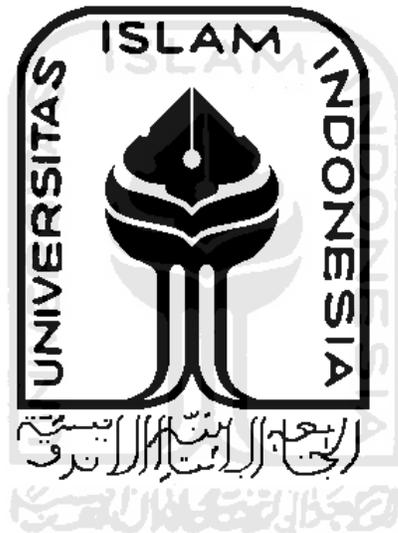


TA/TL/2012/0412

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA KANDUNGAN UNSUR HARA MAKRO  
DAN LOGAM BERAT PADA PUPUK ORGANIK  
BERBAHAN DASAR SLUDGE IPAL INDUSTRI  
KARET PT.DHARMA KALIMANTAN JAYA DENGAN  
PENAMBAHAN ASAM HUMATE**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



**NOOR ADITYA RAHMAN**

**07 513 004**

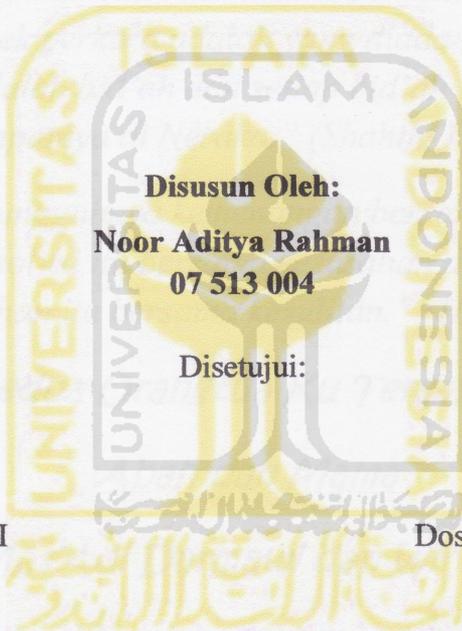
**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2011**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISA KANDUNGAN UNSUR HARA MAKRO  
DAN LOGAM BERAT PADA PUPUK ORGANIK  
BERBAHAN DASAR SLUDGE IPAL INDUSTRI  
KARET PT.DHARMA KALIMANTAN JAYA DENGAN  
PENAMBAHAN ASAM HUMATE**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



**Disusun Oleh:  
Noor Aditya Rahman  
07 513 004**

**Disetujui:**

**Dosen Pembimbing I**

**Hudori, ST, MT**

**Tanggal: 2/1 '2012**

**Dosen Pembimbing II**

**Awaluddin Nurmianto, ST**

**Tanggal: 4/1 - 2012**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII**



**Luqman Hakim, ST, M.Si.**

**Tanggal:**

**5/1 2012**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 5 Desember 2011

Yang membuat



**NOOR ADITYA RAHMAN**

NIM: 07 513 004

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*“Segala puji adalah milik Allah. Kami memuji-Nya, memohon pertolongan dan memohon ampunan kepada-Nya, Kami berlindung kepada Allah dari kejahatan diri kami dan kejelekan amalan-amalan kami. Siapa yang Allah beri petunjuk, maka tidak ada yang dapat menyesatkannya dan siapa yang Allah sesatkan, maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk”.*

*“Sesungguhnya sebaik-baik perkataan adalah Kitabullah dan sebaik-baik petunjuk adalah Nabi Muhammad shallallaahu ‘alaihi wa sallam, sejelek-jelek perkara adalah yang diada-adakan, setiap yang diada-adakan adalah bid’ah dan setiap bid’ah itu sesat dan setiap kesesatan itu tempatnya di Neraka.”*  
(Shahih, HR.Abu Dawud dll)

*“Ketahuilah sesungguhnya kemenangan bersama kesabaran, dan sesungguhnya solusi itu bersama kesusahan dan sesungguhnya kemudahan itu bersama kesulitan.”* (HR.Ahmad)

