH, penyusutan volume, daya ikat air, ukuran partikel, dan tekstur kompos, maka *composter 2* yakni campuran lumpur tinja dan sampah pasar dengan pengadukan empat hari sekali memiliki kualitas lebih baik dari *composter* lainnya. Jika dibandingkan dengan standar kompos Indonesia yakni SNI 19-7030-2004, maka *composter 2* memiliki kualitas yang memenuhi standar tersebut.
4. Frekuensi pengadukan yang terlalu sering dan kemampuan terurainya bahan kompos menciptakan laju dekomposisi karbon organik yang tinggi seperti yang terjadi pada *composter 1* yang merupakan campuran sampah pasar dan lumpur tinja dengan pengadukan 2 hari sekali yakni 0,052/hari. Tingginya laju dekomposisi karbon organik tersebut dapat membuat waktu pengomposan lebih pendek yakni 30 hari dengan waktu pengeringan. Sedangkan kompos dengan campuran sekam memiliki laju dekomposisi yang lebih lambat akibat tingginya kadar lignin sehingga masih dibutuhkannya waktu untuk menguraikan lignin.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan pada penelitian yang lebih lanjut adalah :

1. Proses pengeringan sangat dibutuhkan dalam pengomposan dengan menggunakan bahan lumpur tinja untuk menurunkan kadar air kompos matang.
2. Lokasi pengomposan lebih baik dilakukan pada ruangan dengan suhu yang relatif konstan dan tidak mempunyai resiko terkena rembesan air hujan karena dapat mempengaruhi temperatur dan kelembaban gundukan
3. Penggunaan masker dan sarung tangan harus diterapkan kepada tenaga kerja pengaduk kompos agar mengurangi pengaruh terkontaminasinya tubuh dari mikroorganisme yang terkandung dalam gundukan kompos saat mengaduk.
4. Hasil yang didapatkan dapat dilanjutkan dengan meneliti pengaruh kompos terhadap jenis tanaman sesuai dengan umur pertumbuhannya.
5. *Leachete* yang dihasilkan dalam proses pengomposan juga dapat diteliti sebagai hasil sampingan yakni kompos cair.
6. Hasil dari penelitian ini dapat dikembangkan dengan membuat perencanaan unit pengolahan sampah yang mengolah sampah pasar dan lumpur tinja IPLT Kota Depok sehingga keberadaan lumpur tinja dapat dimanfaatkan sebagai kompos. Selain itu, perencanaan ini juga terintegrasi hingga merencanakan proses produksi dan penjualan produk kompos.
7. Penelitian mendatang dapat pula diintegrasikan dengan melakukan pengujian kompos ini sebagai campuran *cover soil*.
8. Penelitian mendatang juga dapat dilanjutkan dengan menguji kemampuan kompos sebagai filter dalam menanggulangi pencemaran udara.

DAFTAR REFERENSI

- Agricultural Analytical Services Laboratory The Pennsylvania State University. (2008). *Compost Analysis Report*. April 20, 2011. <http://laurelvalleysoils.com/lvs05pdf/TurfDress.pdf>
- Anderson, M.S. (1956). Compost as Means of Garbage Disposal. *The Soil and Crop Sci. Soc. of Florida Proc.* 16:134-144
- Bishop, P.L. dan C. Godfrey. (1983). Nitrogen Transformation during Sludge Composting. *Biocycle*.
- BPS Kota Depok dan Pemda Kota Depok. (2010). *Kota Depok dalam Angka 2010*. BPS Kota Depok
- California Compost Quality Council. (2001). *Compost Maturity Index*. Nevada City: California Compost Quality Council.
- Epstein, Eliot. (1997). *The Science of Composting*. United State of America: Technomic Publishing Company, Inc.
- Gotaas, H.B. (1956). Composting-Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes. *World Health Organization*.
- Haug, Roger. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Florida: Lewis Publisher.
- Hutagalung, Winny Laura. (2012). *Pengaruh Pengadukan terhadap Jumlah Fecal coliform dan Salmonella sp. Kompos Campuran Lumpur Tinja pada IPLT Kalimulya, Depok*. Depok: Universitas Indonesia.

