

SKRIPSI

**DEGRADASI ANAEROBIK SAMPAH ORGANIK
OLEH *Bacillus sphaericus***



**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**

Disusun Oleh :

AWALUDIN MOCHDAR

00.26.015

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2007

1950

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF EDUCATION AND CULTURE
JANUARY 1950

1950

REPUBLIC OF INDONESIA

1950



1950

REPUBLIC OF INDONESIA

1950

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

**DEGRADASI ANAEROBIK SAMPAH ORGANIK
OLEH *Bacillus sphaericus***

Oleh :



Menyetujui
Dosen Pembimbing

DR. Ir. Herry Setyobudiarso, MSI
NIP. 131965844

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan



Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

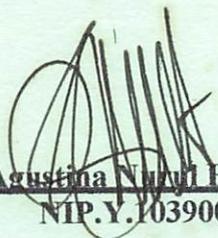
DEGRADASI ANAEROBIK SAMPAH ORGANIK OLEH *Bacillus sphaericus*



Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Ujian Komprehensif Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Jenjang Strata Satu (S-1), dan diterima untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 28 September 2007.

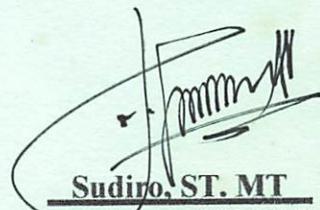
Mengetahui
Panitia Ujian Komprehensif Skripsi

Ketua



Ir. Agustina Nurul Hidayati, MTP
NIP.Y.103900214

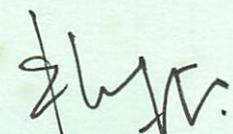
Sekretaris



Sudiro, ST. MT
NIP.Y. 1039900327

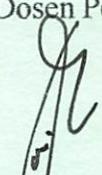
Dewan Penguji

Dosen Penguji I



Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. P. 10.30300382

Dosen Penguji II



Candra Dwiratna, ST.MT
NIP.Y . 10.30000349

ABSTRAK

Mochdar, Awaludin, Pembimbing : Herry Setyobudiarso. 2007. Degradasi Anaerobik Sampah Organik Oleh *Bacillus sphaericus*. Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional Malang.

Potensi pencemaran sampah bertambah besar karena komposisi sampah organik jauh lebih banyak. Sampah organik mudah mengalami pembusukan dan bisa larut dalam air tanah. Sampah organik tersusun atas bahan-bahan yang dapat dirombak oleh mikroorganisme pengurai. Untuk menghasilkan produk rombakan yang baik dibutuhkan mikroorganisme yang sesuai. Bakteri *Bacillus sphaericus* memiliki kemampuan metabolisme pada pengomposan anaerobik alami. Pengomposan anaerobik yang jarang digunakan dapat dijadikan alternatif untuk pengomposan sampah organik. Pengomposan anaerobik tidak membutuhkan energi luar pada reaksi pembentukan komposnya, mampu menghasilkan sumber energi dan mampu menstabilisasi buangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bakteri *Bacillus sphaericus* dalam degradasi sampah organik secara anaerobik dan menentukan ukuran partikel sampah organik dengan penambahan bakteri *Bacillus sphaericus* dalam menghasilkan kadar C, N, P, K dan rasio C/N yang baik. Untuk mendukung penelitian tersebut perlu ditentukan variabel bebasnya yaitu variasi ukuran partikel dan variasi pengomposan, sedangkan untuk variabel terikatnya adalah unsur organik seperti C, N, P, K dan rasio C/N yang merupakan parameter dalam proses degradasi pada penelitian ini. Dari ketiga variasi ukuran partikel diperoleh variasi terbaik adalah ukuran partikel sampah 1 inchi dengan variasi penambahan bakteri *Bacillus sphaericus* yang mampu menghasilkan kadar C = 21,74 %, N = 0.41 %, P = 0.11 %, K = 0.06 % dan C/N = 19.59 dan merupakan hasil yang sesuai dengan standar kualitas kompos. Dari ketiga variasi komposisi sampah yang digunakan dalam penelitian ini, diperoleh variasi yang terbaik adalah variasi sampah + bakteri yang mampu menghasilkan kadar C = 21.74 %, N = 0.41 %, P = 0.11 %, K = 0.06 % dan C/N = 19.59 dan merupakan hasil yang sesuai dengan standar kualitas kompos.

Kata Kunci : Anaerobik, *Bacillus sphaericus*, Dekomposisi, Degradasi, Kompos.

ABSTRACT

Mochdar, Awaludin, Counsellor : Herry Setyobudiarso. 2007. Anaerobic Degradation Of Organic Garbage By *Bacillus sphaericus*. Skripsi. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Nasional Malang.

The potential contamination of garbage is growing larger because of organic garbage composition is too many. Organic garbage is easy to experience of deterioration and can be dissolved in ground water. Organic garbage lapped over of materials is able to be altered by decomposition microorganisms. To yield product of decomposition is good to be required by appropriate microorganisms. *Bacillus sphaericus* have a high ability of metabolism at natural process of anaerobic decomposition. Anaerobic decomposition which seldom be used can be made by alternative for the decomposition of organic garbage. Anaerobic decomposition do not require external energy at reaction of decomposition, can yield the source of energy and can stabilization the waste. This research is aim to know the influence of *Bacillus sphaericus* in organic garbage by anaerobic degradation and determine organic garbage particle size measure with addition of bacterium of *Bacillus sphaericus* in yielding rate of C, N, P, K and ratio of C/N. To support the research require to be determined by free variable of particle size measure variation and variation of garbage composition, while for variable tied of the organic element like C, N, P, K and ratio of C/N representing parameter in course of degradation at this research. From third particle size measure variation obtained by best variation of garbage particle size measure 1 inchi with variation addition of *Bacillus sphaericus* capable to yield rate of C = 21,74 %, N = 0.41 %, P = 0.11 %, K = 0.06 % and C/N = 19.59 and represent result matching with standard of compost quality. From third variation of garbage composition which is used in this research, obtained by best variation of garbage variation + bacterium, capable to yield rate of C = 21.74 %, N = 0.41 %, P = 0.11 %, K = 0.06 % and C/N = 19.59 and represent result matching with standard of compost quality.

Keyword : Anaerobic, *Bacillus sphaericus*, Compost, Decomposition, Degradation

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa ,karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul ” **Degradasi Anaerobik Sampah Organik oleh *Bacillus sphaericus*** ”.

Penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Selama berlangsungnya kegiatan dan penulisan laporan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, arahan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan banyak terimakasih kepada :

1. Bpk. Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi., selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
2. Bpk Soediro, ST. MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
3. Ibu Anis Artiyani, ST, selaku sekretaris Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang, atas waktu dan kesempatannya
5. Semua pihak yang telah membantu penyusunan Laporan Skripsi ini.

Akhir kata, semoga laporan skripsi ini benar – benar dapat bermanfaat dan menjadi sumber informasi bagi masyarakat luas dan khususnya yang membutuhkan.

Malang, September 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
ABSTRAKSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR LAMPIRAN	
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ruang Lingkup	2
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Rumusan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sampah	4
2.1.1 Definisi Sampah	4
2.1.2 Jenis Sampah	4
2.1.3 Sumber Sampah	5
2.1.4 Komposisi Sampah	6
2.1.5 Pemisahan Sampah Organik dan Sampah Anorganik	7
2.2 Pengomposan (<i>Composting</i>)	7
2.2.1 Prinsip Pengomposan	7
2.2.2 Manfaat Kompos	10
2.2.3 Spesifikasi Kualitas Kompos dari Sampah Organik Domestik	10

2.3 Degradasi Sampah Organik	11
2.3.1 Degradasi Anaerobik	11
2.4 Mikroorganisme	12
2.5 Bacillus sphaericus	13
2.6 Unsur Kimia Faktor Degradasi Sampah Organik	15
2.6.1 Karbon (C)	15
2.6.2 Nitrogen (N)	15
2.6.3 Fosfor (P)	16
2.6.4 Kalium (K)	16
2.6.5 Hubungan N, P dan K dalam proses pengomposan	17
2.7 Hubungan Unsur Karbon, Nitrogen dan rasio C/N dengan Dekomposisi Sampah	17
2.8 Dedak	18
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
3.1.1 Waktu Penelitian	19
3.1.2 Tempat Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.2.1 Alat	19
3.2.2 Bahan	20
3.3 Variabel Penelitian	20
3.3.1 Variabel Bebas	20
3.3.2 Variabel Terikat	20
3.4 Prosedur Penelitian	20
3.5 Rancangan Statistik Penelitian	22
3.6 Kerangka Penelitian	23
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Data Hasil Penelitian	25
4.1.1 Karakteristik Sampah Awal Penelitian	25
4.2 Kualitas Akhir Produk	26

4.2.1 Analisa C	26
4.2.1.1 Pengaruh Ukuran Partikel 1 inchi terhadap Kandungan Karbon Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik	26
4.2.1.2 Pengaruh Ukuran Partikel 2 inchi terhadap Kandungan Karbon Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik	27
4.2.1.3 Pengaruh Ukuran Partikel 3 inchi terhadap Kandungan Karbon Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik	27
4.2.1.4 Analisa Anova Faktorial	29
4.2.1.5 Analisis Hubungan Dua Arah	30
4.2.1.6 Analisis Keragaman	30
4.2.1.7 Analisis Duncan Multivariance Range Test	32
4.2.2 Analisa N	34
4.2.2.1 Pengaruh Ukuran Partikel 1 inchi terhadap Kandungan Nitrogen Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik	34
4.2.2.2 Pengaruh Ukuran Partikel 2 inchi terhadap Kandungan Nitrogen Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik	34
4.2.2.3 Pengaruh Ukuran Partikel 3 inchi terhadap Kandungan Nitrogen Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik	35
4.2.2.4 Analisa Anova Faktorial	36
4.2.2.5 Analisis Hubungan Dua Arah	37
4.2.2.6 Analisis Keragaman	37
4.2.2.7 Analisis Duncan Multivariance Range Test	39
4.2.3 Analisa P	41
4.2.3.1 Pengaruh Ukuran Partikel 1 inchi terhadap Kandungan Phospor Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik	41

4.2.3.2 Pengaruh Ukuran Partikel 2 inchi terhadap	
Kandungan Phospor Setelah Proses Pengomposan	
Secara Anaerobik	41
4.2.3.3 Pengaruh Ukuran Partikel 3 inchi terhadap	
Kandungan Phospor Setelah Proses Pengomposan	
Secara Anaerobik	42
4.2.3.4 Analisa Anova Faktorial	43
4.2.3.5 Analisis Hubungan Dua Arah	44
4.2.3.6 Analisis Keragaman	44
4.2.3.7 Analisis Duncan Multivariate Range Test	46
4.2.4 Analisa K	48
4.2.4.1 Pengaruh Ukuran Partikel 1 inchi terhadap	
Kandungan Kalium Setelah Proses Pengomposan	
Secara Anaerobik	48
4.2.4.2 Pengaruh Ukuran Partikel 2 inchi terhadap	
Kandungan Kalium Setelah Proses Pengomposan	
Secara Anaerobik	48
4.2.4.3 Pengaruh Ukuran Partikel 3 inchi terhadap	
Kandungan Kalium Setelah Proses Pengomposan	
Secara Anaerobik	49
4.2.4.4 Analisa Anova Faktorial	50
4.2.4.5 Analisis Hubungan Dua Arah	51
4.2.4.6 Analisis Keragaman	51
4.2.4.7 Analisis Duncan Multivariate Range Test	53
4.2.5 Analisa C/N	55
4.2.5.1 Pengaruh Ukuran Partikel 1 inchi terhadap	
Kandungan C/N Setelah Proses Pengomposan	
Secara Anaerobik	55
4.2.5.2 Pengaruh Ukuran Partikel 2 inchi terhadap	
Kandungan C/N Setelah Proses Pengomposan	
Secara Anaerobik	55
4.2.5.3 Pengaruh Ukuran Partikel 3 inchi terhadap	

Kandungan C/N Setelah Proses Pengomposan	
Secara Anaerobik	56
4.2.5.4 Analisa Anova Faktorial	57
4.2.5.5 Analisis Hubungan Dua Arah	58
4.2.5.6 Analisis Keragaman	58
4.2.5.7 Analisis Duncan Multivariate Range Test	60
4.3 Pembahasan	62
BAB V PENUTUP	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Prosentase Komposisi Sampah Rata - rata	6
Tabel 2.2.3 Spesifikasi Kualitas Kompos dari Sampah Organik Domestik	10
Tabel 3.5 Rancangan Statistik Penelitian	22
Tabel 4.1 Karakteristik Sampah Awal Pada Ukuran Partikel 1 Inchi	25
Tabel 4.2 Karakteristik Sampah Awal Pada Ukuran Partikel 2 Inchi	25
Tabel 4.3 Karakteristik Sampah Awal Pada Ukuran Partikel 3 Inchi	25
Tabel 4.4 Pengaruh Ukuran Partikel 1 inchi terhadap penurunan Karbon setelah pengomposan anaerobik	26
Tabel 4.5 Pengaruh Ukuran Partikel 2 inchi terhadap penurunan Karbon setelah pengomposan anaerobik	27
Tabel 4.6 Pengaruh Ukuran Partikel 3 inchi terhadap penurunan Karbon setelah pengomposan anaerobik	27
Tabel 4.7 Analisis Faktorial	29
Tabel 4.8 Analisis Hubungan Dua Arah	30
Tabel 4.9 Analisis Keragaman	30
Tabel 5.0 Analisi Duncan Multivariate Range Test	32
Tabel 5.1 Pengaruh Ukuran Partikel 1 inchi terhadap kandungan Nitrogen setelah pengomposan anaerobik	34
Tabel 5.2 Pengaruh Ukuran Partikel 2 inchi terhadap kandungan Nitrogen setelah pengomposan anaerobik	34
Tabel 5.3 Pengaruh Ukuran Partikel 3 inchi terhadap kandungan Nitrogen setelah pengomposan anaerobik	35
Tabel 5.4 Analisis Faktorial	36
Tabel 5.5 Analisis Hubungan Dua Arah	37

Tabel 5.6 Analisis Keragaman	37
Tabel 5.7 Analisi Duncan Multivariate Range Test	39
Tabel 5.8 Pengaruh Ukuran Partikel 1 inchi terhadap kandungan Phospor setelah pengomposan anaerobik	41
Tabel 5.9 Pengaruh Ukuran Partikel 2 inchi terhadap kandungan Phospor setelah pengomposan anaerobik	41
Tabel 6.0 Pengaruh Ukuran Partikel 3 inchi terhadap kandungan Phospor setelah pengomposan anaerobik	42
Tabel 6.1 Analisis Faktorial	43
Tabel 6.2 Analisis Hubungan Dua Arah	44
Tabel 6.3 Analisis Keragaman	44
Tabel 6.4 Analisis Duncan Multivariate Range Test	46
Tabel 6.5 Pengaruh Ukuran Partikel 1 inchi terhadap kandungan Kalium setelah pengomposan anaerobik	48
Tabel 6.6 Pengaruh Ukuran Partikel 2 inchi terhadap kandungan Kalium setelah pengomposan anaerobik	48
Tabel 6.7 Pengaruh Ukuran Partikel 3 inchi terhadap kandungan Kalium setelah pengomposan anaerobik	49
Tabel 6.8 Analisis Faktorial	50
Tabel 6.9 Analisis Hubungan Dua Arah	51
Tabel 7.0 Analisis Keragaman	51
Tabel 7.1 Analisis Duncan Multivariate Range Test	53
Tabel 7.2 Pengaruh Ukuran Partikel 1 inchi terhadap kandungan C/N setelah pengomposan anaerobik	55
Tabel 7.3 Pengaruh Ukuran Partikel 2 inchi terhadap kandungan C/N setelah pengomposan anaerobik	55
Tabel 7.4 Pengaruh Ukuran Partikel 3 inchi terhadap kandungan C/N setelah pengomposan anaerobik	56
Tabel 7.5 Analisis Faktorial	57
Tabel 7.6 Analisis Hubungan Dua Arah	58
Tabel 7.7 Analisis Keragaman	58
Tabel 7.8 Analisis Duncan Multivariate Range Test	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	23
Gambar 3.2 Reaktor Pengomposan anaerobik	24
Gambar 4.2 Grafik Kandungan C setelah proses pengomposan anaerobik	28
Gambar 4.3 Grafik Kandungan N setelah proses pengomposan anaerobik	35
Gambar 4.4 Grafik Kandungan P setelah proses pengomposan anaerobik	42
Gambar 4.5 Grafik Kandungan K setelah proses pengomposan anaerobik	49
Gambar 4.6 Grafik Kandungan C/N setelah proses pengomposan anaerobik	56

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada masyarakat modern, sejumlah besar limbah organik dihasilkan. Sampah atau limbah padat berasal dari sisa-sisa makanan, kotoran - kotoran, limbah perkotaan, dan lumpur yang berasal dari limbah pengolahan air. Bahan-bahan tersebut sering dibuang ke *landfill*, dimana dapat menyebabkan masalah lingkungan, seperti: melepaskan mineral dan logam berat, serta menguapnya zat berbau (Ginkel. J.T, 1999). Menurut hasil penelitian Puslitbang, potensi pencemaran sampah makin bertambah besar karena komposisi sampah organiknya jauh lebih banyak dibandingkan sampah non organik. Sampah non organik seperti pecahan kaca, piring, botol bekas minuman dan kertas mudah didaur ulang dan tidak menimbulkan pencemaran, sebaliknya sampah organik mudah mengalami pembusukan dan bisa larut dalam air tanah yang menimbulkan pencemaran. Kota-kota di Indonesia sampah organiknya rata-rata bisa mencapai 60 % dari seluruh sampah, namun kota-kota di negara lain komposisi sampah organik atau sampah dapur hanya sekitar 9,42 % dan 28 % (*Kompas*, Senin 1 November 1999).

Sampah organik tersusun atas bahan-bahan yang dapat diperbaharui, didaur ulang dan dirombak oleh mikroorganisme pengurai menjadi unsur yang dapat digunakan oleh tanaman tanpa mencemari tanah dan air. Hasil rombakan bahan organik umumnya memiliki nilai guna yang sangat baik terutama untuk tanaman. Untuk menghasilkan produk rombakan yang baik dibutuhkan mikroorganisme yang sesuai.

Dari penelitian sebelumnya diketahui bahwa bakteri *Bacillus sphaericus* memiliki kemampuan metabolisme yang cukup tinggi pada kondisi pengomposan anaerobik alami (Ahmadinejad, 2005).

Proses pengomposan anaerobik yang selama ini jarang digunakan dapat dijadikan sebagai alternatif untuk pengomposan sampah organik. Salah satu keunggulan dari pengomposan anaerobik adalah tidak diperlukannya energi luar

pada reaksi pembentukan komposnya, mampu menghasilkan sumber energi dan mampu menstabilisasi buangan (Tsabitah, 2007).