*Kedua Orangtua Ku Tersayang*

*Abah dan Mama*

*Mas’Adi Darmawi dan Wirdah*

*Terima Kasih sedalam-dalamnya yang telah sepenuh jiwa raga mendidik dan membesarkan, mendoakan dengan cinta dan kasih sayang sehingga bisa sampai seperti ini.*

*Adik-Adikku Tersayang*

*Noor Ahyadi Rahman*

*Noor Fajariani Rahman*

*Siti Nur A'inatul Firdausha*

*Kalian Selalu Memberikan Motivasi Yang Besar Untukku Agar Menjadi Lebih Baik*



## KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, Sang pencipta alam semesta, Pemilik dari nama-nama yang paling indah. Dengan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisa Kandungan Unsur Hara Makro dan Logam Berat Pada Pupuk Organik Berbahan Dasar Sludge IPAL Industri Karet PT.Dharma Kalimantan Jaya Dengan Penambahan Asam Humate”. Shalawat dan salam semoga Allah curahkan kepada Nabi Muhammad shallallaahu ‘alaihi wa sallam, keluarganya dan seluruh Shahabatnya, dan orang-orang yang mengikuti jejak mereka dengan baik.

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk dapat menyelesaikan Program Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan tugas akhir ini, tidak lepas dari motivasi dan bimbingan dari berbagai pihak sehingga penyusun mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan segala sesuatu yang terbaik untukku.
2. Bapak Luqman Hakim, ST, Msi selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang banyak memberikan inspirasi dalam segala hal.
3. Bapak Hudori, ST, MT selaku dosen pembimbing I atas arahan dan bimbingannya serta koreksi selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Awaluddin Nurmiyanto, ST, M.Eng selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga serta dalam perlakuan dalam penelitian.
5. Seluruh dosen Jurusan teknik Lingkungan. Universitas Islam Indonesia
6. Mas Agus Adi Prananto, SP, Bapak Tasyono , ST dan Mas Iwan Ardiyanta, ST yang telah membantu dan membimbing penyusun dalam pelaksanaan tugas akhir di Laboratorium.
7. Kawan-kawan mahasiswa Jurusan Teknik Lingkungan yang telah memberikan dukungannya.

8. Semua pihak yang telah membantu penyusun dan berperan dalam tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Kami menyadari dalam penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, namun kami berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan memperkaya khasanah ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Lingkungan.

Semoga apa yang penyusun sampaikan dalam laporan ini dapat berguna bagi penulis, rekan-rekan mahasiswa maupun siapa saja yang membutuhkannya.

*Wassalamualaikum. Wr.Wb.*



Yogyakarta, 27 Desember 2011

Penyusun

# DAFTAR ISI

<b>Halaman Pengesahan</b> .....	i
<b>Halaman Pernyataan</b> .....	ii
<b>Halaman Persembahan</b> .....	iii
<b>Kata Pengantar</b> .....	iv
<b>Daftar Isi</b> .....	vi
<b>Daftar Tabel</b> .....	x
<b>Daftar Gambar</b> .....	xii
<b>Daftar Lampiran</b> .....	xiv
<b>Abstraksi</b> .....	xv
<b>Bab I</b>	
<b>Pendahuluan</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
<b>Bab II</b>	
<b>Tinjauan Pustaka</b> .....	6
2.1 Limbah Lumpur ( <i>Biosolid</i> ) .....	6
2.2 Teknologi Pengolahan <i>Sludge</i> /Lumpur .....	7
2.3 Jenis dan Sifat Lumpur .....	7
2.4 Kadar Air dan Wujud Lumpur .....	8
2.5 <i>Sludge Drying Bed</i> (SDB) .....	10
2.6 Proses Pembuatan Pupuk .....	10
2.6.1 Metode Maturasi (Pematangan) .....	11
2.6.2 Metode Pengomposan (Composting) .....	11
2.7 Pupuk .....	16