Insam dan Bertoldi. (2001). *Compost Science and Technology Volume 8 Waste Management* (Chapter 3). October 29, 2011.

http://ifile.it/b2ea7f/_Compost_Science_and_Technology_Volume_8_Waste_Management_.I_98x3j66ztx76x18.pdf

Kazmi *et al.*(2009). Maturation of Primary Stabilized Compost From Rotary Drum Composter. *Resources, Conservation and Recycling*, 386-392.

Oktiawan dan Priyambada. (2007). Optimalisasi Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja dengan Pengomposan Tinja (Studi Kasus IPLT Semarang). *Jurnal PRESIPITASI* Vol. 3 No.2 September 2007, ISSN 1907-187X

Raabe, R.D. (2007). *The Rapid Composting Method*. January 10, 2012.

http://vric.ucdavis.edu/pdf/COMPOST/compost_rapidcompost.pdf

Richard, G. F. Dkk. (1989). *Appropriate for Water Supply and Sanitation, Transportation*. Water and Telecommunication Department of The World Bank

Roesmarkam, S. Purnomo, dan Sutrisno, O. (2000). Pengkajian Sistem Usaha, Berbasis Padi (SUTRA) di Kecamatan Pakisaji Kabupaten Malang : Kendala dan Prospek Pengembangannya. *Buletin Tehnologi dan Informasi Pertanian*, 3(1) : 6 – 12

Rynk, R., M. van de Kamp, G.G. Willson, M.E. Singley, T.L. Richard, J.J. Kolega, F.R. Gouin, L. Laliberty Jr., D. Kay, D. Murphy, H.A.J. Hoitink, and W.F. Brinton. (1992). *On-Farm Composting Handbook*. R. Rynk (Ed.). NRAES-54. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service. Ithaca, NY. January 10, 2012.

<http://www.poultrywaste.okstate.edu/files/BAE1749%20On-Farm%20Mortality.pdf>

- Schloss, Patrick D., dkk. (1999). The Use of the Analysis of Variance to Assess the Influence of Mixing during Composting. New York: *Elsevier*
- Schouw dkk. 2002. Composition of Human Excreta - a Case Study from Southern Thailand. *The Science of the Total Environment* 286 Ž2002. 155_166 *Elsevier Science B.V*
- Jeung Seo Yoon. (1988). Changes of Chemical Compounds in Compost Municipal Refuse. *Korean J. Environ Agric.*
- Sidabutar, Noni V. 2012. *Peningkatan Kualitas kompos UPS Permata Regency dengan Variasi Penambahan Kotoran Ayam*. Depok: Universitas Indonesia.
- SNI 03-1971-1990
- SNI 19-7030-2004
- Tchobanoglous, George. 1993. *Integrated Solid Waste Management*. Mc Graw-Hill
- Thorburn, C., 1982. Rice Husks as Fuel. Bandung: *PT. Tekton Books, Development Technology Center – Bandung Institute of Technology (DTC-ITB)*
- UNEP. (2005). *Solid Waste Management*. October 27, 2011.
http://www.unep.or.jp/ietc/publications/spc/solid_waste_management/Vol_I/14-Chapter8.pdf
- Yang, S.S. 1996. Preparation and characterization of compost. In proceedings of International Training Workshop on Microbial Fertilizers and Composting. October 15 – 22. 1996. *Taiwan Agricultural Research Insitute Taichung, Taiwan Republic of China. FFTC and TARI*

LAMPIRAN A

Prosedur Pengukuran Kualitas Kompos

A. Prosedur Pengukuran Temperatur

a. Peralatan

- Termometer digital untuk temperatur tanah

b. Prosedur

Nyalakan termometer, lalu tancapkan bagian besi di pusat kompos yakni pada bagian setengah dari tinggi bahan kompos, lalu amati perubahan temperatur hingga angka yang muncul pada termometer stabil. Catat hasil pengamatan. Lakukan hal yang sama untuk mengukur temperatur permukaan kompos.