Berdasarkan latarbelakang diatas maka perlu dilakukan penelitian untuk mengolah sampah organik menjadi kompos secara anaerobik dengan memanfaatkan bakteri *Bacillus sphaericus* sebagai mikroba pengurainya. Untuk mendukung penelitian tersebut perlu ditentukan variabel penelitiannya, dimana variabel bebasnya adalah variasi ukuran partikel dan variasi komposisi sampah, sedangkan untuk variabel terikatnya adalah unsur - unsur organik seperti C, N, P, K dan rasio C/N. Unsur - unsur organik tersebut merupakan tolak ukur dalam proses degradasi pada penelitian ini.

1.2 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian yaitu :

1. Penelitian menerapkan proses pengomposan secara anaerobik dengan penambahan bakteri *Bacillus sphaericus*.
2. Variabel penelitian adalah variasi ukuran partikel sampah dan variasi pengomposan.
3. Parameter yang diukur :
 - ❖ Karbon (C)
 - ❖ Rasio C/N
 - ❖ N, P, dan K
5. Obyek / Lokasi Penelitian
 - Sampah rumah tangga yang sampelnya diambil dari rumah penduduk kota Malang.
 - Laboratorium Mikrobiologi Teknik Kimia ITN Malang
6. Waktu Penelitian selama kurang lebih 3 minggu.

1.3 Maksud dan Tujuan

- ◆ Maksud dari penelitian ini adalah :
Menemukan suatu metode pengomposan anaerobik yang efektif
- ◆ Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk :
 1. Mengetahui pengaruh bakteri *Bacillus sphaericus* dalam degradasi sampah organik secara anaerobik
 2. Menentukan ukuran partikel sampah organik dengan penambahan bakteri *Bacillus sphaericus* dalam menghasilkan kadar C, N, P, K dan rasio C/N yang baik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian tersebut adalah :

1. Mengurangi resiko lingkungan yang diakibatkan oleh sampah terutama sampah organik seperti estetika dan pencemaran air tanah.
2. Menemukan suatu metode pengomposan secara anaerobik yang tepat.
3. Mengurangi penggunaan pupuk kimia yang dapat merusak tanah dan lingkungan.

1.5 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penambahan bakteri *Bacillus sphaericus* terhadap hasil pengomposan anaerobik ditinjau dari kadar C, N, P, K dan rasio C/N.
2. Bagaimana pengaruh ukuran partikel sampah dan variasi komposisi sampah terhadap hasil pengomposan anaerobik ditinjau dari kadar C, N, P, K dan rasio C/N

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

2.1.1 Definisi Sampah

Sampah adalah semua buangan padat yang dihasilkan oleh aktivitas hidup manusia dan hewan yang dibuang karena sudah tidak berguna lagi atau tidak dikehendaki (Tchobanaglou, G.H. Theisen, Samuel.A. Vigil).

Sampah terdiri dari dua bagian, yaitu organik dan anorganik. Rata-rata persentase bahan organik sampah mencapai 80 %, sehingga pengomposan merupakan alternatif penanganan yang sesuai. Sampah rumah tangga pada umumnya sebagian besar terdiri dari sisa-sisa sayuran dan buah yang kadar airnya tinggi. Jumlahnya yang besar yang dikeluarkan oleh rumah tangga setiap harinya merupakan potensi yang pantas diperhitungkan. Dengan mengolah sampah rumah tangga menjadi kompos berarti melakukan dua pekerjaan sekaligus, yaitu membuat kompos dan mengurangi beban lingkungan.

2.1.2 Jenis Sampah

Sampah berdasarkan asalnya dapat digolongkan menjadi:

1. Sampah Organik

Sampah organik terdiri dari bahan- bahan penyusun tumbuhan dan hewan yang diambil dari alam atau dihasilkan dari kegiatan pertanian, perikanan atau yang lain. Sampah rumah tangga sebagian besar merupakan bahan organik, misalnya sampah dari dapur, sisa tepung, sayuran, kulit buah, dan daun.

2. Sampah Anorganik

Sampah organik berasal dari sumber daya alam tak terbarui seperti mineral dan minyak bumi, atau dari proses industri. Beberapa dari bahan ini tidak terdapat di alam seperti plastik dan aluminium. Sampah jenis ini pada tingkat rumah tangga, misalnya berupa botol, botol plastik, tas plastik, dan kaleng.

2.1.3 Sumber sampah

Menurut Suprihatin (1996), sampah berdasarkan sumbernya dibagi menjadi:

a. Sampah dari Pemukiman / Rumah Tangga

Umumnya sampah rumah tangga berupa sisa pengolahan makanan, perlengkapan rumah tangga bekas, kertas, kardus, gelas, kain, sampah kebun/halaman, dan lain-lain.

b. Sampah dari Pertanian dan Perkebunan

Sampah dari kegiatan pertanian tergolong bahan organik, seperti jerami daun kering, dan sejenisnya. Untuk sampah bahan kimia seperti pestisida dan pupuk buatan perlu perlakuan khusus agar tidak mencemari lingkungan. Sampah pertanian lainnya adalah lembaran plastik penutup tempat tumbuh-tumbuhan yang berfungsi untuk mengurangi penguapan dan menghambat pertumbuhan gulma, namun plastik ini bisa didaur ulang.

c. Sampah dari Sisa Bangunan dan Konstruksi Gedung

Sampah yang berasal dari kegiatan pembangunan dan pemugaran gedung ini bisa berupa bahan organik maupun anorganik. Sampah organik, misalnya: kayu, bambu, triplek. Sampah anorganik, misalnya: semen, pasir, batu- batu, ubin, besi dan baja, kaca dan kaleng.

d. Sampah dari Perdagangan dan Perkantoran

Sampah yang berasal dari Perdagangan seperti: toko, pasar tradisional, warung, pasar swalayan ini terdiri dari kardus, pembungkus, kertas, dan bahan organik termasuk sampah makanan dan restoran. Sampah yang berasal dari perkantoran biasanya terdiri dari kertas, alat tulis-menulis, pita printer, kotak tinta printer, baterai, bahan kimia dari laboratorium, pita mesin ketik, komputer rusak, dan lain-lain.

e. Sampah dari Industri

Sampah ini berasal dari seluruh rangkaian proses produksi (bahan-bahan kimia serpihan/potongan bahan), perlakuan dan pengemasan produk (kertas, kayu, plastik, kain/lap yang jenuh dengan pelarut untuk pembersihan).

f. Sampah Khusus

Sampah khusus disini adalah sampah yang memerlukan penanganan khusus untuk menghindari bahaya yang akan ditimbulkannya.

Sampah khusus ini antara lain meliputi:

1. Sampah dari Rumah Sakit

Contoh: botol infuse, alat suntik, botol vaksin, perban bekas luka.

2. Baterai kering dan Akumulator Bekas

2.1.4 Komposisi Sampah

Komposisi sampah perkotaan di indonesia secara umum dapat kita lihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Prosentase Komposisi sampah Rata-rata

No	Komponen	%
1	Organik	73,98
2	Kertas	10,18
3	Kaca	1,75
4	Plastik	7,86
5	Logam	2,04
6	Kayu	0,98
7	Kain	1,57
8	Karet	0,55
9	Batere	0,29
10	Lain-lain	0,86
Total		100

Sumber: Studi Komposisi dan Karakteristik BPPT dalam Suprihatin (1999)

Dari tabel 2.1 diatas dapat dilihat bahwa komposisi sampah perkotaan di indonesia secara umum sampah organik menempati peringkat tertinggi sebanyak 73,98 %.

2.1.5 Pemisahan Sampah Organik dan Sampah Anorganik

Salah satu alternatif pengelolaan sampah untuk mengurangi sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir adalah dengan mereduksi sampah semenjak dari sumbernya. Usaha ini dapat dilakukan dengan cara memisahkan sampah organik dengan sampah anorganik. Selain mengurangi jumlah sampah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir pemisahan sampah organik dan sampah anorganik berfungsi untuk mempertahankan nilai bahan-bahan anorganik yang masih dapat dimanfaatkan atau di daur ulang serta dapat mempermudah dan mempercepat proses pembuatan kompos.

Pemisahan sampah sangat sulit diterapkan dalam kehidupan masyarakat. Hal ini menemui kendala yaitu kurangnya kesadaran masyarakat. Kurangnya kesadaran masyarakat bisa dipengaruhi oleh berbagai macam faktor.

2.2 Pengomposan (*Composting*)

Uraian mengenai proses pengomposan berikut ini bersumber dari Suriawiria (1996). Pengomposan merupakan salah satu contoh proses pengolahan sampah secara aerobik dan anaerobik yang merupakan proses saling menunjang untuk menghasilkan kompos. Sampah yang dapat digunakan dengan baik sebagai bahan baku kompos adalah sampah organik, karena mudah mengalami proses dekomposisi oleh mikroba - mikroba.

Proses dekomposisi senyawa organik oleh mikroba merupakan proses berantai. Senyawa organik yang bersifat heterogen bercampur dengan kumpulan jasad hidup yang berasal dari udara, tanah, air dan sumber lainnya, lalu didalamnya terjadi proses mikrobiologis. Beberapa hal yang harus diperhatikan agar proses tersebut berjalan lancar adalah perbandingan nitrogen dan karbon didalam bahan, bentuk dan jenis bahan dan jenis mikroba yang berperan didalamnya.

2.2.1 Prinsip Pengomposan

Pengomposan dapat terjadi dalam kondisi aerobik dan anaerobik. Pengomposan aerobik terjadi dalam keadaan ada O_2 sedangkan pengomposan anaerobik tanpa O_2 . Dalam prinsip pengomposan terjadi penurunan kadar C/N

rasio bahan organik. Dengan semakin tingginya C/N bahan maka proses pengomposan akan semakin lama karena C/N harus diturunkan. Dalam proses pengomposan terjadi perubahan seperti dibawah ini :

1. Karbohidrat, selulosa, hemiselulosa, lemak dan lilin menjadi CO₂ dan air.
2. Zat putih telur menjadi amonia, CO₂ dan air.
3. Peruraian senyawa organik menjadi senyawa yang mudah diserap tanaman.

Dengan perubahan tersebut, kadar karbohidrat akan hilang atau turun dan senyawa N yang larut (amonia) meningkat, C/N akan semakin rendah dan relatif stabil mendekati C/N tanah.

Kompos merupakan bahan organik yang telah membusuk beberapa bagian (*partially decomposed*) sehingga berwarna gelap, mudah hancur (*crumbled*), dan memiliki aroma seperti tanah (*earthy*). Kompos dibuat melalui proses biologi, yaitu seperti penguraian pada jaringan tumbuhan oleh organisme yang ada dalam tanah (*soil*). Ketika proses pembusukan selesai, kompos akan berwarna coklat kehitaman dan menjadi material bubuk bernama humus.

Dalam kondisi alami, hewan dan tumbuhan akan mati di atas tanah. Makhluk hidup yang telah mati tersebut akan diuraikan bakteri pembusuk, kemudian membentuk suatu material yang dapat menghidupkan dan menyuburkan tanaman. Proses yang terjadi dalam pembuatan kompos ini tidak jauh berbeda dengan proses pada penguraian tersebut. Oleh karena itu, pembuatan kompos sering dianggap sebagai seni dalam merubah kematian menjadi kehidupan (*the art of turning death into life*). National Organic Gardening Centre yang berada di Kota Coventry, Inggris dalam publikasinya menjelaskan, pembuatan kompos pada dasarnya adalah membuat suatu kondisi yang mendukung (*favourable condition*) bagi pertumbuhan populasi mikroorganisme dalam proses pembusukan untuk membuat material humus yang sangat penting bagi tanah. Pembusukan dalam pembuatan kompos akan lebih cepat (*speeded up*) dibandingkan dengan pembusukan yang terjadi pada proses alami.

Pada prinsipnya pembuatan kompos merupakan pencampuran bahan organik dengan mikroorganisme sebagai aktivator. Mikroorganisme tersebut dapat

diperoleh dari berbagai sumber, seperti kotoran ternak (*manure*) atau bakteri inokulan (*bacterial inoculant*). Mikroorganisme tersebut berfungsi dalam menjaga keseimbangan karbon (C) dan nitrogen (N) yang merupakan faktor penentu keberhasilan pembuatan kompos. Bahan yang diperlukan dalam pembuatan kompos adalah substansi organik. Bahan tersebut dapat berupa dedaunan, potongan-potongan rumput, sampah sisa sayuran, dan bahan lain yang berasal dari makhluk hidup. Kemudian, bahan-bahan tersebut harus memiliki rasio karbon dan nitrogen yang memenuhi syarat agar berlangsung pengomposan secara sempurna. Sampah organik dapat diubah menjadi kompos dengan suksesi berbagai macam organisme. Selama fase awal pengomposan, bakteri meningkat dengan cepat. Berikutnya, bakteri berfilamen (*actinomyces*), jamur, dan protozoa mulai bekerja. Setelah sejumlah besar karbon (C) dalam kompos dimanfaatkan (*utilized*) dan temperatur mulai turun, centipedes, milipedes, kutu, cacing tanah, dan organisme lainnya melanjutkan proses pengomposan (Starbuck, 2004).

Organisme yang bertugas dalam menghancurkan material organik membutuhkan nitrogen (N) dalam jumlah yang besar. Oleh karena itu, dalam proses pengomposan perlu ditambahkan material yang mengandung nitrogen agar berlangsung proses pengomposan secara sempurna. Material tersebut salah satunya dapat diperoleh dari kotoran ternak (*manure*). Nitrogen akan bersatu dengan mikroba selama proses penghancuran material organik. Setelah proses pembusukan selesai, nitrogen akan dilepaskan kembali sebagai salah satu komponen yang terkandung dalam kompos. Pada fase berikutnya, jamur (*fungi*) akan mencerna kembali substansi organik untuk cacing tanah dan *actinomyces* agar mulai bekerja. Cacing tanah akan bertugas dalam mencampurkan substansi organik yang telah dicerna kembali oleh jamur dengan sejumlah kecil tanah lempung (*clay*) dan kalsium yang terkandung dalam tubuh cacing tanah. Selama proses tersebut, rantai karbon yang telah terpolimerisasi (*polymerized*) akan tersusun kembali pada pembentukan humus dengan menyerap berbagai kation seperti sodium, amonium, kalsium, dan magnesium. Dalam tahap ini, kompos sudah bisa digunakan sebagai pupuk pada tumbuhan penghasil jagung, labu, ketela, melon, dan kubis.

Pada fase terakhir, organisme mengoksidasi substansi nitrogen menjadi nitrat yang dibutuhkan akar tanaman dan tumbuhan bertunas (*sprouting plants*) seperti rebung dan tauge. Kompos akan berubah menjadi gelap, wangi, remah, dan mudah hancur. Fase ini disebut juga sebagai fase kematangan (*ripeness*) karena kompos sudah dapat digunakan.

2.2.2 Manfaat Kompos.

Kompos sebagai pupuk alternatif yang saat ini tengah tergeser posisinya oleh pupuk berbahan kimia ternyata selain ramah lingkungan juga memiliki beberapa manfaat lain seperti :

1. Merangsang granulasi dan agregasi dalam tanah yang menyebabkan tanah sarang, memiliki kemampuan memegang air tanah dan retensi yang tinggi.
2. Mengurangi pengikisan tanah oleh air dan sebagai nutrient penyubur tanaman.
3. Memerbaiki tanah agar strukturnya bisa dipertahankan dalam jangka waktu yang lama (*sustainable*).

2.2.3 Spesifikasi Kualitas Kompos dari Sampah Organik Domestik.

Spesifikasi kualitas kompos yang berasal dari sampah organik adalah sebagai berikut :

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Karbon	%	9.80	32
2	Nitrogen	%	0.40	-
3	Phospor	%	0.10	-
4	Kalium	%	0.20	*
5	C/N rasio		10	20
6	Ukuran Partikel	mm	0.55	25

Keterangan : Simbol * artinya nilai lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

Sumber : SNI 19 – 7030 – 2004 (*Spesifikasi Kompos Domestik*)

2.3 Degradasi Sampah Organik

Biodegradasi adalah proses dimana zat organik dipecah oleh organisme hidup. Material organik dapat diturunkan secara aerobik dengan oksigen, atau anaerobik tanpa oksigen. Suatu istilah berhubungan dengan biodegradasi adalah biomineralisasi, di mana perihal organik diubah jadi mineral. Biodegradable material biasanya organik seperti tumbuhan dan binatang atau dengan kata lain permulaan unsur dari organisme hidup.

2.3.1 Degradasi Anaerobik

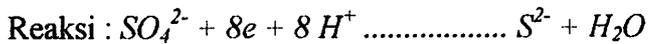
Degradasi anaerobik adalah suatu reaksi biokimia yang kompleks. Degradasi ini melibatkan jasad renik yang tidak memerlukan kehadiran oksigen. Barang sisa biodegradabel didalam sampah menurunkan tingkat ketidakhadiran oksigen melalui proses pencernaan anaerobik. Proses tersebut dapat berlangsung pada kondisi mesofilik. Tahapan – tahapan yang terjadi selama proses pengomposan anaerobik terdiri dari empat tahap antara lain :

- Tahap pertama yaitu bahan organik kompleks diuraikan menjadi molekul organik sederhana. Molekul tersebut kemudian larut dalam air. Kemudian terjadi proses pemutusan ikatan kimia antar unsur dari bahan yang diuraikan.
- Tahap kedua yaitu terjadinya proses pembusukan karbohidrat secara kimia oleh enzim yang dihasilkan bakteri, proses ini disebut acidogenesis yang juga menegaskan ketidakhadiran oksigen.
- Tahap ketiga yaitu tahap dimana hasil dari proses acidogenesis diubah menjadi asam cuka, hidrogen dan zat asam arang.
- Tahap keempat yaitu tahap dimana unsur yang dibentuk dari asam cuka, hidrogen dan karbondioksida dikonversi oleh bakteri secara termodinamis menjadi gas methan.

Produk biodegradasi anaerobik ini adalah biogas, lignin dan serat bahan kimia untuk cat atau kertas yang tidak bisa dipecah oleh mikroba anaerobik. Biodegradasi anaerobik dapat terukur oleh mikroba anaerobik dan jumlah methana (gas) yang dapat dihasilkan. Proses penguraian senyawa organik yang berasal dari sampah dapat berlangsung dalam kondisi anaerobik menjadi gas-gas

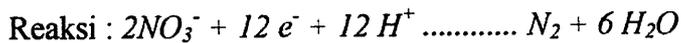
yang mengandung karbondioksida dan metan. Perubahan tersebut dapat dijelaskan melalui persamaan reaksi sebagai berikut :

- ◆ Sulfat reduser : perubahan sulfat menjadi sulfida :



Sumber karbon yang digunakan adalah bahan organik.

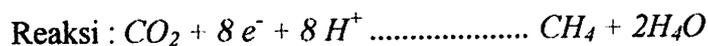
- ◆ Nitrat reduser : nitrat direduksi menjadi nitrogen bebas :



Bakteri yang melakukan proses ini salah satunya dari kelas *Bacillus*.