2.7.1	Pupuk Organik .....	17
2.7.2	Pupuk Anorganik .....	19
2.8	Asam Humate .....	20
2.8.1	Pembentukan dan Karakteristik Asam Humate .....	21
2.8.2	Pengaruh dan Fungsi Asam Humate .....	22
2.9	Asam Humate Granular .....	23
2.10	Logam Berat .....	24
2.10.1	Sumber Pencemar Logam Berat .....	26
2.11	Timbal (Pb) .....	27
2.11.1	Efek Bahaya Masuknya Timbal (Pb) dalam Tubuh Manusia .....	28
2.12	Kadmium (Cd) .....	29
2.12.1	Efek Bahaya Masuknya Kadmium (Cd) dalam Tubuh Manusia .....	30
2.13	Unsur Hara Tanaman .....	31
2.13.1	Pengaruh Nitrogen (N) Terhadap Tanaman .....	33
2.13.2	Pengaruh Fosfor (P) Terhadap Tanaman .....	34
2.13.3	Pengaruh Kalium (K) Terhadap Tanaman .....	35
2.13.4	Pengaruh C/N Terhadap Tanaman .....	36
2.14	Sejarah Tanaman Bayam .....	37
2.15	Morfologi Bayam .....	38
2.15.1	Jenis Bayam .....	38
2.15.2	Bayam Cabut ( <i>Amaranthus sp</i> ) .....	39
2.15.3	Penanaman Tanaman Bayam ( <i>Amaranthus sp</i> ) .....	39
2.15.4	Perawatan Tanaman Bayam ( <i>Amaranthus sp</i> ) .....	40
2.16	Landasan Perbandingan Komposisi Pupuk .....	40
2.17	Landasan Perbandingan Media Tanam .....	41

<b>Bab III</b>	<b>Metode Penelitian</b> .....	42
3.1	Lokasi Penelitian .....	42
3.2	Alat dan Bahan yang Digunakan .....	43
3.3	Variabel yang Digunakan .....	43
3.3.1	Variasi Komposisi Campuran Asam Humate dengan Lumpur Kering .....	43
3.3.2	Perbandingan Pertumbuhan Tanaman Bayam Berdasarkan Variasi Campuran Lumpur Kering dengan Asam Humate .....	44
3.4	Rancangan Penelitian .....	45
3.5	Tahap Penelitian .....	47
3.5.1	Persiapan Bahan .....	47
3.5.2	Persiapan Reaktor .....	49
3.5.3	Pengoperasian Reaktor .....	50
3.5.4	Persiapan Media Tanam .....	54
3.5.5	Penanaman .....	56
3.5.6	Proses Perawatan Tanaman .....	56
3.5.7	Proses Pengambilan Sampel .....	57
3.5.8	Metode Rancangan Percobaan .....	59
3.5.9	Pengamatan dan Pengumpulan Tanaman Bayam .....	59
<b>Bab IV</b>	<b>Hasil dan Pembahasan</b> .....	60
4.1	Umum .....	60
4.2	Analisa Pembuatan Pupuk Organik dengan Proses Maturasi .....	61
4.2.1	Analisa pH .....	62
4.2.2	Analisa suhu .....	66
4.3	Hasil Pengukuran Nitrogen (N), Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), Kalium (K <sub>2</sub> O), dan Ratio C/N .....	69
4.3.1	Pupuk Organik .....	69
4.3.2	Lumpur Kering .....	70
4.3.3	Tanah .....	71
4.3.4	Asam Humate : Tanah .....	71

4.4	Pembahasan .....	72
4.4.1	Analisa N-total .....	72
4.4.2	Analisa C/N .....	76
4.4.3	Analisa Fosfor ( $P_2O_5$ ) .....	80
4.4.4	Analisa Kalium ( $K_2O$ ) .....	83
4.5	Hasil Pengukuran Logam Berat .....	86
4.5.1	Timbal (Pb) .....	87
4.5.2	Kadmium (Cd) .....	89
4.5.3	Analisis Kandungan Logam Berat (Pb dan Cd) .....	90
4.6	Hasil Uji Efektivitas Pupuk Organik Terhadap Tanaman Bayam ..	91
<b>Bab V</b>	<b>Kesimpulan dan Saran .....</b>	<b>99</b>
5.1	Kesimpulan .....	99
5.2	Saran .....	100