B. Prosedur Pengukuran Kadar Air

a. Peralatan

- Cawan porselen
- Oven 105°C
- Penjepit
- Timbangan analitik
- Spatula
- Desikator

b. Prosedur

- Sampel pada kadar air ini dibuat triplo agar data yang didapat akurat
- Panaskan cawan pada oven dengan temperatur 105°C selama 3 jam, lalu dinginkan pada desikator selama 30 menit
- Timbang cawan pada timbangan analitik dan catat, lalu timbang sampel sebanyak ± 10 gram dan catat
- Setelah itu, panaskan sampel dalam cawan pada oven dengan temperatur 105°C selama 3 jam, lalu dinginkan pada desikator selama 30 menit

- Timbang kembali cawan bersama sampel yang telah didesikasi dengan timbangan analitik, lalu catat

c. Prosedur Pengukuran Karbon

a. Peralatan

- Cawan porselen
- Labu ukur 100 ml
- Beaker glass 250 ml
- Botol semprot
- Kertas saring
- Corong
- Pipet 5 ml
- Spektrofometer

b. Bahan

- Larutan $K_2Cr_2O_7$ 2 N
- H_2SO_4 pekat

c. Prosedur

- Timbang sampel yang telah dihilangkan kadar airnya sebanyak 0,1 gram dalam cawan
- Masukkan sampel tersebut dalam labu ukur 100 ml
- Tambahkan 5 ml $K_2Cr_2O_7$ dan 5 ml H_2SO_4
- Dinginkan dengan meletakkan labu ukur di dalam beaker glass yang berisi air
- Sementara itu, buat blanko dengan menambahkan 5 ml $K_2Cr_2O_7$ dan 5 ml H_2SO_4 pada labu ukur kosong dan dinginkan dalam beaker glass yang berisi air
- Setelah itu, encerkan sampel dan blanko sampai dengan 100 ml lalu saring sampel dengan menggunakan kertas saring
- Encerkan hasil saringan dan blanko dengan pengenceran yang sama
- Masukkan 25 ml blanko dan 25 ml sampel pada kuvet

- Lakukan pembacaan nilai pada spektrofotometri

d. Prosedur Pengukur Total Nitrogen

Prosedur N-organik

a. Peralatan

- Cawan porselen
- Labu kjeldahl
- Botol semprot
- Pipet 10 ml
- Timbangan analitik
- *Hot plate*
- Kertas saring
- Labu erlenmeyer
- Corong
- Gelas ukur
- Kuvet
- DR 2000

b. Bahan

- Selenium
- K_2SO_4
- Defada aloy
- Parafin
- H_2SO_4 pekat
- H_2SO_4 2 N
- NaOH 40%
- Nessler reagen

c. Prosedur

- Timbang 1 gram sampel yang telah dihilangkan kadar airnya
- Masukkan pada labu kjeldahl, lalu tambahkan masing-masing 1 gram selenium, K_2SO_4 , dan defada aloy
- Tambahkan 5 ml parafin dan 10 ml H_2SO_4 pekat
- Panaskan di atas *hot plate* dengan temperatur $315^\circ C$ selama 30 menit dalam ruang asam
- Encerkan dengan 40 ml air suling
- Saring dengan kertas saring
- Ambil 10 ml dan masukkan ke dalam labu kjeldahl
- Tambahkan 40 ml air suling, 1 gram selenium, dan 5 ml parafin
- Masukkan 10 ml asam sulfat 2 N pada erlenmeyer
- Pasang alat kjeldahl, destruksi akan berlangsung selama 1,5 jam
- Setelah itu, encerkan H_2SO_4 hasil destruksi lalu masukkan dalam kuvet. Siapkan pula blanko dalam kuvet. Tambahkan ke dalam kuvet Nessler reagen
- Ukur pada DR 2000

Prosedur N- NH_4

a. Peralatan

- Cawan porselen
- Labu kjeldahl
- Botol semprot
- Pipet 10 ml
- Timbangan analitik
- *Hot plate*
- Kertas saring
- Labu erlenmeyer
- Corong
- Gelas ukur
- Kuvet

- DR 2000

b. Bahan

- Selenium
- K_2SO_4
- Defada aloy
- Parafin
- H_2SO_4 pekat
- Nessler reagen

c. Prosedur

- Hasil dari penyaringan N-organik diambil 2 ml dan diencerkan
- Hasil pengenceran masukkan dalam kuvet. Siapkan pula blanko dalam kuvet. Tambahkan ke dalam kuvet Nessler reagen
- Ukur pada DR 2000

D. Pengukuran pH

a. Peralatan

- Beaker Glass 100 ml
- Aquades
- Mesin kocok
- pH meter
- Hotplate (*stirring*)

b. Cara Kerja

Timbang 1 g contoh, masukan ke dalam *beaker glass* dan tambahkan air suling hingga 100 ml. *Stirrer* di atas *hot plate* selama 30 menit. Suspensi tersebut diukur dengan pH meter.