- ◆ Pembentukan Metan :

Karbon dioksida, asam cuka dan hidrogen dikonversi menjadi metan :



(Sitaresmi, 2002 dan Nunuk Priani, 2004)

Pada prinsipnya produk akhir yang dihasilkan adalah karbondioksida, gas metan, amoniak, hidrogen sulfida dan kompos. Karbondioksida dan metan yang dihasilkan biasanya mencapai 99% dari total gas yang diproduksi.

Dengan ketidakhadiran oksigen maka bakteri dengan sifat anaerobik yang melakukan katabolisme dimana proses ini menghasilkan produk akhir yaitu metan dan karbondioksida. Methan yang dihasilkan melalui tiga tahap aktivitas dari tiga kelompok utama bakteri, yaitu bakteri fermentatif (menghasilkan asam), bakteri acetogenik (menghasilkan hidrogen), bakteri methanogenik dimana bakteri ini hanya dapat hidup pada kondisi anaerob obligat (*Price et al, 1981 dalam paramitha, 2002*).

2.4 Mikroorganisme

Sudah hampir berpuluh-puluh metode penyelesaian masalah sampah diuji cobakan, mulai dari skala terkecil hingga terbesar. Hasilnya, bahwa model penelitian tersebut telah memberikan gambaran untuk memilih salah satu model yang paling sesuai dengan kondisi lingkungan dan sumber daya setempat. Dari sekian banyak mengenai pengujian teknologi pengomposan sampah rumah tangga, hampir semuanya tergantung pada “keajaiban” bakteri. Yaitu bakteri aerob maupun bakteri anaerob yang dapat membantu proses fermentasi atau dekomposisi.

Pemanfaatan mikroorganisme pada proses pengomposan bertujuan untuk mengurai bahan-bahan organik yang terkandung dalam sampah. Mikroorganisme tersebut dibedakan atas dua kelompok yaitu mikroorganisme yang hidup pada temperatur $23^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$ (Mesophilic) dan yang hidup pada temperatur $45^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C}$ (Thermophilic). Kedua jenis mikroorganisme ini melakukan proses pencernaan secara kimiawi, dimana bahan organik dilarutkan kemudian diuraikan. Proses penguraian ini akan mengakibatkan semakin meluasnya permukaan bahan. Kemudian akan mempercepat proses perkembangbiakan mikroorganisme. Semakin besar populasi mikroorganisme, semakin cepat proses degradasi pada sampah dan semakin cepat pula proses pembusukan sampah (Harold. B. Gotaas. 1965).

2.5 *Bacillus Sphaericus*

Dapat bersifat aerob dan anaerob seperti umumnya kelas bacilli. Dibawah tekanan kondisi lingkungan tertentu, sel menghasilkan bujur telur endospora dan dapat bertahan dalam waktu lama. Pembrokanya secara umum dengan medium cair dan pada suhu kamar. Secara mikroskopis berbentuk seperti tangkai dengan jarak antara kisi $12,5\ \mu\text{m}$ dan ukuran pori $5,5\ \mu\text{m}$, suatu bagian substansi pada umumnya berisi satu endospora. Menghasilkan enzim secara biologi yang peka rangsangan protein atau cuka nukloid. Enzim tersebut dihasilkan oleh *Bacillus sphaericus* dalam proses penguraian yang dilarutkan dalam selaput air (water film) yang melapisi bahan organik, yang berfungsi mengurai bahan-bahan organik yang diserapnya. Memiliki kemampuan dalam mendegradasi senyawa *Triklorofenol* pada kandungan sampah melalui proses dekomposisi alami. *Bacillus sphaericus* juga memiliki sebuah bagian khusus dari selnya yang mampu membantunya dalam proses penguraian bahan – bahan organik secara anaerob maupun fakultatif aerob (Ahmadinejad, 2005). Bakteri *Bacillus sphaericus* dapat hidup pada kondisi mesofilik dimana kondisi ini memungkinkan terjadinya dekomposisi anaerob.

Pada sebuah percobaan pengomposan anaerobik secara alami tanpa pengkondisian atau manipulasi pengomposan, diketahui pada hari ke 14 pengomposan, mikroorganisme yang dominan adalah bakteri *Bacillus* (Sadikin, 2000). Pertumbuhan populasi bakteri pada penelitian tersebut menunjukkan jumlah sel dari *Bacillus sphaericus* yang hampir mendominasi proses pengomposan yang berlangsung tersebut. Dengan mengetahui tingkat pertumbuhan bakteri tersebut dapat diketahui pula kemampuan degradasi bakteri *Bacillus sphaericus* pada sampah (Ahmadinejad, 2005).

Bahan organik merupakan sumber energi dan karbon untuk pertumbuhan tubuh baru jasad renik. Selain membedakan energi, dekomposisi bahan organik oleh mikroba juga membebaskan sejumlah senyawa penyusun seperti N, P, S serta CO₂, CH₄, asam –asam organik dan alkohol.

Dalam proses dekomposisi, mikroorganisme baik mesofilik maupun termofilik mempunyai cara tertentu. Kedua jenis mikroorganisme ini melakukan pencernaan secara kimia, dimana bahan organik dilarutkan kemudian diuraikan. Langkah pertama dalam dekomposisi sampah adalah bahan organik dibelah menjadi lebih kecil oleh mikroorganisme mesofilik. Selanjutnya permukaan partikel – partikel kecil ini diselimuti air, karena kondisi sampah yang sudah basah. Mikroorganisme akan mengeluarkan enzim yang mampu bereaksi dengan partikel tersebut. Reaksi ini mengeluarkan permukaan organik menjadi unsur – unsur hara yang mampu diserap oleh mikroorganisme. Reaksi ini berlangsung terus, sehingga bahan organik semakin terpecah menjadi partikel dan lignin, serta material lain yang resisten, yang diuraikan setelah material terdekomposisi lain digunakan. Setelah tahap ini, konsumen tingkat 1 akan menjadi makanan konsumen tingkat 2 seperti lebah, nematoda dan protozoa. Konsumen tingkat 3 seperti lipan, lebah terbang dan semut akan memangsa konsumen tingkat 2.

2.6 Unsur Kimia Faktor Degradasi Sampah Organik

2.6.1 Karbon (C)

Karbon merupakan unsur kimia yang mempunyai simbol C. Karbon merupakan unsur non-logam. Karbon terdapat di dalam semua makhluk hidup dan merupakan dasar kimia organik. Unsur ini juga memiliki keunikan dalam kemampuannya untuk membentuk ikatan kimia dengan sesama karbon maupun banyak jenis unsur lain, membentuk hampir 10 juta jenis senyawa yang diketahui. Pengurangan Unsur karbon dalam sampah menunjukkan tingkat dekomposisi pada sampah, hal ini berkaitan erat dengan aktifitas mikroorganisme yang memanfaatkan karbon dari sampah sebagai sumber energi untuk proses metabolisme selnya. Semakin besar nilai penurunan karbon menunjukkan semakin banyak bakteri yang mereduksi sampah.

2.6.2 Nitrogen (N)

Nitrogen atau Zat lemas adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang N. Biasanya ditemukan sebagai gas tanpa warna, tanpa bau, tanpa rasa dan merupakan gas diatomik bukan logam yang stabil, sangat sulit bereaksi dengan unsur atau senyawa lainnya. Dinamakan zat lemas karena zat ini bersifat malas, tidak aktif bereaksi dengan unsur lainnya. Nitrogen adalah 78,08% persen dari atmosfer Bumi dan terdapat dalam banyak jaringan hidup. Zat lemas membentuk banyak senyawa penting seperti asam amino, amoniak, asam nitrat, dan sianida. Kegunaan senyawa nitrogen dalam bidang pertanian dan perusahaan pada awalnya ialah dalam bentuk kalium nitrat, terutama dalam penghasilan serbuk peledak (garam mesiu), dan kemudiannya, sebagai baja dan juga stok makanan ternak kimia. Hidrida utama nitrogen ialah amonia (NH_3) walaupun hidrazina (N_2H_4) juga banyak ditemukan. Amonia bersifat basa dan terlarut sebagian dalam air membentuk ion ammonium (NH_4^+). Amonia cair sebenarnya sedikit amfiprotik dan membentuk ion ammonium dan amida (NH_2^-); keduanya dikenal sebagai garam amida dan nitrida (N^{3-}), tetapi terurai dalam air. Nitrogen merupakan unsur kunci dalam asam amino dan asam nukleat, dan ini menjadikan nitrogen penting bagi semua kehidupan. Protein disusun dari asam-asam amino, sementara asam nukleat menjadi salah satu komponen pembentuk DNA dan RNA.

Dalam pengomposan keberadaan nitrogen sangat berpengaruh untuk menentukan tingkat kualitas kompos dan perannya sebagai sumber nutrisi bagi metabolisme bakteri.

2.6.3 Fosfor (P)

Fosfor adalah unsur kimia yang memiliki lambang P. Fosfor berupa nonlogam, bervalensi banyak, termasuk golongan nitrogen, banyak ditemui dalam batuan fosfat anorganik dan dalam semua sel hidup tetapi tidak pernah ditemui dalam bentuk unsur bebasnya. Fosfor amatlah reaktif, memancarkan pendar cahaya yang lemah ketika bergabung dengan oksigen, ditemukan dalam berbagai bentuk, dan merupakan unsur penting dalam makhluk hidup dan kehidupan. Kegunaan fosfor yang terpenting adalah dalam pembuatan pupuk, dan secara luas digunakan dalam bahan peledak, korek api, kembang api, pestisida, odol, dan deterjen. Secara umum fosfor membentuk padatan putih yang lengket yang memiliki bau yang tak enak tetapi ketika murni menjadi tak berwarna dan transparan. Nonlogam ini tidak larut dalam air, tetapi larut dalam karbon disulfida. Fosfor murni terbakar secara spontan di udara membentuk fosfor pentoksida. Fosfor dapat berada dalam empat bentuk atau lebih alotrop: putih (atau kuning), merah, dan hitam (atau ungu). Yang paling umum adalah fosfor merah dan putih, keduanya mengelompok dalam empat atom yang berbentuk tetrahedral. Fosfor putih terbakar ketika bersentuhan dengan udara dan dapat berubah menjadi fosfor merah ketika terkena panas atau cahaya. Fosfor putih juga dapat berada dalam keadaan alfa dan beta yang dipisahkan oleh suhu transisi $-3,8^{\circ}\text{C}$. Fosfor merah relatif lebih stabil dan menyublim pada 170°C pada tekanan uap 1 atm, tetapi terbakar akibat tumbukan atau gesekan. Fosfor sebagai salah satu hasil produksi makro dari pengomposan memiliki peran penting bagi kesuburan tanah.

2.6.4 Kalium

Kalium adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang K. Kalium berbentuk logam lunak berwarna putih keperakan dan termasuk golongan alkali tanah. Secara alami, kalium ditemukan sebagai senyawa dengan unsur lain dalam air laut atau mineral lainnya. Kalium teroksidasi dengan

sangat cepat di udara, sangat reaktif terutama dalam air, dan secara kimiawi memiliki sifat yang mirip dengan natrium. Dalam bahasa Inggris, Kalium sering disebut Potassium. Berperan sebagai kebutuhan hara bagi tanah demi pertumbuhan tanaman.

2.6.5 Hubungan N, P dan K dalam proses pengomposan

Secara keseluruhan merupakan kandungan unsur makro produk akhir pengomposan. Produk tersebut sangat tergantung pada peranan proses nitrifikasi yang berlangsung pada tumpukan karena pada proses ini setelah amonium dibebaskan melalui dekomposisi bahan organik yang mengandung nitrogen, terjadi oksidasi amonium menjadi nitrat, kation menjadi anion menyebabkan pengasaman dan akibatnya mineral meningkat seperti kalsium dan fosfat yang tentunya dengan tingkat toleransi tertentu sangat dibutuhkan untuk kestabilan struktur tanah.

2.7 Hubungan Unsur Karbon, Nitrogen dan Rasio C/N dengan Dekomposisi Sampah

Salah satu proses biokimia dalam bahan organik yang penting adalah mineralisasi yang dilakukan oleh berbagai macam mikroorganisme yang disebut organisme perombak, yang aktif melakukan perombakan bahan organik menjadi anaorganik. Proses mineralisasi N dikaitkan dengan kecepatan penyediaan N. Kandungan N atau rasio C/N umumnya dinyatakan sebagai faktor kimia penting yang menentukan dekomposisi dan mineralisasi N bahan organik. Tingkat rasio C/N optimum mempunyai rentang antara 20-25 (1,4 – 1,7 % N) ideal untuk dekomposisi maksimum karena tidak terjadi pembebasan nitrogen mineral dari sisa-sisa organik diatas jumlah yang dibutuhkan untuk sintesis mikroba. Agar terjadi mineralisasi secara optimal, kandungan N suatu bahan organik harus berada pada rentang 1,5 % - 2,5 %, dibawah nilai tersebut akan terjadi imobilisasi. Melalui analisa C/N diharapkan dapat diketahui jumlah bahan organik yang telah terdegradasi, dimana penambahan atau pengurangan nilai C menunjukkan sejauh mana mikroorganisme memanfaatkan bahan organik yang ada pada sampah. Sedangkan nilai N menunjukkan mengenai N terlarut hasil degradasi.

Perbandingan C dan N yang dihasilkan merupakan kondisi kematangan dari kompos.

2.8 Dedak

Penambahan dedak dalam proses degradasi dapat mengatur kadar karbon dan rasio C/N menjadi optimal untuk pengomposan. Dedak merupakan salah satu bahan penyedia karbon tambahan bagi kegiatan metabolisme bakteri pengurai dalam sampah. Dedak juga dapat menjadi solusi bagi permasalahan seputar bau yang timbul selama pengomposan yaitu bau yang seperti bau amonia, dimana bau tersebut timbul karena bahan yang dikomposkan teramat lembab dan kekurangan unsur karbon sebagai penyeimbang unsur nitrogen dalam bahan kompos. Nitrogen yang berlebihan saat proses pengomposan dapat menjadi penyebab timbulnya bau.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan selama sebulan dengan waktu optimal untuk proses pengomposan yang digunakan adalah empat belas (14) hari.

3.1.2 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium mikrobiologi jurusan teknik kimia ITN Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

- a) Untuk proses selanjutnya yaitu persiapan inokulum sebagai stater pada proses degradasi sampah maka perlu disiapkan beberapa peralatan antara lain :
 - a. Colony counter
 - b. pH meter
 - c. Termometer
 - d. Beaker glass
 - e. Erlenmeyer
 - f. Spatula
 - g. Timbangan elektrik
 - h. Gelas ukur
 - i. Oven
 - j. Autoklaf
 - k. Pipet tetes
 - l. Pipet ukur
 - m. Cawan petri
- b) Untuk proses pengomposan secara anaerob maka dipersiapkan beberapa alat antara lain :

- Ember plastik
- Selang plastik
- Plastik transparan

3.2.2 Bahan

Adapun bahan – bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain :

1. Sampel
Yang digunakan sebagai sampel penelitian adalah sampah organik
2. Bakteri *Bacillus Spaericus* sebagai mikroorganisme pendegradasi sampah.
3. Dedak sebagai peningkat jumlah karbon.
4. Lilin malam sebagai perekat tutup komposter

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

- a) Ukuran Partikel Sampah :

Adapun ukurannya adalah : 1 inchi, 2 inchi dan 3 inchi.

- b) Perlakuan kompos :

1. Sampah Organik (3 kg)
2. Sampah Organik (3 kg) + bakteri
3. Sampah Organik (3 kg) + bakteri + dedak (50 gr)

3.3.2 Variabel Terikat

- a) Karbon (C)
- b) Rasio C/N
- c) Nilai N, P dan K

3.4 Prosedur Penelitian

1. Persiapan komposter anaerobik.

Reaktor yang digunakan untuk proses pengomposan anaerobik adalah wadah plastik berbentuk silinder dengan diameter 36 cm dan tinggi 30 cm (ember plastik dengan volume 3 - 4 kg). Jumlahnya disesuaikan dengan variasi yang digunakan dalam penelitian yaitu 9 buah. Untuk memenuhi kriteria komposting anaerobik yang biasanya menghasilkan

lumpur dan air selama proses maka pada bagian dasar komposter dibuatkan semacam penampung atau penyalur air dan lumpur.

2. Persiapan bakteri :

- a) Biakan bakteri diambil dari lab. Mikrobiologi Univ. Brawijaya Malang.
- b) Untuk memudahkan saat bakteri diinjeksikan kedalam sampah, maka perlu dilakukan pengenceran terlebih dahulu.

3. Persiapan sampel (Sampah Organik)

Sampel atau sampah yang digunakan berasal dari sampah dapur yang organik. Sampah harus dihancurkan terlebih dahulu dengan ukuran partikel yang divariasikan menggunakan perajang sampah.

4. Proses Pengomposan Anaerobik

- a) Sampah yang telah dirajang kemudian dimasukkan kedalam komposter sesuai dengan ukuran masing – masing yaitu, partikel 1 inchi, 2 inchi dan 3 inchi masing – masing 3 buah reaktor.
- b) Sampah harus benar – benar mengisi seluruh ruang dari reaktor atau memadati komposter.
- c) Setelah sampah rajangan dimasukkan, kemudian diinjeksikan bakteri dan bakteri + dedak sesuai dengan reaktornya.
- d) Kemudian dimasukkan selang dengan diameter kecil $\pm \frac{1}{2}$ cm. Ujung selang yang berada didalam komposter (reaktor) harus terbenam dalam sampah $\pm \frac{2}{3}$ bagian dari tumpukan, untuk menyalurkan gas methan yang kemungkinan tercipta selama proses.
- e) Ujung selang yang berada diluar dipasang balon karet, maksudnya agar tidak ada udara yang masuk lewat ujung tersebut dan dapat diamati perubahan yang terjadi dimana bila balon mengembung berarti telah terbentuk gas yang disebut gas methan.
- f) Tutup rapat – rapat komposter tersebut. Untuk menutup komposter digunakan dua lapisan yaitu plastik transparan kemudian tutupan komposter (tutup wadah) tersebut.
- g) Letakkan komposter pada tempat yang aman dan terjaga.

- h) Secara fisik dapat dilakukan pengamatan terhadap besar dan kecil gelembung balon atau dengan berat komposter sebelum dan selama proses. Namun hal tersebut belum dapat mewakili tujuan dari penelitian ini. Karena itu diperlukan analisa lebih lanjut.