**Daftar Pustaka**

**Lampiran**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sumber-sumber lumpur penghasil lumpur secara representatif .....	7
Tabel 2.2	Kadar air (%) dalam lumpur untuk tiap metode/proses pengolahan .....	8
Tabel 2.3	Perubahan kadar air dan berat total dari lumpur dengan kadar air 98% .....	9
Tabel 2.4	Kadar air dan wujud lumpur .....	9
Tabel 2.5	Syarat yang diperlukan untuk dapat digunakan sebagai pupuk .....	13
Tabel 2.6	Hubungan antara kadar air dalam bahan baku kompos dan kondisi fermentasi .....	15
Tabel 2.7	Komposisi bahan yang terkandung di dalam Asam Humate .....	23
Tabel 4.1	Variasi media tanam dan komposisi .....	61
Tabel 4.2	Nilai pH dan suhu hari ke 1-7 dalam proses maturasi .....	62
Tabel 4.3	Hasil pengukuran pH ( hari ke 1-7 ) .....	62
Tabel 4.4	Nilai pH dalam tanah .....	65
Tabel 4.5	Hasil pengukuran nilai suhu hari ke 1-7 .....	66
Tabel 4.6	Data analisis pupuk organik pada variasi 1:100, 1:125, dan 1:150 .....	70
Tabel 4.7	Data analisis limbah lumpur karet .....	71
Tabel 4.8	Data analisis tanah ladang .....	71
Tabel 4.9	Data analisis asam humate : tanah ladang .....	72
Tabel 4.10	Data analisis N,P,K dan C/N pada semua variasi .....	72
Tabel 4.11	Data analisis N-total pada semua variasi .....	73
Tabel 4.12	Kriteria dan persentase nilai N-total dalam tanah .....	75
Tabel 4.13	Data analisis C/N pada semua variasi .....	76
Tabel 4.14	Kriteria dan persentase nilai C/N dalam tanah .....	78
Tabel 4.15	Data analisis Fosfor ( $P_2O_5$ ) .....	80
Tabel 4.16	Kriteria dan persentase nilai P ( $P_2O_5$ ) dalam tanah .....	82

Tabel 4.17	Data analisis K ( $K_2O$ ) pada semua variasi .....	84
Tabel 4.18	Kriteria dan persentase nilai K ( $K_2O$ ) dalam tanah .....	85
Tabel 4.19	Data Penelitian Logam Berat .....	87
Tabel 4.20	Nilai rata-rata tinggi tanaman, lebar, dan jumlah daun .....	92
Tabel 4.21	Kandungan unsur NPK dalam pupuk organik .....	96
Tabel 4.22	Kebutuhan unsur NPK untuk tanaman bayam .....	96
Tabel 4.23	Rank hasil penilaian unsur hara .....	96
Tabel 4.24	Rank penilaian tanaman .....	97
Tabel 4.25	Rank penilaian <i>sludge</i> .....	97
Tabel 4.26	Rank hasil penelitian .....	97



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan antara kelembaban dan berat total lumpur .....	9
Gambar 2.2	Proses umum pengomposan limbah padat organik .....	12
Gambar 2.3	Perubahan suhu dan mikroba selama proses pengomposan .....	13
Gambar 2.4	Pupuk organik .....	18
Gambar 2.5	Pupuk Anorganik .....	20
Gambar 2.6	Asam Humate .....	24
Gambar 2.7	Bayam Cabut .....	39
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian .....	46
Gambar 3.2	<i>Sludge Drying Bed</i> Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Karet .....	47
Gambar 3.3	Proses pengeringan lumpur .....	48
Gambar 3.4	Proses penumbukan lumpur .....	48
Gambar 3.5	Proses pengayakan lumpur .....	49
Gambar 3.6	Reaktor untuk pembuatan pupuk organik .....	50
Gambar 3.7	Proses penimbangan asam humate .....	51
Gambar 3.8	Lumpur yang sudah dimasukkan ke dalam reaktor .....	52
Gambar 3.9	Proses pencampuran .....	52
Gambar 3.10	Proses pengadukan .....	53
Gambar 3.11	Proses pengukuran pH dan suhu .....	53
Gambar 3.12	Pencampuran lumpur kering, asam humate dan tanah ladang .....	55
Gambar 3.13	Proses pengukuran tinggi tanaman .....	57
Gambar 3.14	Proses pengukuran lebar daun .....	58
Gambar 3.15	Rancangan Percobaan .....	59
Gambar 4.1	Nilai pH hari ke 1-7 .....	63
Gambar 4.2	Nilai pH hari ke 1-7 .....	63