E. Pengujian WHC

a. Peralatan

- Neraca analitik
- Saringan

- Gelas Ukur ukur 100 ml
- Kertas Saring

b. Bahan

- Sample Kompos
- Air Suling

c. Cara Kerja

- Kompos matang yang telah diayak sebanyak 100 gram dimasukkan ke dalam saringan yang telah dilapisi dengan kertas filter.
- Tambahkan air sebanyak 100 ml dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian dihitung volume air yang berhasil melewati kertas saring.

F. Distribusi Partikel

a. Peralatan

- *Shaker*
- Saringan nomor 1 inchi, 1/2 inchi, 3/8 inchi, 4, 8, 10, 18, dan 40
- Timbangan analitik

b. Bahan

- Kompos

c. Cara Kerja

- Kompos ditimbang seberat 500 gram, kemudian dimasukkan ke dalam susunan saringan yang telah disusun dari diameter paling besar hingga yang paling kecil.
- Pasang saringan pada mesin *shaker*. Nyalakan mesin *shaker* dan biarkan selama 15 menit.
- Timbang butiran yang tertahan pada tiap saringan.

LAMPIRAN B

Tabel B.1. Pengukuran Temperatur Lumpur Tinja dan Sampah Pasar dengan Pengadukan 2 Hari (*Composter 1*)

Hari ke-	Composter 1		
	atas	tengah	bawah
0	35,8	35,8	35,8
1	52,5	44,5	32,5
2	49,0	50,6	39,7
3	58,4	58,7	38,4
4	59,8	59,0	45,7
5	63,5	65,2	49,8
6	54,1	62,8	50,8
7	56,4	55,7	48,0
8	50,4	58,9	39,2
9	52,7	57,8	48,4
10	60,9	62,0	44,7
11	54,5	63,0	49,1
12	58,5	63,3	41,7
13	57,8	59,2	49,4
14	56,4	63,7	51,2
16	38,8	51,1	48,7
17	45,3	47,0	46,2
18	41,0	47,0	46,0
19	48,0	49,0	47,0
20	39,0	39,5	40,0
21	48,5	49,0	48,0
22	33,4	35,0	33,5
23	28,0	32,0	30,0
24	35,0	40,0	38,8
25	36,5	40,0	39,0
26	36,0	44,0	43,0
27	32,0	38,0	38,0
28	49,0	51,5	51,0
29	46,0	48,0	47,5
30	42,0	45,0	46,0
32	40,0	40,0	39,5
34	32,0	37,5	38,5
37	40,0	38,0	39,0
39	36,0	37,0	38,0
44	35,0	42,0	36,0
46	31,0	34,0	36,0
51	27,0	27,0	27,0

Sumber : Hasil Pengukuran (2012)

Tabel B.2. Pengukuran Temperatur Lumpur Tinja dan Sampah Pasar dengan Pengadukan 4 Hari (*Composter 2*)

Hari ke-	Composter 2		
	atas	tengah	bawah
0	38,2	38,2	38,2
1	43,6	46,3	36,6
2	43,0	55,9	48,3
3	59,5	58,5	55,3
4	52,4	55,6	54,9
5	65,9	66,4	57,5
6	56,6	61,4	56,9
7	58,5	65,3	52,7
8	55,6	63,3	48,7
9	62,8	63,0	48,8
10	62,2	65,5	54,9
11	58,9	57,0	43,3
12	61,0	63,0	41,2
13	42,3	56,1	55,8
14	55,5	66,1	58,4
16	45,3	52,2	51,0
17	45,7	45,8	45,5
18	41,0	49,0	49,0
19	48,0	48,0	48,5
20	40,0	41,0	42,0
21	49,5	52,5	53,5
22	41,0	43,0	44,0
23	29,0	33,0	30,0
24	39,0	40,0	38,0
25	36,5	40,0	38,0
26	47,0	49,0	45,0
27	34,0	38,0	37,0
28	52,0	55,0	55,5
29	47,5	48,5	49,5
30	49,0	49,5	50,0
32	45,0	47,5	48,5
34	44,0	48,0	48,5
37	42,0	48,0	47,0
39	36,0	37,0	42,0
44	40,0	46,0	45,0
46	32,0	34,0	35,0
51	26,5	26,5	26,5