3.5 Rancangan Statistik Penelitian

Adapun rancangan statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak kelompok dengan dua faktorial. Faktor I adalah variasi reaktor kompos yang terdiri dari tiga level, sedangkan faktor II adalah variasi ukuran partikel yang terdiri dari tiga level dan jumlah ulangan yang digunakan adalah tiga kali ulangan. Berikut bentuk rancangan statistik penelitiannya

Tabel 3.5 Rancangan Statistik Penelitian

Pengomposan Anaerobik (komposter)	Ukuran Partikel (inchi)	Ulangan			Rataan
		I	II	III	
B ₁	1				
	2				
	3				
B ₂	1				
	2				
	3				
B ₃	1				
	2				
	3				
Total					

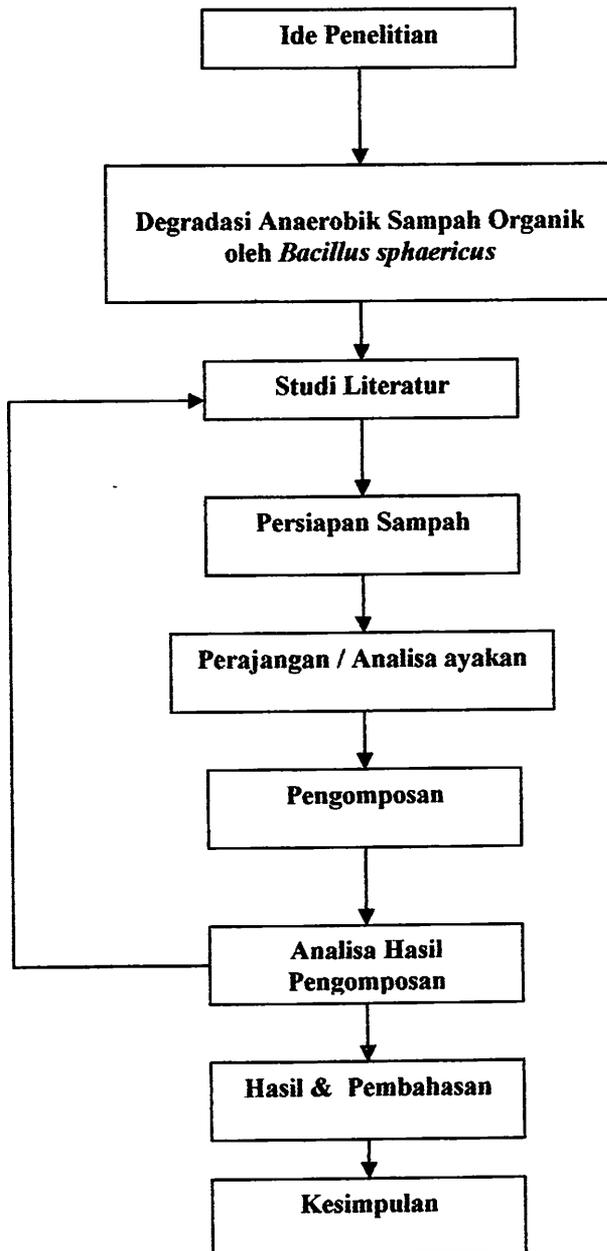
Keterangan :

B₁ : Sampah Organik (3 kg)

B₂ : Sampah Organik (3 kg) + Bakteri

B₃ : Sampah Organik (3 kg) + Bakteri + dedak (50 gr)

3.6 Kerangka Penelitian



Gambar. 3.1 Bagan Alir Penelitian

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian.

4.1.1 Karakteristik Sampah Awal Penelitian.

Karakteristik awal penelitian ini adalah hasil analisa laboratorium terhadap beberapa parameter penting yang menunjukkan karakteristik awal sampah sebelum dilakukan pengomposan secara anaerobik selama 14 hari. Karakteristik tersebut dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Karakteristik Sampah Awal pada ukuran partikel 1 inchi

Reaktor	C (%)	N (%)	Rasio C/N	P (%)	K (%)
B1	45.16	0.26	58.36	0.08	0.03
B2	50.93	0.25	60.85	0.07	0.05
B3	6.84	0.23	55.27	0.06	0.04

Sumber : Hasil penelitian

Tabel 4.2 Karakteristik Sampah Awal pada ukuran partikel 2 inchi

Reaktor	C (%)	N (%)	Rasio C/N	P (%)	K (%)
B1	50.68	0.28	70.23	0.04	0.02
B2	45.68	0.26	75.67	0.07	0.03
B3	47.77	0.24	78.28	0.05	0.03

Sumber : Hasil penelitian

Tabel 4.3 Karakteristik Sampah Awal pada ukuran partikel 3 inchi

Reaktor	C (%)	N (%)	Rasio C/N	P (%)	K (%)
B1	51.26	0.25	65.92	0.04	0.04
B2	49.86	0.23	67.82	0.03	0.04
B3	48.79	0.20	69.38	0.02	0.03

Sumber : Hasil penelitian

Rasio C/N awal pada semua reaktor dan berbagai ukuran partikel melebihi nilai optimum yang dianjurkan untuk proses pengomposan yaitu: ± 30 (Gunerson dan Stuckey, 1986) dalam Indriani, 1999). Maka Proses Pengomposan akan memakan waktu yang lebih lama karena mikroorganismenya harus melewati berbagai macam siklus hidup.

Secara langsung kondisi awal di tiap reaktor relatif sama, sehingga mudah untuk langsung dibandingkan. Hal ini disebabkan karena macam sampah yang homogen dari masing – masing reaktor.

4.2 Kualitas Akhir Produk

Penentuan Kualitas akhir produk diamati dari pengukuran kandungan karbon (C) dan C/N serta unsur makro organik diantaranya N, P dan K setelah dilakukan pengomposan secara anaerobik selama 14 hari. Hasil analisa kualitas akhir produk seperti tercantum pada tabel 4.4 - 4.6, 5.1 - 5.3, 5.8 - 6.0, 6.5 - 6.7, 7.2 - 7.4

4.2.2 Analisa C

Penurunan karbon menandakan adanya dekomposisi bahan organik oleh mikroorganismenya menggunakan karbon sebagai sumber energi. Data perubahan nilai C tersaji pada tabel 4.4, 4.5, dan 4.6 berikut ini:

4.2.1.1 Pengaruh Ukuran Partikel 1 Inchi Terhadap Kandungan Karbon (C) Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 4.4 Pengaruh Ukuran Partikel 1 Inchi Terhadap Nilai Karbon (C)

Reaktor	C Awal (%)	C Akhir (%)	Rata – rata C Akhir (%)
B1	45.16	24.45	24.28
		23.87	
		24.53	
B2	50.93	21.67	21.74
		21.45	
		22.12	
B3	47.53	22.68	22.41
		22.71	
		21.86	

Sumber: Hasil Penelitian

4.2.1.2 Pengaruh Ukuran Partikel 2 Inchi Terhadap Kandungan Karbon (C) Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 4.5 Ukuran Partikel 2 Inchi Terhadap Nilai Karbon (C)

Reaktor	C Awal (%)	C Akhir (%)	Rata – rata C Akhir (%)
B1	50.68	26.69	26.91
		26.85	
		27.21	
B2	45.68	23.83	24.03
		24.53	
		23.75	
B3	47.77	24.76	24.75
		25.36	
		24.13	

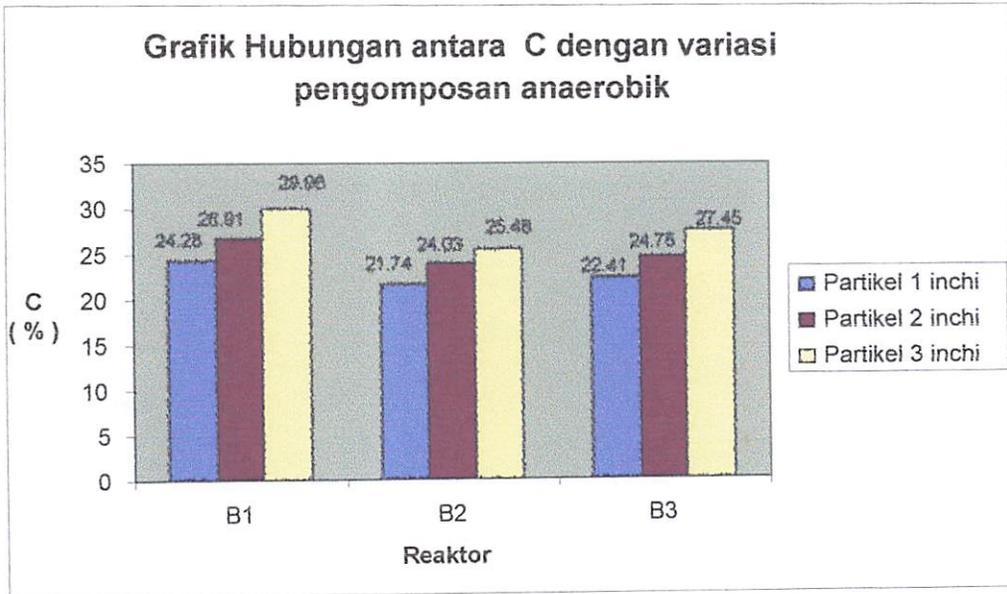
Sumber: Hasil Penelitian

4.2.1.3 Pengaruh Ukuran Partikel 3 Inchi Terhadap Kandungan Karbon (C) Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 4.6 Ukuran Partikel 3 Inchi Terhadap Nilai Karbon (C)

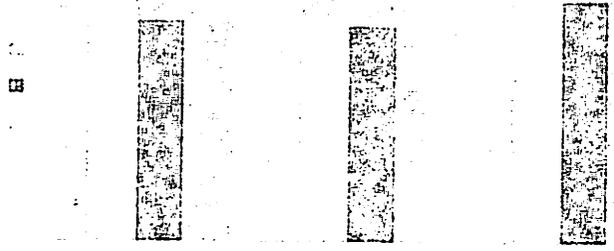
Reaktor	C Awal (%)	C Akhir (%)	Rata – rata C Akhir (%)
B1	51.26	28.73	29.98
		29.52	
		29.59	
B2	49.86	25.56	25.48
		25.74	
		26.15	
B3	48.79	27.87	27.45
		27.54	
		26.94	

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4.2 Grafik Kandungan nilai C Setelah Pengomposan Anaerobik

Pada gambar grafik 4.2, akhir proses pengomposan nilai C tertinggi sebesar 29.98 % terdapat pada reaktor B1 dengan ukuran partikel 3 inchi dan nilai C terendah sebesar 21.74 % terdapat pada reaktor B2 dengan ukuran partikel 1 inchi.



4.2.1.4 Analisa Anova Faktorial

Anova faktorial atau sering juga disebut anova ganda adalah teknik statistik parametrik yang digunakan untuk menguji perbedaan antara kelompok data yang berasal dari 2 variabel bebas atau lebih. Pada penelitian ini menggunakan 2 variabel bebas yaitu: variasi reaktor kompos dan variasi ukuran partikel sampah. Adapun bentuk rancangan Anova faktorial 2 jalur dapat dilihat pada tabel dibawah berikut ini:

Tabel 4.7 Data Hasil Kandungan Karbon dengan variasi pengomposan dan variasi ukuran partikel

PERLAKUAN	ULANGAN			TOTAL	RATA - RATA
	1	2	3		
A1B1C1	21.67	21.45	22.12	65.24	21.75
A1B2C1	24.45	23.87	24.53	72.85	24.28
A1B3C1	22.68	22.71	21.86	67.25	22.42
A2B1C1	26.69	26.85	27.21	80.75	26.92
A2B2C1	23.83	24.53	23.75	72.11	24.04
A2B3C1	24.76	25.36	24.13	74.25	24.75
A3B1C1	28.73	29.52	29.59	87.84	29.28
A3B2C1	27.87	27.54	26.94	82.35	27.45
A3B3C1	25.56	25.74	26.15	77.45	25.82
TOTAL	226.24	227.57	226.28	680.09	

Berdasarkan hasil uji analisa keragaman antara variasi pengomposan dengan ukuran partikel 1 inchi, 2 inchi dan 3 inchi terhadap kandungan karbon didapat :

- F hitung perlakuan = 4.13 lebih besar dari F table pada taraf 5% = 3.20 dan lebih kecil dari F table pada taraf 1 % = 5.32. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada taraf signifikansi 5 % terdapat perbedaan perlakuan pengomposan anaerobik yang signifikan (nyata).
- F hitung reaktor kompos (B) = 14.23 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % = 3.98 dan pada taraf 1 % = 7.20. Pada taraf signifikansi 5 % maupun 1 % terdapat perbedaan yang sangat signifikan dari tiap reaktor (sangat nyata).
- F hitung ukuran partikel = 4.13 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % = 3.98 dan lebih kecil dari F tabel pada taraf 1 % = 7.20. menunjukkan bahwa pada taraf signifikansi 5 % terdapat perbedaan yang signifikan pada ukuran partikel (nyata).
- F hitung BA (interaksi antara perlakuan kompos dengan ukuran partikel sampah) = 16.99 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % maupun pada taraf 1 %. Menunjukkan bahwa pada kedua taraf signifikansi tersebut (5 % dan 1 %), interaksi antara B (reaktor kompos) dengan A (ukuran partikel) sangat signifikan atau berbeda sangat nyata.

Dapat disimpulkan bahwa kandungan karbon setelah pengomposan sangat dipengaruhi oleh perlakuan pengomposan dimana semakin variabilitas perlakuan reaktor dan ukuran partikel menyebabkan penurunan nilai karbon yang sangat nyata.

4.2.1.7 Analisis Duncan Multivariance Range Test (DMRT)

Suatu metode statistik yang memberikan kesimpulan adanya perbedaan dua nilai tengah yang nyata meskipun nilai – nilai tengah tersebut berasal dari gugus nilai tengah yang homogen. Dengan hasil analisa DMRT ini dapat diketahui bahwa variasi yang digunakan dalam penelitian saling berhubungan dan memberikan pengaruh pada penelitian.

Tabel 5.0 Analisa DMRT variasi reaktor dan ukuran partikel sampah dengan kandungan karbon

PERLAKUAN	RATA - RATA	DMRT	NOTASI
A1B2C1	21.75	-	a
A1B3C1	22.42	0.67	b
A2B2C1	24.04	2.29	c
A1B1C1	24.28	0.24	d
A2B3C1	24.75	0.71	de
A3B2C1	25.82	1.78	f
A2B1C1	26.92	1.47	fg
A3B3C1	27.45	1.63	fh
A3B1C1	29.28	3.46	i

Berdasarkan hasil analisa DMRT dengan uji beda nyata terkecil (BNT) taraf 5 % terhadap pengaruh variasi reaktor dan variasi ukuran partikel sampah dengan penurunan jumlah karbon pada tabel 5.0 terlihat adanya perbedaan antara tiap perlakuan. Pada kolom perlakuan yaitu perlakuan $A_1B_2C_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah + bakteri dan kadar karbon setelah pengomposan) memiliki rata-rata terkecil = 21,75 mempunyai notasi *a* sangat berbeda nyata dengan perlakuan $A_1B_1C_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah saja dan karbon setelah pengomposan) dengan rata-rata = 24,28, mempunyai notasi berbeda yaitu *d*. Hal tersebut juga terlihat pada perlakuan $A_1B_3C_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah + bakteri + dedak dan karbon setelah pengomposan) dengan rata-rata = 22.24.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variasi reaktor pengomposan menunjukkan perbedaan yang nyata dalam hal nilai karbon sesudah pengomposan

meskipun berada pada variasi ukuran partikel yang homogen yaitu 1 inchi. Ini menunjukkan bahwa variasi perlakuan sampah + bakteri dengan rata-ran terkecil lebih baik dibanding variasi pengomposan lainnya.

Untuk variasi ukuran partikel terlihat pada perlakuan $A_1B_2C_1$ (ukuran partikel 1 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai karbon setelah pengomposan) dengan rata-ran = 21.75 nilai dan notasinya = a berbeda dengan perlakuan $A_2B_2C_1$ (ukuran partikel 2 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai karbon setelah pengomposan) dengan rata-ran = 24.04 dan notasinya = c dan $A_3B_2C_1$ (ukuran partikel 3 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai karbon setelah pengomposan) dengan rata-ran = 25.82 dan notasinya = f.

Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi ukuran partikel juga memberi pengaruh bagi nilai karbon setelah pengomposan meskipun variasi pengomposannya homogen pada variasi B_2 yaitu sampah + bakteri.

4.2.2 Analisa N

Nitrogen (N) merupakan faktor penentu keberhasilan pembuatan kompos. Kandungan N yang tinggi akan mempercepat proses pembusukan dalam kompos. Data perubahan nilai N dapat dilihat pada tabel 5.1, 5.2 dan 5.3 dibawah ini:

4.2.2.1 Pengaruh Ukuran Partikel 1 Inchi Terhadap Kandungan Nitrogen Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 5.1 Ukuran Partikel 1 Inchi Terhadap Kandungan Nitrogen (N)

Reaktor	N Awal (%)	N Akhir (%)	Rata – rata N Akhir (%)
B1	0.26	0.43	0.42
		0.41	
		0.44	
B2	0.25	0.41	0.41
		0.42	
		0.41	
B3	0.23	0.42	0.42
		0.42	
		0.41	

Sumber: Hasil Penelitian

4.2.2.2 Pengaruh Ukuran Partikel 2 Inchi Terhadap Kandungan Nitrogen Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 5.2 Ukuran Partikel 2 Inchi Terhadap Kandungan Nitrogen (N)

Reaktor	N Awal (%)	N Akhir (%)	Rata – rata N Akhir (%)
B1	0.28	0.49	0.49
		0.49	
		0.51	
B2	0.26	0.43	0.43
		0.44	
		0.44	
B3	0.24	0.47	0.46
		0.46	
		0.47	

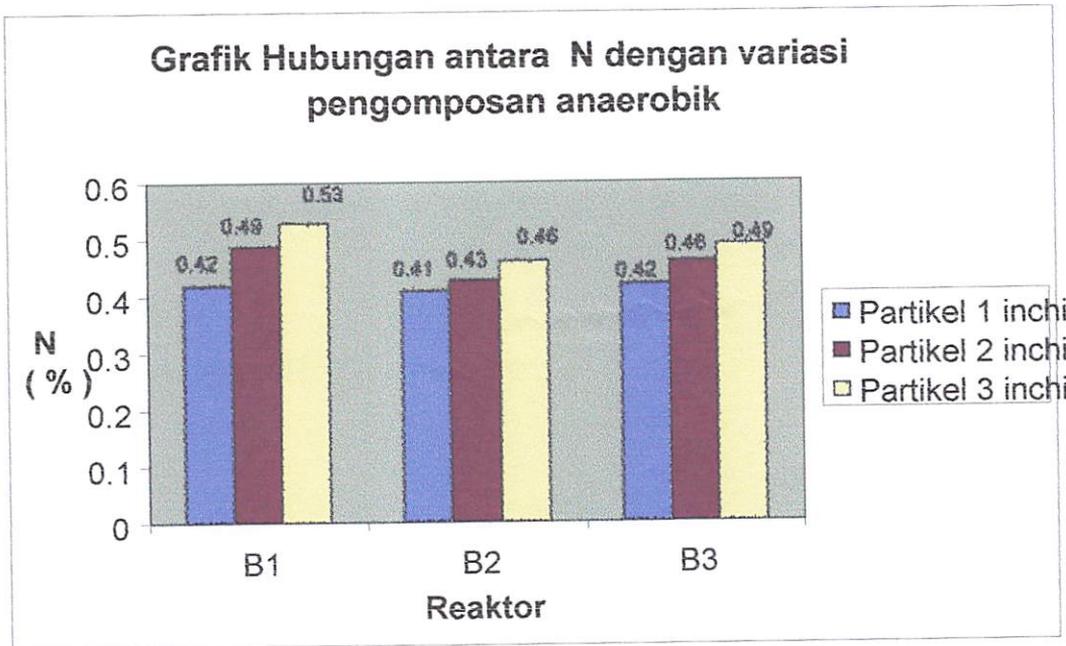
Sumber: Hasil Penelitian

4.2.2.3 Pengaruh Ukuran Partikel 3 Inchi Terhadap Kandungan Nitrogen Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 5.3 Ukuran Partikel 3 Inchi Terhadap Kandungan Nitrogen (N)

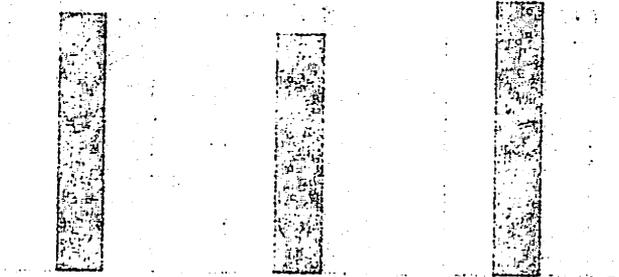
Reaktor	N Awal (%)	N Akhir (%)	Rata – rata N Akhir (%)
B1	0.25	0.53	0.53
		0.53	
		0.55	
B2	0.23	0.47	0.46
		0.46	
		0.47	
B3	0.20	0.49	0.49
		0.51	
		0.49	

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4.3 Grafik Kandungan nilai N Setelah Pengomposan Anaerobik

Pada gambar grafik pada akhir proses pengomposan nilai N tertinggi sebesar 0.53 % terdapat pada reaktor B1 dengan ukuran partikel 3 inchi dan nilai N terendah sebesar 0.41 % terdapat pada reaktor B2 dengan ukuran partikel 1 inchi.