Gambar 4.3	Nilai pH hari ke 1-7 .....	64
Gambar 4.4	Nilai suhu hari ke 1-7 .....	67
Gambar 4.5	Nilai suhu hari ke 1-7 .....	67
Gambar 4.6	Nilai suhu hari ke 1-7 .....	68
Gambar 4.7	Nilai N-total pada semua variasi .....	74
Gambar 4.8	Nilai C/N pada semua variasi .....	77
Gambar 4.9	Nilai P ( $P_2O_5$ ) pada semua variasi .....	81
Gambar 4.10	Nilai K ( $K_2O$ ) pada semua variasi .....	84
Gambar 4.11	Nilai Pb pada semua variasi .....	88
Gambar 4.12	Nilai Cd pada semua variasi .....	90
Gambar 4.13	Grafik nilai rata-rata tinggi tanaman, lebar dan jumlah daun .....	94



## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 : Hasil Uji Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), dan C/N
- LAMPIRAN 2 : Hasil Uji Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)
- LAMPIRAN 3 : Hasil Pengamatan dan Pertumbuhan Tanaman Minggu Ke 1 - 4
- LAMPIRAN 4 : PERMENTAN 2009
- LAMPIRAN 5 : Perhitungan Berat Volume Dari Ketiga Variasi Pupuk Organik  
(Proses Pembuatan Pupuk Organik)
- LAMPIRAN 6 : Perhitungan Berat Volume Dari Ketiga Variasi Pupuk Organik  
Untuk Media Tanam
- LAMPIRAN 7 : Perhitungan Kebutuhan N,P,K Dalam Pupuk Organik dan Pada  
Tanaman Bayam
- LAMPIRAN 8 : Cara Kerja Analisa Kandungan Pupuk Organik, Lumpur Kering,  
Tanah, Dan Asam Humate + Tanah
- LAMPIRAN 9 : Dokumentasi Penelitian.

## ABSTRAKSI

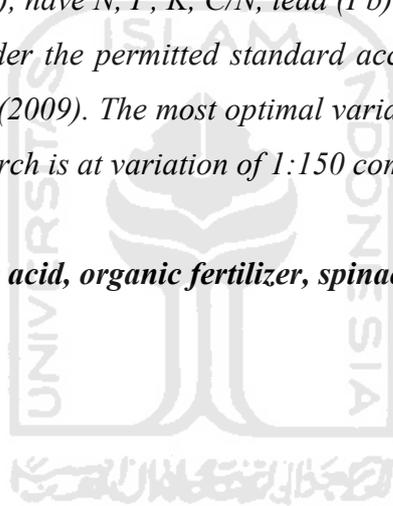
*Pengolahan lumpur aktif menimbulkan lumpur (sludge) berlebih yang terdiri dari bakteri ataupun juga mikroba (senyawa kimia). Kondisi saat ini, hasil lumpur berlebih di PT.Dharma Kalimantan Jaya (DKJ) belum dimanfaatkan sesuai dengan potensinya yang dikelola dengan sistem open dumping atau land fill. Tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah mengetahui variasi kandungan pupuk organik yang tercampur dengan asam humate (humagrow, variasi campuran lumpur IPAL, kandungan logam berat dan perbandingan pertumbuhan tanaman dengan indikator tinggi tanaman, jumlah dan lebar daun. menguji 6 konsentrasi lumpur kering dengan asam humate sebagai pupuk yang akan dicobakan pada tanaman bayam (*Amaranthus sp*). Keenam konsentrasi tersebut adalah 1:100, 1:125, 1:150, dengan tiga perlakuan kontrol berupa lumpur kering, tanah ladang, dan campuran asam humate dengan tanah. Untuk media tanam dilakukan dengan perbandingan 80% tanah dan 20% pupuk organik. Kandungan pupuk organik dengan campuran asam humate dalam penelitian dengan variasi (1:100, 1:125, dan 1:150) memiliki kandungan N, P, K, C/N, Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dengan selisih tidak terlalu jauh dan masih dibawah standar yang diperbolehkan berdasarkan baku mutu pupuk organik PERMENTAN (2009). Variasi pupuk organik yang paling optimal dalam penelitian ini untuk dimanfaatkan pada PT.DKJ yaitu pada variasi dengan perbandingan 1:150.*