Sumber : Hasil Pengukuran (2012)

Tabel B.3. Pengukuran Temperatur Lumpur Tinja dan Sekam dengan Pengadukan
2 Hari (*Composter 3*)

Hari ke-	Composter 3		
	atas	tengah	bawah
0	26,7	26,7	26,7
1	34,3	34,3	34,3
2	35,8	40,0	33,8
3	46,6	54,5	43,2
4	37,5	52,4	49,5
5	59,7	59,6	54,6
6	51,7	50,3	48,4
7	48,8	53,8	50,9
8	39,0	42,9	44,0
9	44,2	50,1	41,7
10	49,6	47,6	41,7
11	36,2	37,5	33,2
12	44,2	45,7	35,4
13	47,3	45,4	43,7
14	44,1	47,3	43,7
16	47,3	45,9	43,4
17	41,8	39,3	34,7
18	36,0	39,0	38,0
19	37,0	38,0	39,0
20	34,0	34,0	33,0
21	42,5	41,0	41,0
22	34,0	35,0	33,0
23	20,0	22,0	23,0
24	25,0	31,0	29,0
25	32,2	36,0	30,7
26	36,0	38,0	36,0
27	31,0	33,0	31,0
28	45,0	45,5	46,0
29	43,0	42,5	42,5
30	36,0	37,0	38,0
32	36,0	37,0	35,0
34	28,5	32,0	34,0
37	30,0	33,0	32,5
39	32,0	31,5	31,0
44	29,0	30,0	30,5
46	30,0	31,0	32,0
51	26,5	26,5	26,5

Sumber : Hasil Pengukuran (2012)

Tabel B.4. Pengukuran Temperatur Lumpur Tinja dan Sekam dengan Pengadukan 4 Hari (*Composter 4*)

Hari ke-	Composter 4		
	atas	tengah	bawah
0	27,7	27,7	27,7
1	39,9	40,1	36,8
2	51,2	55,7	47,7
3	41,0	49,8	41,6
4	54,5	52,6	46,3
5	38,0	42,0	40,6
6	43,4	45,0	37,7
7	44,3	47,6	41,9
8	40,8	45,8	39,7
9	44,3	45,5	39,0
10	35,9	36,9	34,4
11	42,6	39,4	34,3
12	45,3	43,5	41,0
13	43,2	42,7	38,7
15	47,2	45,5	42,1
16	35,3	35,3	34,2
17	37,0	38,0	35,0
18	36,0	38,0	37,0
19	32,0	30,0	27,0
20	38,0	38,0	37,0
21	29,0	31,0	30,0
22	21,0	24,0	23,0
23	36,0	38,0	35,0
24	33,9	35,6	32,7
25	37,0	40,5	40,0
26	30,0	33,0	31,0
27	41,0	44,0	43,0
28	40,0	42,0	44,0
29	37,0	40,0	42,0
31	34,0	35,5	35,0
33	36,0	37,0	36,0
36	30,0	33,0	32,5
38	32,0	32,0	32,0
43	31,0	32,0	31,5
46	31,0	34,0	34,0
51	26,0	26,0	26,0

Sumber : Hasil Pengukuran (2012)

Tabel B.5. Data Pengujian Kadar Air Kompos

Sampel	Frekuensi Pengadukan (hari)	% Kadar Air Hari Ke-				
		0	15	30	45	47
Lumpur Tinja : Sampah Pasar	2	79,25	79,34	77,62	74,08	31,22
Lumpur Tinja : Sampah Pasar	4	79,50	77,19	63,78	71,62	31,13
Lumpur Tinja : Sekam	2	60,96	63,84	76,63	62,15	35,62
Lumpur Tinja : Sekam	4	59,11	54,87	52,15	54,32	33,25