4.2.2.4 Analisa Anova Faktorial

Anova faktorial atau sering juga disebut anova ganda adalah teknik statistik parametrik yang digunakan untuk menguji perbedaan antara kelompok data yang berasal dari 2 variabel bebas atau lebih. Pada penelitian ini menggunakan 2 variabel bebas yaitu: variasi reaktor kompos dan variasi ukuran partikel sampah. Adapun bentuk rancangan Anova faktorial 2 jalur dapat dilihat pada tabel dibawah berikut ini:

Tabel 5.4 Data Hasil Kandungan Nitrogen dengan variasi pengomposan dan variasi ukuran partikel

PERLAKUAN	ULANGAN			TOTAL	RATA - RATA
	1	2	3		
A1B1N1	0.45	0.46	0.46	1.37	0.46
A1B2N1	0.49	0.5	0.49	1.48	0.49
A1B3N1	0.51	0.52	0.52	1.55	0.52
A2B1N1	0.43	0.44	0.44	1.31	0.44
A2B2N1	0.47	0.46	0.47	1.4	0.47
A2B3N1	0.49	0.49	0.51	1.49	0.50
A3B1N1	0.28	0.27	0.28	0.83	0.28
A3B2N1	0.35	0.34	0.34	1.03	0.34
A3B3N1	0.39	0.4	0.4	1.19	0.34
TOTAL	3.86	3.88	3.91	11.65	

Berdasarkan hasil analisa keragaman antara variasi komposisi sampah dengan ukuran partikel 1 inchi, 2 inchi dan 3 inchi terhadap kandungan nitrogen didapatkan :

- F hitung perlakuan = 4.48 lebih besar dari F table pada taraf 5% = 3.20 dan lebih kecil dari F table pada taraf 1 % = 5.32. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada taraf signifikansi 5 % terdapat perbedaan perlakuan pengomposan anaerobik yang signifikan (nyata).
- F hitung reaktor kompos (B) = 15.31 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % = 3.98 dan pada taraf 1 % = 7.20. Pada taraf signifikansi 5 % maupun 1 % terdapat perbedaan yang sangat signifikan dari tiap reaktor (sangat nyata).
- F hitung ukuran partikel = 4.49 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % = 3.98 dan lebih kecil dari F tabel pada taraf 1 % = 7.20. menunjukkan bahwa pada taraf signifikansi 5 % terdapat perbedaan yang signifikan pada ukuran partikel (nyata).
- F hitung BA (interaksi antara perlakuan kompos dengan ukuran partikel) = 18.33 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % maupun pada taraf 1 %. Menunjukkan bahwa pada kedua taraf signifikansi tersebut yaitu 5 % dan 1 %, interaksi antara B (reaktor kompos) dengan A (ukuran partikel) sangat signifikan atau berbeda sangat nyata terhadap kandungan nitrogen.

Dapat disimpulkan bahwa peningkatan nilai nitrogen sangat dipengaruhi oleh perlakuan pengomposan dimana semakin variabilitas perlakuan reaktor dan ukuran partikel menyebabkan peningkatan nilai nitrogen yang sangat nyata.

4.2.2.7 Analisis Duncan Multivariate Range Test (DMRT)

Suatu metode statistik yang memberikan kesimpulan adanya perbedaan dua nilai tengah yang nyata meskipun nilai – nilai tengah tersebut berasal dari gugus nilai tengah yang homogen. Dengan hasil analisa DMRT ini dapat diketahui bahwa variasi yang digunakan dalam penelitian saling berhubungan dan memberikan pengaruh pada penelitian.

Tabel 5.7 Analisa DMRT variasi reaktor dan ukuran partikel sampah dengan kandungan Nitrogen

PERLAKUAN	RATA - RATA	DMRT	NOTASI
A1B2N1	0.41	-	a
A1B3N1	0.42	0.01	ab
A1B1N1	0.43	0.02	ac
A2B2N1	0.44	0.03	ad
A2B3N1	0.47	0.04	ae
A3B2N1	0.47	0.04	af
A2B1N1	0.50	0.09	ag
A3B3N1	0.50	0.09	ah
A3B1N1	0.54	0.13	b

Berdasarkan hasil analisa DMRT dengan uji beda nyata terkecil (BNT) taraf 5 % terhadap pengaruh variasi reaktor dan variasi ukuran partikel sampah dengan penurunan jumlah nitrogen pada tabel 5.7 terlihat adanya perbedaan antara tiap perlakuan. Pada kolom perlakuan yaitu perlakuan $A_1B_2N_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah + bakteri dan kadar nitrogen setelah pengomposan) memiliki rata-rata terkecil = 0.41 mempunyai notasi *a* sangat berbeda nyata dengan perlakuan $A_1B_1N_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah saja dan nitrogen setelah pengomposan) dengan rata-rata = 0.43, mempunyai notasi berbeda yaitu *ac*. Hal tersebut juga terlihat pada perlakuan $A_1B_3N_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah + bakteri + dedak dan nitrogen setelah pengomposan) dengan rata-rata = 0.42

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variasi reaktor pengomposan menunjukkan perbedaan yang nyata dalam hal nilai nitrogen sesudah pengomposan

meskipun berada pada variasi ukuran partikel yang homogen yaitu 1 inchi. Ini menunjukkan bahwa variasi perlakuan sampah + bakteri dengan rataaan terkecil lebih baik dibanding variasi pengomposan lainnya.

Untuk variasi ukuran partikel terlihat pada perlakuan $A_1B_2N_1$ (ukuran partikel 1 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai nitrogen setelah pengomposan) dengan rataaan = 0.41 nilai dan notasinya = *a* berbeda dengan perlakuan $A_2B_2N_1$ (ukuran partikel 2 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai nitrogen setelah pengomposan) dengan rataaan = 0.44 dan notasinya = *ad* dan $A_3B_2N_1$ (ukuran partikel 3 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai nitrogen setelah pengomposan) dengan rataaan = 0.47 dan notasinya = *ae*.

Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi ukuran partikel juga memberi pengaruh bagi nilai nitrogen setelah pengomposan meskipun variasi pengomposannya homogen pada variasi B_2 yaitu sampah + bakteri.

4.2.3 Analisa P

Phosfor dibutuhkan untuk membentuk berbagai bagian sel seperti asam nukleat, fosfolisida, dan koenzim, unsur ini dapat diperoleh dari senyawa anorganiknya (misalnya garam – garam natrium dan kalium fosfat) atau senyawa organiknnya misalnya nukleosida. Data perubahan nilai P dapat dilihat pada Tabel 5.8, 5.9 dan 6.0

4.2.3.1 Pengaruh Ukuran Partikel 1 Inchi Terhadap Kandungan Phospor Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 5.8 Ukuran Partikel 1 Inchi Terhadap Kandungan Phospor (P)

Reaktor	P Awal (%)	P Akhir (%)	Rata – rata N Akhir (%)
B1	0.08	0.14	0.15
		0.17	
		0.16	
B2	0.07	0.11	0.11
		0.11	
		0.11	
B3	0.06	0.13	0.12
		0.12	
		0.13	

Sumber: Hasil Penelitian

4.2.3.2 Pengaruh Ukuran Partikel 2 Inchi Terhadap Kandungan Phospor Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 5.9 Ukuran Partikel 2 Inchi Terhadap Kandungan Phospor (P)

Reaktor	P Awal (%)	P Akhir (%)	Rata – rata P Akhir (%)
B1	0.04	0.17	0.16
		0.16	
		0.17	
B2	0.07	0.14	0.14
		0.14	
		0.15	
B3	0.05	0.16	0.15
		0.16	
		0.15	

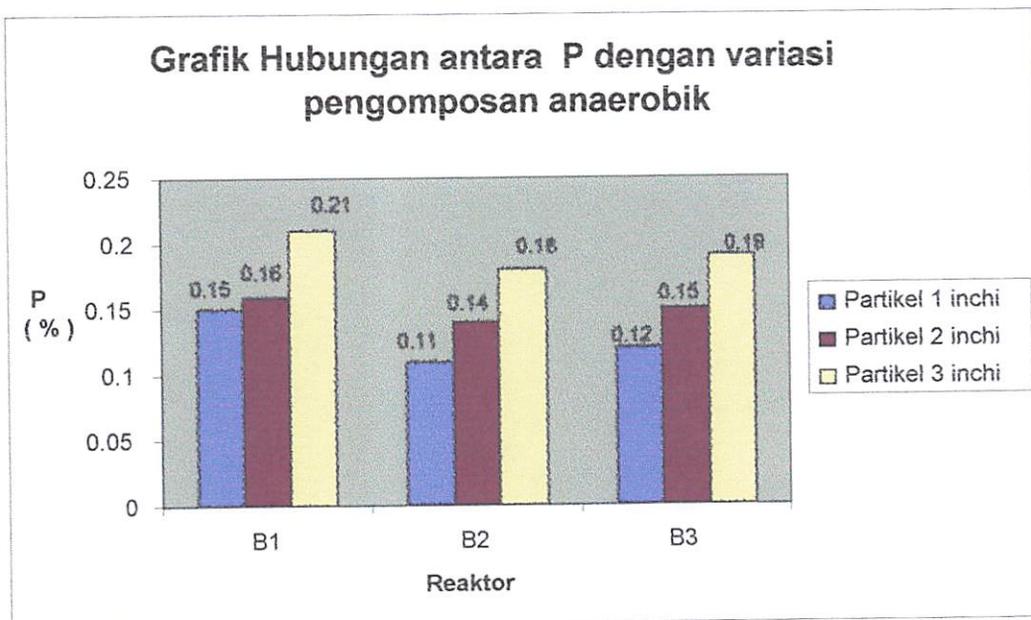
Sumber: Hasil Penelitian

4.2.3.3 Pengaruh Ukuran Partikel 3 Inchi Terhadap Kandungan Phospor Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 6.0 Ukuran Partikel 3 Inchi Terhadap Kandungan Phospor (P)

Reaktor	P Awal (%)	P Akhir (%)	Rata – rata P Akhir (%)
B1	0.04	0.21	0.21
		0.22	
		0.22	
B2	0.03	0.19	0.18
		0.19	
		0.18	
B3	0.02	0.19	0.19
		0.20	
		0.20	

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4.4 Grafik Kandungan nilai P Setelah Pengomposan Anaerobik

Pada gambar grafik pada akhir proses pengomposan nilai P tertinggi sebesar 0.21 % terdapat pada reaktor B1 dengan ukuran partikel 3 inchi dan nilai P terendah sebesar 0.11 % terdapat pada reaktor B2 dengan ukuran partikel 1 inchi.

4.2.3.4 Analisa Anova Faktorial

Anova faktorial atau sering juga disebut anova ganda adalah teknik statistik parametrik yang digunakan untuk menguji perbedaan antara kelompok data yang berasal dari 2 variabel bebas atau lebih. Pada penelitian ini menggunakan 2 variabel bebas yaitu: variasi reaktor kompos dan variasi ukuran partikel sampah. Adapun bentuk rancangan Anova faktorial 2 jalur dapat dilihat pada tabel dibawah berikut ini:

Tabel 6.1 Data Hasil Kandungan Phospor dengan variasi pengomposan dan variasi ukuran partikel

PERLAKUAN	ULANGAN			TOTAL	RATA - RATA
	1	2	3		
A1B1P1	0.19	0.19	0.18	0.56	0.19
A1B2P1	0.19	0.2	0.2	0.59	0.20
A1B3P1	0.21	0.22	0.22	0.65	0.22
A2B1P1	0.14	0.14	0.15	0.43	0.14
A2B2P1	0.17	0.16	0.17	0.5	0.17
A2B3P1	0.14	0.14	0.15	0.43	0.14
A3B1P1	0.07	0.08	0.07	0.22	0.07
A3B2P1	0.11	0.11	0.11	0.33	0.11
A3B3P1	0.13	0.12	0.13	0.38	0.13
TOTAL	1.35	1.36	1.38	4.09	

4.2.3.5 Analisis Hubungan dua arah

Analisa hubungan dua arah merupakan uji statistik yang menjelaskan tentang besar hubungan antara variabel – variabel yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 6.2 Hubungan Dua Arah antara variasi reaktor dan ukuran partikel dengan Phospor

TABEL DUA ARAH ANTARA B DAN A				
PENURUNAN PHOSPAT	REAKTOR (B)			TOTAL
	B1	B2	B3	
A1P1	0.56	0.59	0.65	1.80
A2P1	0.43	0.50	0.43	1.36
A3P1	0.22	0.33	0.38	0.93
Total	1.21	1.42	1.46	

4.2.3.6 Analisis Keragaman

Analisis keragaman (Analysis of variance) digunakan untuk mengetahui sampai sejauh mana keragaman (variability) dari perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini. Hasil analisa keragaman dari pengaruh variasi pengomposan dan ukuran partikel sampah dapat dilihat pada tabel 4.9 dibawah ini :

Tabel 6.3 Analisis Keragaman antara perlakuan variasi pengomposan dengan P

SUMBER KERAGAMAN	DERAJAT BEBAS	JUMLAH KUADRAT	KUADRAT TENGAH	F HIT.		F. TABEL	
						5%	1%
Ulangan	2	12.19	6.09	1.03	tn	3.98	7.20
Perlakuan	5	4.41	0.88	7.10	**	3.20	5.32
B	2	45.34	22.67	26.40	**	3.98	7.20
A	2	12.20	6.10	7.10	*	3.98	7.20
BXA	4	-53.13	-26.56	30.94	**	3.36	5.76
Galat	11	-9.44	-0.86				
Total	18	7.15					

- * beda nyata pada taraf 5% (nyata) > 5%
- ** beda nyata pada taraf 1% (sangat nyata) > 5% & 1%
- tn tidak beda nyata

Berdasarkan hasil uji analisa keragaman antara variasi pengomposan dengan ukuran partikel 1 inchi, 2 inchi dan 3 inchi terhadap penurunan phospor didapat :

- F hitung perlakuan = 7.10 lebih besar dari F table pada taraf 5% = 3.20 dan lebih dari F table pada taraf 1 % = 5.32. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada taraf signifikansi 5 % terdapat perbedaan perlakuan pengomposan anaerobik yang signifikan (nyata).
- F hitung reaktor kompos (B) = 26.40 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % = 3.98 dan pada taraf 1 % = 7.20. Pada taraf signifikansi 5 % maupun 1 % terdapat perbedaan yang sangat signifikan dari tiap reaktor (sangat nyata).
- F hitung ukuran partikel = 7.10 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % = 3.98 dan lebih kecil dari F tabel pada taraf 1 % = 7.20. menunjukkan bahwa pada taraf signifikansi 5 % terdapat perbedaan yang signifikan pada ukuran partikel (nyata).
- F hitung BA (interaksi antara perlakuan kompos dengan ukuran partikel) = 30.94 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % maupun pada taraf 1 %. Menunjukkan bahwa pada kedua taraf signifikansi tersebut, interaksi antara B (reaktor kompos) dengan A (ukuran partikel) sangat signifikan atau berbeda sangat nyata terhadap peningkatan phospor.

Dapat disimpulkan bahwa kandungan phospor sangat dipengaruhi oleh perlakuan pengomposan dimana semakin variabilitas perlakuan reaktor dan ukuran partikel menyebabkan peningkatan nilai phospor yang sangat nyata.

4.2.3.7 Analisis Duncan Multivariance Range Test (DMRT)

Suatu metode statistik yang memberikan kesimpulan adanya perbedaan dua nilai tengah yang nyata meskipun nilai – nilai tengah tersebut berasal dari gugus nilai tengah yang homogen. Dengan hasil analisa DMRT ini dapat diketahui bahwa variasi yang digunakan dalam penelitian saling berhubungan dan memberikan pengaruh pada penelitian.

Tabel 6.4 Analisa DMRT variasi reaktor dan ukuran partikel sampah dengan kandungan Phospor

PERLAKUAN	RATA - RATA	DMRT	NOTASI
A1B2P1	0.11	-	a
A1B3P1	0.13	0.02	ab
A2B2P1	0.14	0.03	ac
A1B1P1	0.16	0.05	ad
A2B3P1	0.16	0.05	ae
A2B1P1	0.17	0.06	af
A3B2P1	0.19	0.08	ag
A3B3P1	0.20	0.09	ah
A3B1P1	0.22	0.11	b

Berdasarkan hasil analisa DMRT dengan uji beda nyata terkecil (BNT) taraf 5 % terhadap pengaruh variasi reaktor dan variasi ukuran partikel sampah dengan penurunan jumlah phospor pada tabel 6.4 terlihat adanya perbedaan antara tiap perlakuan. Pada kolom perlakuan yaitu perlakuan $A_1B_2P_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah + bakteri dan kadar phospor setelah pengomposan) memiliki rata-rata terkecil = 0.11 mempunyai notasi *a* sangat berbeda nyata dengan perlakuan $A_1B_1P_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah saja dan phospor setelah pengomposan) dengan rata-rata = 0.16, mempunyai notasi berbeda yaitu *ad*. Hal tersebut juga terlihat pada perlakuan $A_1B_3K_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah + bakteri + dedak dan phospor setelah pengomposan) dengan rata-rata = 0.13 notasinya *ab*.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variasi reaktor pengomposan menunjukkan perbedaan yang nyata dalam hal nilai fosfor sesudah pengomposan meskipun berada pada variasi ukuran partikel yang homogen yaitu 1 inchi. Ini menunjukkan bahwa variasi perlakuan sampah + bakteri dengan rataan terkecil lebih baik dibanding variasi pengomposan lainnya.