**Kata kunci:** lumpur, asam humate, pupuk organik, bayam

## ABSTRACT

*Utilization of active sludge cause a excess sludge which consist of bacteria or microb (chemical compound). The recent condition, the excess sludge in PT. Dharma Kalimantan Jaya (DKJ) has not been utilized as appropriate as its potential which managed using open dumping or landfill system. The purpose of this research is to know the variation of organic fertilizer content that mixed with humate acid, variation of WWTP sludge mix, heavy metal content, amount and width of leaves. to test 6 consentration of dried sludge with humate acid as fertilizer to spinach plant (Amaranthus sp). Those consentration are 1:100, 1:125, 1:150, using three control applications which are dried sludge, field soil, and mixture of humate acid and soil. As for the planting medium, the comparison of 80% soil and 20% organic fertilizer was used. Organic fertilizer content with humate acid mixture in this research with variation (1:100, 1:125, and 1:150), have N, P, K, C/N, lead (Pb) and cadmium (Cd) contents with slight difference and still under the permitted standard according to organic fertilizer quality standard of PERMENTAN (2009). The most optimal variation of organic fertilizer for utilization at PT. DKJ in this research is at variation of 1:150 comparison.*

***Key words: sludge, humate acid, organic fertilizer, spinach***



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT. Dharma Kalimantan Jaya (DKJ) merupakan Perusahaan Penanam Modal Dalam Negeri (PMDN) yang bergerak dalam *Processing Crumb Rubber*, yaitu pengolahan karet mentah menjadi karet setengah jadi berupa SIR (*Standard Indonesian Rubber*) yang biasanya digunakan bahan baku industri ban. Perusahaan ini, telah memproduksi sejak tahun 1989, yang saat ini menghasilkan SIR 10 & SIR 20 (Standar Mutu Karet). Produksi rata-rata menghasilkan 18.000 ton setiap tahun. Perusahaan ini bergerak pada pengolahan karet alam yang menggunakan bahan baku berupa *lup, slab, cup lump* yang diperoleh dari hasil perkebunan rakyat. Hasil produksinya 100% di ekspor pada berbagai industri pengolahan ban di luar negeri. Negara yang menjadi tujuan ekspor nya adalah Jepang, China, USA, Jerman, Belanda, Canada, Australia, dan Negara lainnya.

Sistem pengolahan limbah cair di PT. DKJ secara terpusat (*off-site sanitation*), dengan suatu instalasi pengolahan limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan produksi berasal dari proses pencucian, penggilingan, dan peremahan bahan olah karet (*bokar*) serta sedikit fasilitas penangkap bau (*air scrubber*) yang disalurkan melalui jaringan pembuangan menuju ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Proses pengolahan limbah cair di PT.DKJ terbagi menjadi dua bagian, yaitu proses fisik dan proses biologis. Hasil buangan dari kedua proses tersebut diolah kembali dengan pengolahan lumpur aktif.