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Tabel B.6. Data C/N Kompos

Sampel	Frekuensi Pengadukan (hari)	C/N hari ke-			
		0	15	30	47
Lumpur Tinja : Sampah Pasar	2	25,24	13,55	10,86	7,68
Lumpur Tinja : Sampah Pasar	4	21,58	12,10	11,29	10,56
Lumpur Tinja : Sekam	2	23,04	19,26	15,23	11,46
Lumpur Tinja : Sekam	4	21,97	14,94	13,01	12,84

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Tabel B.7. Pengujian pH Kompos

Sampel	Frekuensi Pengadukan (hari)	pH
Lumpur Tinja : Sampah Pasar	2	7,90
Lumpur Tinja : Sampah Pasar	4	7,72
Lumpur Tinja : Sekam	2	5,15
Lumpur Tinja : Sekam	4	5,05

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Tabel B.8. Data Penurunan Volume Kompos

Sampel	Frekuensi Pengadukan (hari)	Volume (m ³)			
		0	15	30	45
Lumpur Tinja : Sampah Pasar	2	1,2	0,6	0,55	0,45
Lumpur Tinja : Sampah Pasar	4	1,2	0,6	0,54	0,46
Lumpur Tinja : Sekam	2	1,1	1	0,98	0,95
Lumpur Tinja : Sekam	4	1,2	1	0,98	0,95

Sumber : Hasil Pengukuran (2012)

Tabel B.9. *Water holding capacity* Kompos

Sampel	Pengadukan (hari)	WHC (%)
Lumpur Tinja : Sampah Pasar	2	58,20
Lumpur Tinja : Sampah Pasar	4	68,00
Lumpur Tinja : Sekam	2	61,00
Lumpur Tinja : Sekam	4	70,00

Sumber : Hasil Olahan (2012)

Tabel B.10. Distribusi Partikel Kompos

Saringan	Diameter (mm)	Persentase Distribusi Partikel Tertahan (%)			
		Lumpur Tinja:Sampah Pasar		Lumpur Tinja:Sekam	
		2 hari	4 hari	2 hari	4 hari
1"	25,4	0,0	1,6	0,0	0,0
1/2 "	12,7	9,8	29,7	0,0	0,0
3/8 "	9,525	12,6	8,0	0,0	0,0
4	4,75	22,0	20,1	0,9	2,4
8	2,36	24,8	18,6	62,7	23,1
10	1,89	5,6	3,3	11,9	30,3
18	1,05	12,2	8,5	14,1	33,7
40	0,475	7,5	5,3	6,3	6,2
Pan		5,5	4,9	4,1	4,3

Sumber : Hasil Olahan (2012)

LAMPIRAN C

Perhitungan Laju Dekomposisi Karbon Organik

Laju dekomposisi karbon organik dihitung dengan menggunakan laju reaksi orde 1 sebagaimana persamaan 2.1 :