Untuk variasi ukuran partikel terlihat pada perlakuan $A_1B_2P_1$ (ukuran partikel 1 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai fosfor setelah pengomposan) dengan rataan = 0.11 nilai dan notasinya = a berbeda dengan perlakuan $A_2B_2P_1$ (ukuran partikel 2 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai fosfor setelah pengomposan) dengan rataan = 0.14 dan notasinya = ac dan $A_3B_2P_1$ (ukuran partikel 3 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai fosfor setelah pengomposan) dengan rataan = 0.19 dan notasinya = ag .

Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi ukuran partikel juga memberi pengaruh bagi nilai fosfor setelah pengomposan meskipun variasi pengomposannya homogen pada variasi B_2 yaitu sampah + bakteri.

4.2.4 Analisa K

Kalium merupakan satu – satunya kation monovalen yang esensial bagi tanaman. Peranan kalium utama adalah sebagai aktivator berbagai enzim dalam tanah.

4.2.4.1 Pengaruh Ukuran Partikel 1 Inchi Terhadap Kandungan Kalium Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 6.5 Ukuran Partikel 1 Inchi Terhadap Kandungan Kalium (K)

Reaktor	K Awal (%)	K Akhir (%)	Rata – rata K Akhir (%)
B1	0.03	0.09	0.09
		0.10	
		0.10	
B2	0.05	0.06	0.06
		0.06	
		0.07	
B3	0.04	0.07	0.07
		0.08	
		0.08	

Sumber: Hasil Penelitian

4.2.4.2 Pengaruh Ukuran Partikel 2 Inchi Terhadap Kandungan Kalium Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 6.6 Ukuran Partikel 2 Inchi Terhadap Kandungan Kalium (K)

Reaktor	K Awal (%)	K Akhir (%)	Rata – rata K Akhir (%)
B1	0.02	0.17	0.16
		0.17	
		0.16	
B2	0.03	0.11	0.11
		0.11	
		0.12	
B3	0.03	0.13	0.14
		0.14	
		0.15	

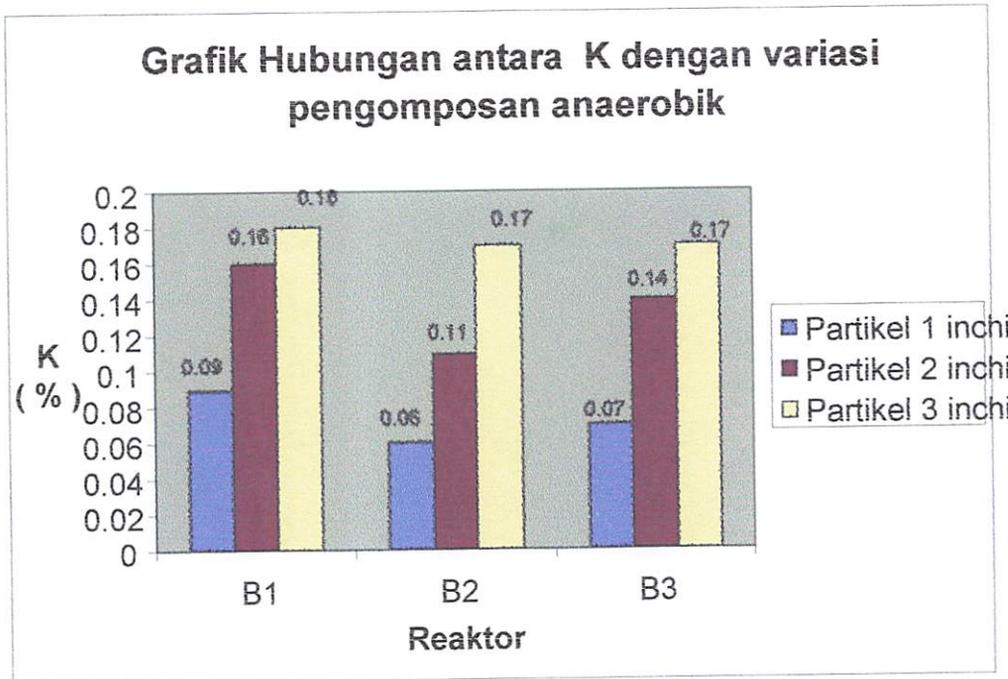
Sumber: Hasil Penelitian

4.2.4.3 Pengaruh Ukuran Partikel 3 Inchi Terhadap Kandungan Kalium Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 6.7 Ukuran Partikel 3 Inchi Terhadap Kandungan Kalium (K)

Reaktor	K Awal (%)	K Akhir (%)	Rata – rata K Akhir (%)
B1	0.04	0.19	0.18
		0.19	
		0.18	
B2	0.04	0.17	0.17
		0.17	
		0.18	
B3	0.03	0.18	0.17
		0.17	
		0.18	

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4.5 Grafik Kandungan nilai K Setelah Pengomposan Anaerobik

Pada gambar grafik pada akhir proses pengomposan nilai K tertinggi sebesar 0.18 % terdapat pada reaktor B1 dengan ukuran partikel 3 inchi dan nilai K terendah 0.06 % terdapat pada reaktor B2 dengan ukuran partikel 1 inchi.

4.2.4.4 Analisa Anova Faktorial

Anova faktorial atau sering juga disebut anova ganda adalah teknik statistik parametrik yang digunakan untuk menguji perbedaan antara kelompok data yang berasal dari 2 variabel bebas atau lebih. Pada penelitian ini menggunakan 2 variabel bebas yaitu: variasi reaktor kompos dan variasi ukuran partikel sampah. Adapun bentuk rancangan Anova faktorial 2 jalur dapat dilihat pada tabel dibawah berikut ini:

Tabel 6.8 Data Hasil Kandungan Kalium dengan variasi pengomposan dan variasi ukuran partikel

PERLAKUAN	ULANGAN			TOTAL	RATA - RATA
	1	2	3		
A1B1K1	0.09	0.1	0.1	0.29	0.10
A1B2K1	0.06	0.06	0.07	0.19	0.06
A1B3K1	0.07	0.08	0.08	0.23	0.08
A2B1K1	0.17	0.17	0.16	0.5	0.17
A2B2K1	0.11	0.11	0.12	0.34	0.11
A2B3K1	0.13	0.14	0.15	0.42	0.14
A3B1K1	0.19	0.19	0.18	0.56	0.19
A3B2K1	0.17	0.17	0.18	0.52	0.17
A3B3K1	0.18	0.17	0.18	0.53	0.18
TOTAL	1.17	1.19	1.22	3.58	1.19

4.2.4.5 Analisis Hubungan dua arah

Analisa hubungan dua arah merupakan uji statistik yang menjelaskan tentang besar hubungan antara variabel – variabel yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 6.9 Hubungan Dua Arah antara variasi reaktor dan ukuran partikel dengan Kalium

TABEL DUA ARAH ANTARA B DAN K				
PENURUNAN KALIUM	REAKTOR (B)			TOTAL
	B1	B2	B3	
A1K1	0.29	0.19	0.23	0.71
A2K1	0.50	0.34	0.42	1.26
A3K1	0.56	0.52	0.53	1.61
Total	1.35	1.05	1.18	

4.2.4.6 Analisis Keragaman

Analisis keragaman (Analysis of variance) digunakan untuk mengetahui sampai sejauh mana keragaman (variability) dari perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini. Hasil analisa keragaman dari pengaruh variasi pengomposan dan ukuran partikel sampah dapat dilihat pada tabel 7.0 dibawah ini :

Tabel 7.0 Analisis Keragaman antara perlakuan variasi pengomposan dengan K

SUMBER KERAGAMAN	DERAJAT BEBAS	JUMLAH KUADRAT	KUADRAT TENGAH	F HIT.		F. TABEL	
						5%	1%
Ulangan	2	8.70	4.35	1.57	tn	3.98	7.20
Perlakuan	5	3.27	0.65	10.45	*	3.20	5.32
B	2	33.46	16.73	40.16	**	3.98	7.20
A	2	8.73	4.36	10.47	*	3.98	7.20
BXA	4	-38.92	-19.46	46.71	**	3.36	5.67
Galat	11	-4.58	-0.42				
Total	18	13.33					

- * beda nyata pada taraf 5% (nyata) > 5%
- ** beda nyata pada taraf 1% (sangat nyata) > 5% & 1%
- tn tidak beda nyata

Berdasarkan hasil uji analisa keragaman antara variasi pengomposan dengan ukuran partikel 1 inchi, 2 inchi dan 3 inchi terhadap kandungan kalium didapat :

- F hitung perlakuan = 10.45 lebih besar dari F table pada taraf 5% = 3.20 dan dari F table pada taraf 1 % = 5.32. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada taraf signifikansi 5 % dan 1 % terdapat perbedaan perlakuan pengomposan anaerobik yang signifikan (nyata).
- F hitung reaktor kompos (B) = 40.16 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % = 3.98 dan pada taraf 1 % = 7.20. Pada taraf signifikansi 5 % maupun 1 % terdapat perbedaan yang sangat signifikan dari tiap reaktor (sangat nyata).
- F hitung Kalium = 10.47 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % = 3.98 dan lebih dari F tabel pada taraf 1 % = 7.20. menunjukkan bahwa pada taraf signifikansi 5 % dan 1 % terdapat perbedaan yang sangat signifikan pada nilai karbon (sangat nyata).
- F hitung BK (interaksi antara perlakuan kompos dengan penurunan kalium) = 46.71 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % maupun pada taraf 1 %. Menunjukkan bahwa pada kedua taraf signifikansi tersebut (5 % dan 1 %), interaksi antara B (reaktor kompos) dengan K (kandungan kalium) sangat signifikan atau berbeda sangat nyata.

Dapat disimpulkan bahwa kandungan nilai kalium sangat dipengaruhi oleh perlakuan pengomposan dimana semakin variabilitas perlakuan reaktor dan ukuran partikel menyebabkan peningkatan nilai kalium yang sangat nyata.

4.2.4.7 Analisis Duncan Multivariate Range Test (DMRT)

Suatu metode statistik yang memberikan kesimpulan adanya perbedaan dua nilai tengah yang nyata meskipun nilai – nilai tengah tersebut berasal dari gugus nilai tengah yang homogen. Dengan hasil analisa DMRT ini dapat diketahui bahwa variasi yang digunakan dalam penelitian saling berhubungan dan memberikan pengaruh pada penelitian.

Tabel 7.1 Analisa DMRT variasi reaktor dan ukuran partikel sampah dengan kandungan Kalium

PERLAKUAN	RATA - RATA	DMRT	NOTASI
A1B2K1	0.06	-	a
A1B3K1	0.08	0.02	ab
A1B1K1	0.10	0.04	ac
A2B2K1	0.11	0.05	ad
A2B3K1	0.14	0.08	ae
A2B1K1	0.17	0.11	b
A3B2K1	0.17	0.11	bc
A3B3K1	0.18	0.12	bd
A3B1K1	0.19	0.13	be

Berdasarkan hasil analisa DMRT dengan uji beda nyata terkecil (BNT) taraf 5 % terhadap pengaruh variasi reaktor dan variasi ukuran partikel sampah dengan penurunan jumlah phospor pada tabel 7.1 terlihat adanya perbedaan antara tiap perlakuan. Pada kolom perlakuan yaitu perlakuan $A_1B_2K_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah + bakteri dan kadar kalium setelah pengomposan) memiliki rata-rata terkecil = 0.06 mempunyai notasi *a* sangat berbeda nyata dengan perlakuan $A_1B_1K_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah saja dan kalium setelah pengomposan) dengan rata-rata = 0.10, mempunyai notasi berbeda yaitu *ac*. Hal tersebut juga terlihat pada perlakuan $A_1B_3K_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah + bakteri + dedak dan kalium setelah pengomposan) dengan rata-rata = 0.08 notasinya *ab*.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variasi reaktor pengomposan menunjukkan perbedaan yang nyata dalam hal nilai kalium sesudah pengomposan

meskipun berada pada variasi ukuran partikel yang homogen yaitu 1 inchi. Ini menunjukkan bahwa variasi perlakuan sampah + bakteri dengan rataaan terkecil lebih baik dibanding variasi pengomposan lainnya.

Untuk variasi ukuran partikel terlihat pada perlakuan $A_1B_2K_1$ (ukuran partikel 1 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai kalium setelah pengomposan) dengan rataaan = 0.06 nilai dan notasinya = *a* berbeda dengan perlakuan $A_2B_2K_1$ (ukuran partikel 2 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai kalium setelah pengomposan) dengan rataaan = 0.11 dan notasinya = *ad* dan $A_3B_2K_1$ (ukuran partikel 3 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai kalium setelah pengomposan) dengan rataaan = 0.17 dan notasinya = *bc*.

Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi ukuran partikel juga memberi pengaruh bagi nilai kalium setelah pengomposan meskipun variasi pengomposannya homogen pada variasi B_2 yaitu sampah + bakteri.

4.2.5 Analisa C/N

Rasio C/N umumnya dinyatakan sebagai faktor kimia penting yang menentukan dekomposisi dan mineralisasi bahan organik pada sampah. Rasio C/N erat kaitannya dengan C dan N pada sampah karena merupakan hasil perbandingan dari kedua unsur tersebut. Besar C/N pada sampah dapat dilihat pada tabel berikut.

4.2.5.1 Pengaruh Ukuran Partikel 1 Inchi Terhadap Kandungan C/N Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 7.2 Pengaruh Ukuran Partikel 1 Inchi Terhadap Kandunga C/N

Reaktor	C/N Awal	C/N Akhir	Rata – rata C/N Akhir
B1	58.36	30.98	30.35
		30.03	
		30.05	
B2	60.85	19.56	19.59
		19.60	
		19.63	
B3	55.27	21.93	21.64
		21.97	
		21.02	

Sumber: Hasil Penelitian

4.2.5.2 Pengaruh Ukuran Partikel 2 Inchi Terhadap Kandungan C/N Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 7.3 Pengaruh Ukuran Partikel 2 Inchi Terhadap Kandungan C/N

Reaktor	C/N Awal	C/N Akhir	Rata – rata C/N Akhir
B1	70.23	40.87	40.90
		40.91	
		40.94	
B2	75.67	35.95	36.00
		36.02	
		36.05	
B3	78.26	38.95	38.99
		38.99	
		39.03	

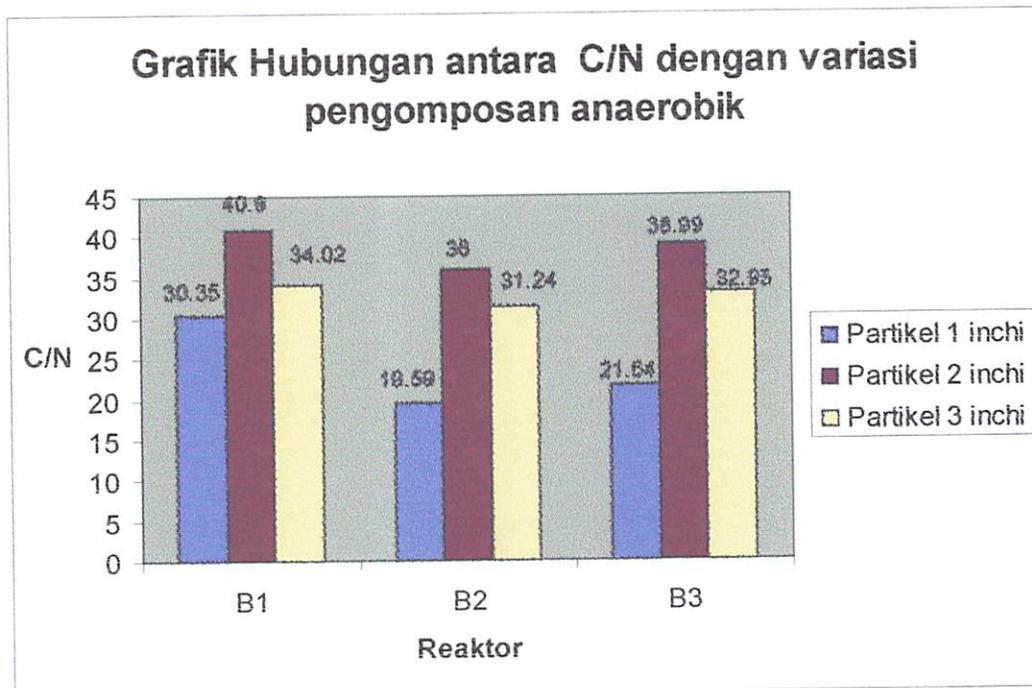
Sumber: Hasil Penelitian

4.2.5.3 Pengaruh Ukuran Partikel 3 Inchi Terhadap Kandungan C/N Setelah Proses Pengomposan Secara Anaerobik

Tabel 7.4 Pengaruh Ukuran Partikel 3 Inchi Terhadap Kandungan C/N

Reaktor	C/N Awal	C/N Akhir	Rata – rata C/N Akhir
B1	65.92	33.98	34.02
		34.03	
		34.06	
B2	67.82	31.22	31.24
		31.24	
		31.26	
B3	69.38	32.91	32.95
		32.95	
		33.01	

Sumber: Hasil Penelitian



Gambar 4.6 Grafik Kandungan nilai C/N Setelah Pengomposan Anaerobik

Pada gambar grafik pada akhir proses pengomposan nilai C/N tertinggi sebesar 40.9 terdapat pada reaktor B1 dengan ukuran partikel 2 inchi dan nilai C/N terendah sebesar 19.59 terdapat pada reaktor B2 dengan ukuran partikel 1 inchi.