$$\ln[C] = -kt + \ln[C_0]$$

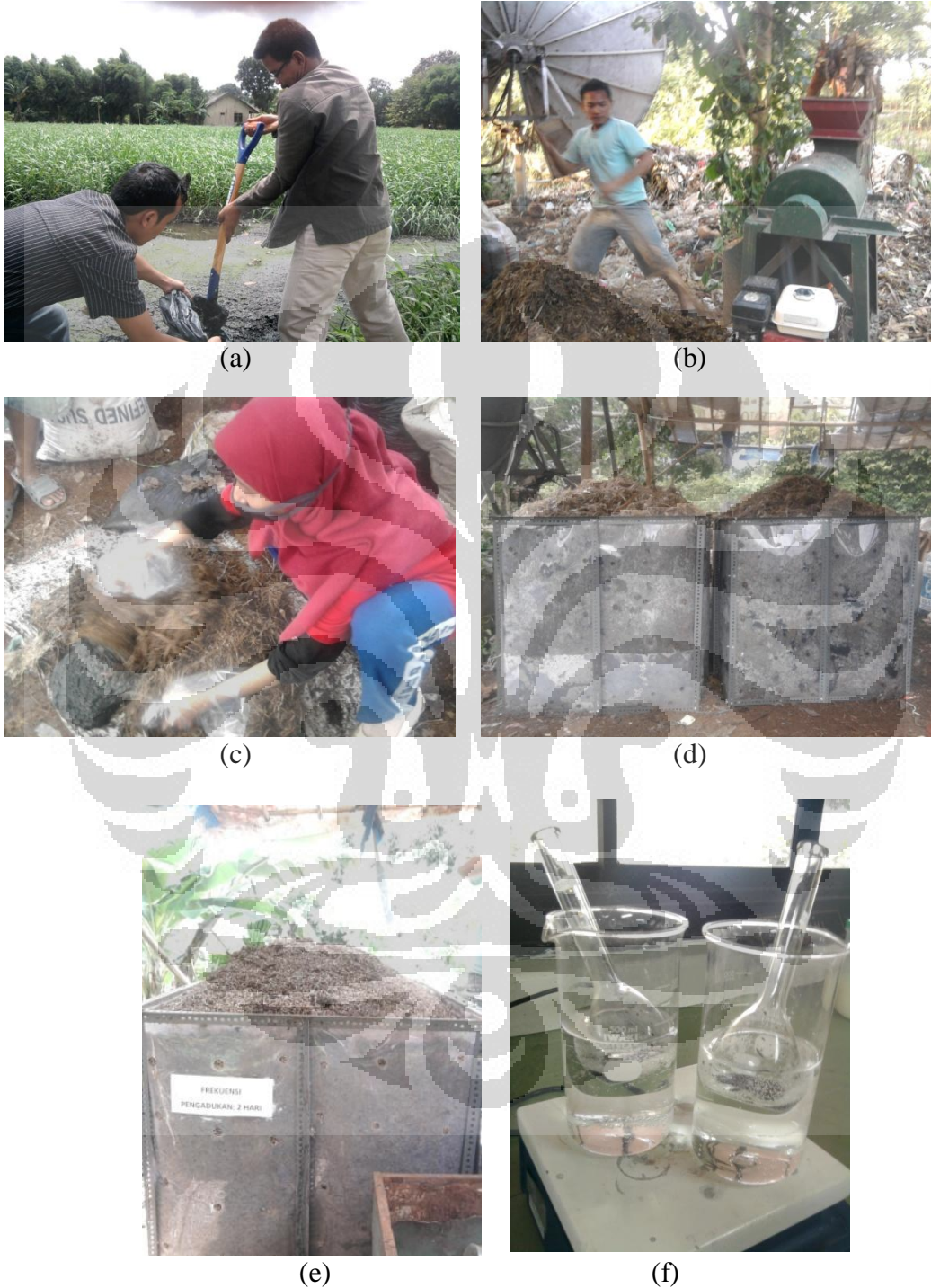
Kemudian dibuatlah grafik dengan $\ln [C]$ sebagai sumbu y dan hari pengomposan sebagai sumbu x . Lalu dicari persamaan regresinya dengan menggunakan Ms. Excel. Slope dari persamaan regresi merupakan negatif dari laju dekomposisi.

Tabel C.1. $\ln [C]$

Nomor Composter	$\ln [C]$ hari ke-			
	0	15	30	47
1	4,15	3,77	2,70	1,78
2	4,24	3,75	2,64	2,29
3	4,14	3,68	3,19	3,62
4	4,27	3,43	3,46	3,38

Sumber : Hasil Olahan (2012)

LAMPIRAN D



Gambar D.1 (a) Proses Pengambilan Lumpur Tinja; (b) Pencacahan Sampah Pasar; (c) Pencampuran *Feedstock*; (d) Composter 1 dan 2 Hari ke-0; (e) Composter 3 Hari ke-0; (f) Pengujian Karbon

Sumber : Hasil Olahan (2012)



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar D.2 (a) dan (b) Proses Pengadukan; (c) *Composter* 1 Hari ke-15; (d) *Composter* 3Hari ke-15; (e) Pengujian Distribusi Partikel; (f) Pengujian NITrogen
Sumber : Hasil Olahan (2012)