4.2.5.4 Analisa Anova Faktorial

Anova faktorial atau sering juga disebut anova ganda adalah teknik statistik parametrik yang digunakan untuk menguji perbedaan antara kelompok data yang berasal dari 2 variabel bebas atau lebih. Pada penelitian ini menggunakan 2 variabel bebas yaitu: variasi reaktor kompos dan variasi ukuran partikel sampah. Adapun bentuk rancangan Anova faktorial 2 jalur dapat dilihat pada tabel dibawah berikut ini:

Tabel 7.5 Data Hasil Kandungan C/N dengan variasi pengomposan dan variasi ukuran partikel

PERLAKUAN	ULANGAN			TOTAL	RATA - RATA
	1	2	3		
A1B1D1	35.98	36.03	36.05	108.06	36.02
A1B2D1	41.56	41.6	41.63	124.79	41.60
A1B3D1	38.93	38.97	39.02	116.92	38.97
A2B1D1	35.95	36.02	36.05	108.02	36.01
A2B2D1	38.95	38.99	39.03	116.97	38.99
A2B3D1	40.87	40.91	40.94	122.72	40.91
A3B1D1	31.22	31.24	31.26	93.72	31.24
A3B2D1	32.91	32.95	33.01	98.87	32.96
A3B3D1	33.98	34.03	34.06	102.07	34.02
TOTAL	330.35	330.74	331.05	992.14	

4.2.5.5 Analisis Hubungan dua arah

Analisa hubungan dua arah merupakan uji statistik yang menjelaskan tentang besar hubungan antara variabel – variabel yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 7.6 Hubungan Dua Arah antara variasi reaktor dan ukuran partikel dengan C/N

TABEL DUA ARAH ANTARA B DAN D				
PENURUNAN C/N	REAKTOR (B)			TOTAL
	B1	B2	B3	
A1D1	108.06	124.79	116.92	349.77
A2D1	108.02	116.97	122.72	347.71
A3D1	93.72	98.87	102.07	294.66
Total	309.80	340.63	341.71	

4.2.5.6 Analisis Keragaman

Analisis keragaman (Analysis of variance) digunakan untuk mengetahui sampai sejauh mana keragaman (variability) dari perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini. Hasil analisa keragaman dari pengaruh variasi pengomposan dan ukuran partikel sampah dapat dilihat pada tabel 7.7 dibawah ini :

Tabel 7.7 Analisis Keragaman antara perlakuan variasi pengomposan dengan C/N

SUMBER KERAGAMAN	DERAJAT BEBAS	JUMLAH KUADRAT	KUADRAT TENGAH	F HIT.		F. TABEL	
						5%	1%
Ulangan	2	51647.60	25823.80	0.87	tn	3.98	7.20
Perlakuan	5	33731.01	6746.20	3.33	*	3.20	5.32
B	2	327027.72	163513.86	21.07	**	3.98	7.20
A	2	51757.00	25878.50	4.33	*	3.98	7.20
BXA	4	-345053.72	-172526.86	22.23	**	3.36	5.76
Galat	11	-85366.51	-7760.59				
Total	18	12.10					

- * beda nyata pada taraf 5% (nyata) > 5%
- ** beda nyata pada taraf 1% (sangat nyata) > 5% & 1%
- tn tidak beda nyata

Berdasarkan hasil uji analisa keragaman antara variasi pengomposan dengan ukuran partikel 1 inchi, 2 inchi dan 3 inchi terhadap kandungan C/N didapat :

- F hitung perlakuan = 3.33 lebih besar dari F table pada taraf 5% = 3.20 dan lebih kecil dari F table pada taraf 1 % = 5.32. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada taraf signifikansi 5 % terdapat perbedaan perlakuan pengomposan anaerobik yang signifikan (nyata).
- F hitung reaktor kompos (B) = 21.07 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % = 3.98 dan pada taraf 1 % = 7.20. Pada taraf signifikansi 5 % maupun 1 % terdapat perbedaan yang sangat signifikan dari tiap reaktor (sangat nyata).
- F hitung ukuran partikel (A) = 4.33 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % = 3.98 dan lebih kecil dari F tabel pada taraf 1 % = 7.20. menunjukkan bahwa pada taraf signifikansi 5 % terdapat perbedaan yang signifikan pada variasi ukuran partikel (nyata).
- F hitung BA (interaksi antara perlakuan kompos dengan ukuran partikel) = 22.23 lebih besar dari F tabel pada taraf 5 % maupun pada taraf 1 %. Menunjukkan bahwa pada kedua taraf signifikansi tersebut (5 % dan 1 %), interaksi antara B (reaktor kompos) dengan A (ukuran partikel) sangat signifikan atau berbeda sangat nyata.

Dapat disimpulkan bahwa kandungan C/N sangat dipengaruhi oleh perlakuan pengomposan dimana semakin variabilitas perlakuan reaktor dan ukuran partikel menyebabkan penurunan nilai C/N yang sangat nyata.

4.2.5.7 Analisis Duncan Multivariate Range Test (DMRT)

Suatu metode statistik yang memberikan kesimpulan adanya perbedaan dua nilai tengah yang nyata meskipun nilai – nilai tengah tersebut berasal dari gugus nilai tengah yang homogen. Dengan hasil analisa DMRT ini dapat diketahui bahwa variasi yang digunakan dalam penelitian saling berhubungan dan memberikan pengaruh pada penelitian.

Tabel 7.8 Analisa DMRT variasi reaktor dan ukuran partikel sampah dengan kandungan C/N

PERLAKUAN	RATA - RATA	DMRT	NOTASI
A1B2D1	19.60	-	a
A1B3D1	21.64	2.04	b
A1B1D1	30.35	10.75	c
A3B2D1	31.24	0.89	d
A3B3D1	32.96	1.72	e
A3B1D1	34.02	2.06	f
A2B2D1	36.01	1.99	g
A2B3D1	38.99	2.98	h
A2B1D1	40.91	1.92	i

Berdasarkan hasil analisa DMRT dengan uji beda nyata terkecil (BNT) taraf 5 % terhadap pengaruh variasi reaktor dan variasi ukuran partikel sampah dengan penurunan jumlah phospor pada tabel 7.8 terlihat adanya perbedaan antara tiap perlakuan. Pada kolom perlakuan yaitu perlakuan $A_1B_2D_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah + bakteri dan kadar C/N setelah pengomposan) memiliki rata-rata terkecil = 19.60 mempunyai notasi *a* sangat berbeda nyata dengan perlakuan $A_1B_1D_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah saja dan C/N setelah pengomposan) dengan rata-rata = 30.35, mempunyai notasi berbeda yaitu *c*. Hal tersebut juga terlihat pada perlakuan $A_1B_3D_1$ (ukuran partikel 1 inchi pada reaktor sampah + bakteri + dedak dan C/N setelah pengomposan) dengan rata-rata = 21.64 notasinya *b*.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa variasi reaktor pengomposan menunjukkan perbedaan yang nyata dalam hal nilai C/N sesudah pengomposan

meskipun berada pada variasi ukuran partikel yang homogen yaitu 1 inchi. Ini menunjukkan bahwa variasi perlakuan sampah + bakteri dengan rata-ran terkecil lebih baik dibanding variasi pengomposan lainnya.

Untuk variasi ukuran partikel terlihat pada perlakuan $A_1B_2D_1$ (ukuran partikel 1 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai C/N setelah pengomposan) dengan rata-ran = 19.60 nilai dan notasinya = *a* berbeda dengan perlakuan $A_2B_2D_1$ (ukuran partikel 2 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai C/N setelah pengomposan) dengan rata-ran = 36.01 dan notasinya = *g* dan $A_3B_2D_1$ (ukuran partikel 3 inchi dengan variasi sampah + bakteri dan nilai C/N setelah pengomposan) dengan rata-ran = 31.24 dan notasinya = *d*.

Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi ukuran partikel juga memberi pengaruh bagi nilai C/N setelah pengomposan meskipun variasi pengomposannya homogen pada variasi B_2 yaitu sampah + bakteri.

4.3 Pembahasan

Unsur karbon dan nitrogen keduanya dibutuhkan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan mikroorganisme. Untuk itu proses pengomposan sampah organik domestik mempersyaratkan kebutuhan C/N rasio antara 10 – 20 sebagai perbandingan yang ideal (Effi Musnamar, 2003).

Dari hasil analisa kandungan karbon setelah pengomposan seperti pada gambar 4.2, diperoleh kadar C paling rendah terdapat pada reaktor B2 (sampah + bakteri) dengan ukuran partikel 1 inchi yaitu 21.74 %, kemudian meningkat pada reaktor B3 (sampah + bakteri + dedak) dengan ukuran partikel 3 inchi yaitu 27.45 %. Sedangkan nilai C tertinggi terdapat pada reaktor B1 (sampah) dengan ukuran partikel 3 inchi yaitu 29.98 %.

Dengan melihat kadar C setelah proses pengomposan tersebut dan membandingkannya dengan kadar C sebelum pengomposan pada ketiga variasi reaktor, seperti yang tertera pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 dapat disimpulkan bahwa kadar C setelah proses pengomposan mengalami penurunan. Penurunan kandungan C yang lebih besar pada reaktor B2 (sampah + bakteri) dengan partikel 1 inchi disebabkan pada waktu bakteri tumbuh dan berkembang biak menggunakan karbon dari sampah organik untuk menyusun seluler sel dengan membebaskan CO₂, metana dan bahan lain yang mudah menguap (Soeraningsih, 1999). Penggunaan karbon menjadi lebih besar ketika pada reaktor ditambahkan mikroorganisme pengurai dari luar seperti bakteri *Bacillus sphaericus*. Penambahan mikroorganisme tersebut menyebabkan aktifitas bakteri dalam mengurai bahan organik meningkat, sehingga konsumsi karbon semakin banyak. Hal lainnya dipengaruhi oleh ukuran partikel bahan yang lebih kecil yaitu 1 inchi. Semakin kecil ukuran bahan menyebabkan mikroorganisme lebih mudah berkoloni dan beraktifitas. Tingkat aktifitas mikroorganisme ini akan mengurangi kandungan C pada bahan kompos (Yuwono, 2005). Pada reaktor B3 (sampah + bakteri + dedak), penambahan dedak adalah untuk kontrol rasio C/N pengomposan. Penambahan dedak sebanyak 50 gram, mampu mempercepat proses dan menghasilkan kompos jerami yang baik (Subadiyasa, 1998). Hal tersebut tidak berlaku pada reaktor B3 (sampah + bakteri + dedak). Penyebabnya adalah kandungan C pada jerami lebih sedikit dibanding kandungan C pada

sampah organik. Jumlah karbon yang berlebihan menyebabkan kandungan C/N menjadi terlalu rendah, maka amonia yang dihasilkan menjadi terlalu banyak sehingga dapat meracuni bakteri dan membunuhnya (Tehobanoglous, 1993). Ukuran partikel yang besar yaitu 3 inchi juga mengurangi aktifitas bakteri sehingga mempengaruhi penurunan kadar karbon (C) pada sampah. Pada reaktor B1 (sampah) dengan partikel 3 inchi, penurunan kadar karbon lebih sedikit karena proses yang terjadi pada reaktor ini adalah alami tanpa penambahan bakteri dari luar dan tanpa penambahan dedak. Pada pengomposan alami aktifitas mikroba berjalan lambat. Sehingga penurunan kadar C menjadi berkurang. Ukuran partikel 3 inchi juga berpengaruh pada tingkat aktifitas mikroba pengurai sehingga konsumsi karbon menjadi berkurang dan sangat lambat.

Dari hasil analisa kandungan nitrogen setelah pengomposan seperti pada gambar 4.3, diperoleh kadar N paling rendah terdapat pada reaktor B2 (sampah + bakteri) dengan ukuran partikel 1 inchi yaitu 0.41 %, pada reaktor B3 (sampah + bakteri + dedak) dengan ukuran partikel 3 inchi yaitu 0.49 %. Sedangkan nilai N tertinggi terdapat pada reaktor B1 (sampah) dengan ukuran partikel 3 inchi yaitu 0.49 %.

Hasil analisa diatas bila dibandingkan dengan kadar N sebelum pengomposan seperti pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 dapat disimpulkan bahwa kadar N setelah pengomposan mengalami peningkatan. Peningkatan kadar N disebabkan adanya proses amonifikasi yaitu proses pembentukan amonium dari bentuk teroksidanya yaitu nitrit. Nitrit merupakan senyawa yang tidak stabil bertahan lama dan merupakan keadaan sementara dari proses oksidasi antara amonia dan nitrat (Alaerts et al, 1987). Peningkatan kadar N juga disebabkan adanya pembebasan gas metan.

Dari hasil analisa kandungan phospor setelah pengomposan seperti pada gambar 4.4, diperoleh kadar P paling rendah terdapat pada reaktor B2 (sampah + bakteri) dengan ukuran partikel 1 inchi yaitu 0.11 %, pada reaktor B3 (sampah + bakteri + dedak) dengan ukuran partikel 3 inchi yaitu 0.19 %. Sedangkan nilai N tertinggi terdapat pada reaktor B1 (sampah) dengan ukuran partikel 3 inchi yaitu 0.21 %.

Dari hasil analisa kandungan kalium setelah pengomposan seperti pada gambar 4.5, diperoleh kadar K paling rendah terdapat pada reaktor B2 (sampah + bakteri) dengan ukuran partikel 1 inchi yaitu 0.06 %, pada reaktor B3 (sampah + bakteri + dedak) dengan ukuran partikel 3 inchi yaitu 0.17 %. Sedangkan nilai K tertinggi terdapat pada reaktor B1 (sampah) dengan ukuran partikel 3 inchi yaitu 0.18 %.

Berdasarkan hasil analisa diatas bila dibandingkan dengan kadar P dan K sebelum pengomposan seperti pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 dapat disimpulkan bahwa kadar P dan K setelah pengomposan mengalami peningkatan. Peningkatan unsur hara P dan K secara jelas dipengaruhi oleh peningkatan unsur N. Produk unsur - unsur makro seperti P dan K tergantung dari proses nitrifikasi dalam tumpukkan. Karena dalam proses ini setelah ion amonium dibebaskan melalui dekomposisi bahan – bahan organik yang mengandung nitrogen, terjadi proses pengasaman. Pada proses pengasaman tersebut terjadi peningkatan mineral seperti kalium, magnesium, kalsium dan fosfat (Soeraningsih, 1999).

Dari hasil analisa kandungan C/N setelah pengomposan seperti pada gambar 4.6, diperoleh kadar C/N paling rendah terdapat pada reaktor B2 (sampah + bakteri) dengan ukuran partikel 1 inchi yaitu 19.59, kemudian meningkat pada reaktor B3 (sampah + bakteri + dedak) dengan ukuran partikel 2 inchi yaitu 38.99. Sedangkan nilai C/N tertinggi terdapat pada reaktor B1 (sampah) dengan ukuran partikel 2 inchi yaitu 40.90.

Berdasarkan hasil analisa diatas bila dibandingkan dengan kadar C/N sebelum pengomposan seperti pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 dapat disimpulkan bahwa kadar C/N setelah pengomposan mengalami penurunan. Penurunan rasio C/N setelah proses pengomposan disebabkan oleh peningkatan kandungan N yang akan meningkatkan emisi nitrogen sebagai amoniak, sedangkan rasio C/N yang tinggi disebabkan oleh kandungan N yang rendah sehingga proses pengomposan berlangsung lebih lambat dan nitrogen menjadi penghambat proses pengomposan. (Indriani, 2003). Penurunan rasio C/N disebabkan oleh penurunan nilai C dan peningkatan nilai N setelah proses karena aktifitas mikroorganisme pengurai. Penurunan rasio C/N dipengaruhi juga oleh ukuran partikel bahan yang dikomposkan karena adanya perbedaan ukuran dan pori – pori dalam bahan. Pada

variasi ukuran partikel diketahui bahwa kandungan C, N, P, K dan C/N terendah terdapat pada variasi ukuran partikel 1 inchi. Ukuran partikel bahan yang semakin halus dan kecil selain menyebabkan luas permukaan bahan semakin banyak untuk mikroba dan jasad renik, sehingga memudahkan mikroba dan jasad renik dalam mendegradasi bahan organik pada sampah seperti karbon dan nitrogen (Crawford J.H, 2003). Luas permukaan yang semakin banyak bagi mikroorganisme mempengaruhi tingkat pertumbuhannya dan hal tersebut juga menyebabkan pemanfaatan unsur organik pada sampah seperti karbon dan nitrogen akan semakin besar. Karbon akan berkurang pada sampah sedangkan nitrogen akan tetap tinggal menyebabkan turunnya kandungan karbon dan semakin meningkatnya kandungan Nitrogen. Hal tersebut akan menyebabkan turunnya rasio C/N.

Secara alami telah teridentifikasi bahwa bakteri yang paling dominan pada proses pengomposan sampai dengan hari ke empat belas adalah dari jenis *Bacillus* (Sadikin, 2005). Sedangkan oleh Ahmadinejad (2005) dinyatakan bahwa bakteri *Bacillus sphaericus* memiliki enzim yang sangat berperan dalam proses pengomposan anaerobik. Bakteri ini mampu bertahan dalam kondisi aerob maupun anaerob bahkan dapat tetap hidup dan berkembang biak meski lingkungan tidak mendukung sama sekali. Dengan penambahan bakteri pada variasi B2 (sampah + bakteri) dan B3 (sampah + bakteri + dedak) hasil pengomposan lebih baik bila dibandingkan dengan variasi B1 (sampah). Namun hasil terbaik berada pada variasi B2 yaitu sampah + bakteri. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa bakteri *Bacillus sphaericus* mampu memberikan hasil pengomposan yang mendekati standar kualitas pengomposan seperti pada tabel 2.2.3.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan maka dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Bakteri *Bacillus sphaericus* memiliki kemampuan dalam memperbaiki kualitas C, N, P, K dan C/N dalam proses degradasi sampah organik secara anaerobik sehingga sesuai dengan standar kualitas kompos.
2. Dari ketiga variasi ukuran partikel diperoleh variasi terbaik adalah ukuran partikel sampah 1 inchi dengan variasi penambahan bakteri *Bacillus sphaericus* yang mampu menghasilkan kadar C = 21,74 %, N = 0.41 %, P = 0.11 %, K = 0.06 % dan C/N = 19.59 dan merupakan hasil yang sesuai dengan standar kualitas kompos.
3. Dari ketiga variasi pengomposan yang digunakan dalam penelitian ini, diperoleh variasi yang terbaik adalah variasi sampah + bakteri yang mampu menghasilkan kadar C = 21.74 %, N = 0.41 %, P = 0.11 %, K = 0.06 % dan C/N = 19.59 dan merupakan hasil yang sesuai dengan standar kualitas kompos.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas maka penyusun menyarankan :

- ❖ Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai degradasi anaerobik sampah organik oleh bakteri *Bacillus sphaericus* dengan parameter degradasi lain seperti unsur mikro lainnya yang terkandung dalam kompos.
- ❖ Waktu pengomposan perlu ditambah untuk menghasilkan C/N yang maksimal karena setelah pengomposan C/N kompos berada pada range minimum yaitu pada kisaran dibawah 20 sedangkan rasio C/N kompos yang baik adalah pada range 25 – 35.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadinejad, 2005. *The Study Of Bacillus sphaericus and Anaerob Microorganisms*. NewYork.
- Alaerts et al, 1987. *Effective of polyphosphate limitation on the anaerobic metabolism of phosphorus accumulating microorganisms*.
- Anonim, 2004. SNI 19-7030-2004, 2004. *Standar Kualitas Kompos Sampah Organik*. Jakarta
- NOGC Meet, 1992. *Center for Policy and Implementation Studies (CPIS) & National Organic Gardenic Center*. England.
- Ginkel. J.T, 1999. *Physical and Biochemical Processes In Composting Material*.
- Harold. B. Gotaas. 1965. *Composting World Health Organization*. USA.
- Haug. R. T. 1962. *Compost Engineering Principle and Practice*.
- Indriani Y.H, 2000. *Membuat Kompos Secara Singkat*. Jakarta. Penerbit Swadaya
- Kompas, Senin 1 November 1999, halaman 16. *Permasalahan Sampah*
- Musnamar. E, 2003. *Pupuk Organik Cair dan Padat, Aplikasi dan Pembuatan*.
- Nunuk Priani, 2004. *Metabolisme Bakteri*. Biologi Univ. Sumut.
- Price at al, 1981 dalam paramitha, 2002. *Penelitian Proses Pengomposan*
- Sitairesmi, 2002. *Pengomposan Anaerobik dan Proses*. Jakarta
- Soeraningsih, 1999. *Unsur-unsur Makro Organik Pada Bahan Kompos*
- Subadiyasa, 1998. *Mecanism Of Crop Management Impact In Methane Emissions From Rice Field In Los Banos, Philippines*.
- Suprihatin, 1996 *Studi Komposisi dan Karakteristik Kompos*, BPPT
- Suriawiria, 1996 *Pengantar Untuk Mnegenal dan Menanam Jamur*. Bandung.
- Tchobanaglou, G.H.Theisen, Samuel.A. Vigil. *Intregated Solid Waste Management*. Singapore : McGraw – Hill International Editions.

Tsabitah, 2007. Wordpress.com/ Pengomposn Bagian I / *Diktat Kuliah Teknik Lingkungan ITB Persampahan Oleh E. Damanhuri,*

Yuwono .D, 2005. *Buku KOMPOS.* Penerbit Penebar Swadaya.

LAMPIRAN

1. Analisa C/N

Cara analisisnya sebagai berikut:

1. 0,3 gram sampel (yang tidak lembab lagi) ditimbang dan kemudian ditambahkan Aquadest 100 ml.
2. Ditambahkan digest N dan dipanaskan hingga vol. 10 – 20 ml.
3. Ditambahkan aquadest hingga vol. 100 ml
4. dari larutan tersebut diambil 25 ml dan ditambahkan 1,25 ml garam signet dan 1 ml nessler kocok dan didiamkan \pm 10 menit.

2. Analisa N, P dan K

Sampel yang diambil adalah pada bagian dalam tumpukan atau 2/3 dari tinggi permukaan, karena dianggap aktivitas mikroorganisme terkonsentrasi pada ketinggian tersebut. Adapun cara analisa P dan K adalah :

a. Analisa P

1. Sampel yang telah hilang kelembabannya diambil sebanyak 29 mg dan ditambahkan aquadest 50 ml.
2. Ditambahkan indikator pp + 3 tetes, dititrasi dengan NaOH 1 N hingga muncul warna merah muda. Kemudian diencerkan dengan aquadest hingga 50 ml.
3. Dari larutan tersebut diambil 25 ml, ditambahkan 1 ml ammonium molybdat dan larutan SnCl_2 3 tetes.
4. Dikocok dan didiamkan 10 menit, kemudian dibaca dengan spektrofotometer $\lambda = 650 \text{ nm}$.

b. Analisa K

1. Timbang sampel \pm 2 gram, masukkan kedalam cawan porselin dan panaskan.
2. tambahkan 20 ml ammonium asetat.
3. Dikocok selama 30 menit dengan pengocok listrik.
4. Disaring dengan kertas saring whatman 42.
5. Membuat larutan stock 10 mg K L^{-1} yang dibuat dengan mengencerkan dari larutan stock 100 mg K L^{-1} dalam ammonium asetat sebanyak 50 ml.
6. Hasil ekstraksi dibaca dengan spektrofotometer.

3. Pengukuran jumlah bakteri

Pertumbuhan populasi bakteri menggambarkan jumlah sel atau massa yang terjadi. Penentuan jumlah individu hidup dilakukan dengan penanaman dan pengeraman dalam media, sedangkan penentuan jumlah sel keseluruhan ditentukan dengan pengamatan dengan mikroskop. Jika jumlah bakteri dalam waktu tertentu dinyatakan b , maka :

Pada generasi pertama, $b = 1 \times 2$

Pada generasi kedua, $b = 1 \times 2^2$ dan pada generasi ke n , maka $b = 1 \times 2^n$.

Dalam pemakaian sehari-hari karena jumlah sel induk mungkin berjuta-juta, maka jumlah sel asal dinyatakan dengan a , sehingga :

$$b = a \times 2^n$$

dengan perhitungan logaritma dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \log b &= \log 10^a + a \log 10^2 \\ &= \log 10^a + 0,301 n \end{aligned}$$

$$\text{Atau } n = \frac{\log 10^b - \log 10^a}{0,301}$$

ANALISA JUMLAH BAKTERI

A. CARA KERJA

1. Sterilisasi Alat

- a. Cuci bersih semua alat-alat yang akan digunakan sampai bersih dengan sabun cuci dan dikeringkan.
- b. Untuk pipet dan tabung reaksi ditutup dengan kapas dan kemudian dibungkus kertas coklat lalu dimasukkan semua alat-alat kedalam oven dengan temperatur 180°C selama 2 jam.

2. Buat media NB (Nutrient Broth)

- a. Timbang NB sebanyak 0,65 gr masukkan kedalam erlenmeyer dan dicampurkan dengan aquades steril sebanyak 50 ml.
- b. Panaskan larutan NB dan diaduk-aduk sampai larut
- c. Tutup erlenmeyer hingga rapat dan disterilisasi dengan autoklaf 121°C selama 1,5 jam, setelah itu larutan NB dikeluarkan dan didinginkan.

3. Buat media NA (Nutrient Agar)

- a. Timbang NA sebanyak 2 gr masukkan kedalam erlenmeyer dan dicampurkan dengan aquades steril sebanyak 100 ml
- b. Panaskan larutan NB dan diaduk-aduk sampai larut
- c. Tutup erlenmeyer hingga rapat dan disterilisasi dengan autoklaf 121°C selama 1,5 jam.

B. MENGHITUNG JUMLAH BAKTERI

1. Bakteri yang akan dimasukkan

- a. Siapkan tabung reaksi yang telah disterilkan sebanyak 3 buah, kemudian masukkan aquades steril sebanyak 9 ml kedalam masing-masing tabung reaksi
- b. Ambil bakteri 2 ose secara steril, kemudian masukkan ke media NB
- c. Kocok-kocok media NB yang telah dimasukkan bakteri hingga tercampur rata
- d. Ambil sebanyak 1 ml dari media NB dan dimasukkan kedalam tabung reaksi 1 yang telah diisi aquades steril secara steril kemudian dikocok-kocok hingga tercampur rata.
- e. Ambil sebanyak 1 ml dari tabung 1, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi 2 dan dikocok-kocok sampai tercampur rata
- f. Begitu juga untuk perlakuan terhadap tabung ke-3 yang semuanya dilakukan secara steril

2. Perhitungan Bakteri Setelah Proses

- a. Ambil 1 ml sampel, kemudian masukkan kedalam cawan petri secara steril
- b. Masukkan media NA kedalam cawan petri yang telah diberi sampel secara steril kemudian diputar-putar seperti angka 8 sampai tercampur rata dan biarkan hingga 24 jam
- c. Hitung jumlah bakteri dengan colony counter



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838

LAPORAN HASIL PENELITIAN

No:M.117/RT.7/TI/R.O/TT.150806/2007

Nama : Awaludin Mochdar
Nim : 00.26.015
Jurusan : Teknik Lingkungan
PTN / PTS : Institut Teknologi Nasional Malang
Asal sampel : Limbah Padat Pengomposan Anaerobik
Data Hasil Analisa : Analisa Awal Nilai C, N, P, K dan C/N
Karakteristik Sampel Awal pada ukuran partikel 1 inchi

Reaktor	C	N	Rasio C/N	P	K
B1	45.16	0.26	58.36	0.08	0.03
B2	50.93	0.25	60.85	0.07	0.05
B3	6.84	0.23	55.27	0.06	0.04

Karakteristik Sampel Awal pada ukuran partikel 2 inchi

Reaktor	C	N	Rasio C/N	P	K
B1	50.68	0.28	70.23	0.04	0.02
B2	45.68	0.26	75.67	0.07	0.03
B3	47.77	0.24	78.28	0.05	0.03

Karakteristik Sampel Awal pada ukuran partikel 3 inchi

Reaktor	C	N	Rasio C/N	P	K
B1	51.26	0.25	65.92	0.04	0.04
B2	49.86	0.23	57.82	0.03	0.04
B3	48.79	0.20	69.38	0.02	0.03

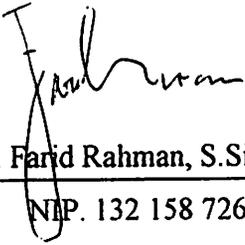
- Catatan:
1. Hasil analisa ini adalah nilai rata – rata pengerjaan analisis secara duplo
 2. Hasil analisis ini berlaku untuk sample yang kami terima dengan kondisi sample saat itu.

Malang, 3 Mei 2007

Mengetahui

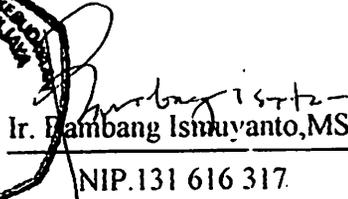
Ka.Lab. Kimia Lingkungan

Ketua



M. Farid Rahman, S.Si, MSi

NIP. 132 158 726



Ir. Bambang Ismuyanto, MS

NIP. 131 616 317



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838

LAPORAN HASIL PENELITIAN

No:M.117/RT.7/TI/R.O/TT.150806/2007

Nama : Awaludin Mochdar
Nim : 00.26.015
Jurusan : Teknik Lingkungan
PTN / PTS : Institut Teknologi Nasional Malang
Asal sampel : Limbah Padat Pengomposan Anaerobik
Data Hasil Analisa : Analisa Akhir Nilai C, N dan P

A. Sampel 1 Inchi :

Kode Sampel	Parameter	Pengulangan	Kadar		Metode Analisa	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
B 1	C	1	24.45	%	HNO ₃	ASS
		2	23.87	%	HNO ₃	ASS
		3	24.53	%	HNO ₃	ASS
	N	1	0.43	%	Nessler	Spektrofotometer
		2	0.41	%	Nessler	Spektrofotometer
		3	0.44	%	Nessler	Spektrofotometer
	P	1	0.14	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		2	0.17	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		3	0.16	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer

Kode Sampel	Parameter	Pengulangan	Kadar		Metode Analisa	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
R 2	C	1	21.67	%	HNO ₃	ASS
		2	21.45	%	HNO ₃	ASS
		3	22.12	%	HNO ₃	ASS
	N	1	0.41	%	Nessler	Spektrofotometer
		2	0.42	%	Nessler	Spektrofotometer
		3	0.41	%	Nessler	Spektrofotometer
	P	1	0.11	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		2	0.11	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		3	0.11	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer

Kode Sampel	Parameter	Pengulangan	Kadar		Metode Analisa	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
R 3	C	1	22.68	%	HNO ₃	ASS
		2	22.71	%	HNO ₃	ASS
		3	21.86	%	HNO ₃	ASS
	N	1	0.42	%	Nesller	Spektrofotometer
		2	0.42	%	Nesller	Spektrofotometer
		3	0.42	%	Nesller	Spektrofotometer
	P	1	0.13	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		2	0.12	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		3	0.13	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer

B. Sampel 2 Inchi :

Kode Sampel	Parameter	Pengulangan	Kadar		Metode Analisa	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
R 4	C	1	26.69	%	HNO ₃	ASS
		2	26.85	%	HNO ₃	ASS
		3	27.21	%	HNO ₃	ASS
	N	1	0.49	%	Nessler	Spektrofotometer
		2	0.49	%	Nesiler	Spektrofotometer
		3	0.51	%	Nessler	Spektrofotometer
	P	1	0.17	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		2	0.16	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		3	0.17	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer

Kode Sampel	Parameter	Pengulangan	Kadar		Metode Analisa	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
R 5	C	1	23.83	%	HNO ₃	ASS
		2	24.53	%	HNO ₃	ASS
		3	23.75	%	HNO ₃	ASS
	N	1	0.43	%	Nessler	Spektrofotometer
		2	0.44	%	Nessler	Spektrofotometer
		3	0.44	%	Nessler	Spektrofotometer
	P	1	0.14	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		2	0.14	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		3	0.15	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer

Kode Sampel	Parameter	Pengulangan	Kadar		Metode Analisa	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
R 6	C	1	24.76	%	HNO ₃	ASS
		2	25.36	%	HNO ₃	ASS
		3	24.13	%	HNO ₃	ASS
	N	1	0.42	%	Nesller	Spektrofotometer
		2	0.42	%	Nesller	Spektrofotometer
		3	0.41	%	Nesller	Spektrofotometer
	P	1	0.16	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		2	0.16	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		3	0.15	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer

C. Sampel 3 Inchi :

Kode Sampel	Parameter	Pengulangan	Kadar		Metode Analisa	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
R 7	C	1	28.73	%	HNO ₃	ASS
		2	29.52	%	HNO ₂	ASS
		3	29.59	%	HNO ₃	ASS
	N	1	0.53	%	Nessler	Spektrofotometer
		2	0.53	%	Nessler	Spektrofotometer
		3	0.55	%	Nessler	Spektrofotometer
	P	1	0.21	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		2	0.22	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		3	0.22	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer

Kode Sampel	Parameter	Pengulangan	Kadar		Metode Analisa	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
R 8	C	1	25.56	%	HNO ₃	ASS
		2	25.74	%	HNO ₃	ASS
		3	26.15	%	HNO ₃	ASS
	N	1	0.47	%	Nessler	Spektrofotometer
		2	0.46	%	Nessler	Spektrofotometer
		3	0.47	%	Nessler	Spektrofotometer
	P	1	0.19	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		2	0.19	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		3	0.18	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer

Kode Sampel	Parameter	Pengulangan	Kadar		Metode Analisa	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
R 9	C	1	27.87	%	HNO ₃	ASS
		2	27.54	%	HNO ₃	ASS
		3	26.94	%	HNO ₃	ASS
	N	1	0.49	%	Nessler	Spektrofotometer
		2	0.51	%	Nessler	Spektrofotometer
		3	0.49	%	Nessler	Spektrofotometer
	P	1	0.19	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		2	0.20	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer
		3	0.20	%	Amonium Moblidat	Spektrofotometer

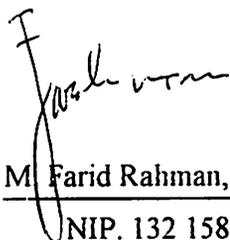
- Catatan: 1. Hasil analisa ini adalah: nilai rata – rata pengerjaan analisis secara duplo
2. Hasil analis ini berlaku untuk sample yang kami terima dengan kondisi sample saat itu.

Malang, 4 Juni 2007

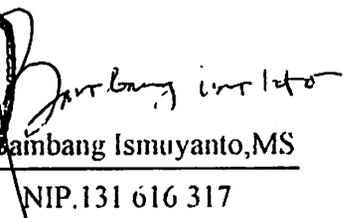
Mengetahui

Ka.Lab. Kimia Lingkungan

Ketua


M. Farid Rahman, S.Si, MSi
NIP. 132 158 726




Ir. Bambang Ismuyanto, MS
NIP. 131 616 317



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838

LAPORAN HASIL PENELITIAN

No:M.117/RT.7/TI/R.O/TT.150806/2007

Nama : Awaludin Mochdar
Nim : 00.26.015
Jurusan : Teknik Lingkungan
PTN / PTS : Institut Teknologi Nasional Malang
Asal sampel : Limbah Padat Pengomposan Anaerobik
Data Hasil Analisa : Nilai K Akhir

Reaktor	K		
	I	II	III
R 1	0.09	0.10	0.10
R 2	0.06	0.06	0.07
R 3	0.07	0.08	0.08
R 4	0.17	0.17	0.16
R 5	0.11	0.11	0.12
R 6	0.13	0.14	0.15
R7	0.19	0.19	0.18
R8	0.17	0.17	0.18
R9	0.18	0.17	0.18



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838

LAPORAN HASIL PENELITIAN

No:M.117/RT.7/TI/R.O/TT.150806/2007

Nama : Awaludin Mochdar
Nim : 00.26.015
Jurusan : Teknik Lingkungan
PTN / PTS : Institut Teknologi Nasional Malang
Asal sampel : Limbah Padat Pengomposan Anaerobik
Data Hasil Analisa : Analisa Akhir Nilai C/N

A. Sampel I Inchi :

Kode Sampel	Parameter	Pengulangan	Kadar		Metode Analisa	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
R 1	C/N	1	35.98		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		2	36.03		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		3	36.05		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
R2	C/N	1	41.56		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		2	41.60		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		3	41.63		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
R3	C/N	1	38.93		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		2	38.97		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		3	39.02		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer

B. Sampel 2 Inchi :

Kode Sampel	Parameter	Pengulangan	Kadar		Metode Analisa	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
R 4	C/N	1	35.95		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		2	36.02		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		3	36.05		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
R5	C/N	1	38.95		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		2	38.99		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		3	39.03		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
R6	C/N	1	40.87		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		2	40.91		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		3	40.94		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer

C. Sampel 3 Inchi :

Kode Sampel	Parameter	Pengulangan	Kadar		Metode Analisa	
			Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
R7	C/N	1	31.22		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		2	31.24		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		3	31.26		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
R8	C/N	1	32.91		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		2	32.95		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		3	33.01		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
R9	C/N	1	33.98		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		2	34.03		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer
		3	34.06		Digest N, Garam Signet, Nessler	Spektrofotometer



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
LABORATORIUM MIKROBIOLOGI
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838

LAPORAN HASIL PENELITIAN

No:M.218/RT.7/T1/R.O/TT.170906/2007

Nama : Awaludin Mochdar
Nim : 00.26.015
Jurusan : Teknik Lingkungan
PTN / PTS : Institut Teknologi Nasional Malang
Asal sampel : Limbah Padat Pengomposan Anaerobik
Data Hasil Analisa : Analisa Jumlah Bakteri
Jenis Bakteri : *Bacillus spaerichus*

Hasil Perhitungan Jumlah Bakteri

No	Jumlah Bakteri		Keterangan
	Sebelum Pengomposan	Setelah Pengomposan	
A1	$1,1 \times 10^6$	$4,3 \times 10^8$	
A2	$1,5 \times 10^5$	$4,7 \times 10^8$	
A3	$1,8 \times 10^6$	$4,8 \times 10^8$	
B1	$2,2 \times 10^6$	$5,5 \times 10^8$	
B2	$2,3 \times 10^6$	$5,8 \times 10^8$	
B3	$2,5 \times 10^6$	$5,7 \times 10^8$	
C1	$2,2 \times 10^6$	$5,8 \times 10^8$	
C2	$2,5 \times 10^6$	$5,9 \times 10^8$	
C3	$2,7 \times 10^6$	$6,1 \times 10^8$	

Keterangan :

A = Reaktor 3 inchi

B = Reaktor 2 inchi

C = Reaktor 1 inchi