Pengolahan lumpur aktif tersebut menimbulkan lumpur (*sludge*) berlebih yang terdiri dari bakteri ataupun juga mikroba (senyawa kimia), dengan materi anorganik seperti pasir atau besi *Hidroksida*. Pada bak sedimentasi, lumpur berlebih dibuang ke bak penampung lumpur atau Tempat Pembuangan Akhir (TPA) lumpur. Pengambilan lumpur pada bak

sedimentasi dilakukan setiap hari dengan menggunakan pompa. Berdasarkan data yang diperoleh dari perusahaan lumpur berlebih yang dibuang ke TPA mencapai  $\pm 800\text{m}^3$  setiap bulan (IPAL PT.DKJ), jumlah tersebut sangat banyak untuk ukuran sebuah limbah lumpur.

Kondisi saat ini, hasil lumpur berlebih tersebut belum dimanfaatkan sesuai dengan potensinya yang dikelola dengan sistem *open dumping* atau *land fill*. Hasil uji lumpur yang telah dilakukan oleh Laboratorium Kesehatan Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Selatan diketahui bahwa pada pabrik *crumb rubber* menghasilkan limbah lumpur yang tidak berbahaya. Hal tersebut didasarkan pada bahan bakunya yang bersifat alami dan proses produksinya tidak menggunakan bahan kimia, maka di dalam lumpur berlebih tidak terkandung materi ataupun juga bahan kimia yang berbahaya. Alasan tersebut menjadikan PT.DKJ untuk membuang lumpur langsung ke lingkungan. Kegiatan tersebut akan menjadi masalah dalam jangka panjang jika dilakukan secara terus menerus tanpa pengolahan. Hal ini didasarkan dengan hasil produksi karet yang pasti berbanding lurus dengan hasil lumpurnya. Keadaan ini jika dibiarkan secara terus menerus semakin lama pabrik akan kekurangan lahan penimbunan.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan kandungan lumpur yang terdapat banyak materi organik dan sangat kaya akan nitrogen (N) dan Fosfor (P), memiliki nilai guna yang tinggi sebagai bahan baku pupuk organik. Pupuk digunakan untuk membantu pasokan nitrogen dan pospor kepada tumbuhan yang mudah kekurangan kedua zat tersebut. Perbandingan karbohidrat dan senyawa nitrogen dalam pupuk, dengan membandingkan keberadaan karbon dan nitrogen, disebut rasio C/N. Bila rasio C/N besar, maka itu menunjukkan banyak terdapat karbon dalam pupuk, dan bila pupuk tersebut dengan rasio C/N besar tersebut disebarkan di ladang, maka di khawatirkan akan timbul kekurangan nitrogen. Oleh karena itu, pada standar mutu kompos, rasio C/N ditetapkan sebagai dibawah 20 (Gapkindo, 2009). Adapun beberapa manfaat yang ditunjukkan dari aplikasi pupuk organik ialah kemampuannya dalam memperbaiki mineralisasi N, meningkatkan

KTK, pH, dan ketersediaan P (Carpenter & Fernandez, 2000 dalam Widiastuti 2009), dan memperbaiki struktur tanah setelah aplikasi selama dua tahun (Foley & Cooperband, 2002 dalam Widiastuti 2009). Dari potensi yang ada penulis akan melakukan penelitian untuk memanfaatkan lumpur berlebih menjadi pupuk organik yang ramah lingkungan dan ekonomis serta mengetahui keefektifan dan uji kelayakan pemakaian pupuk organik dengan penambahan asam humate yang di uji pada tanaman bayam (*Amaranthus sp*).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat diketahui bahwa salah satu permasalahan yang belum tertuntaskan adalah lumpur berlebih pada industri *Crumb Rubber*. Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan, lumpur berlebih dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik dengan pencampuran asam humate untuk mengetahui efektifitas dan kelayakan uji pada tanaman bayam (*Amaranthus sp*), serta dapat menganalisis kandungan pupuk organik yang sudah ada pencampuran dengan asam humate. Selain itu, untuk mengoptimalkan penggunaan pupuk organik dengan campuran lumpur IPAL karet dan asam humate terhadap tanaman bayam (*Amaranthus sp*) maka akan digunakan beberapa variasi guna mendukung hasil yang di gunakan.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Untuk mengetahui kandungan pupuk organik yang tercampur dengan asam humate.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi campuran lumpur IPAL karet dan asam humate terhadap hasil tanaman bayam.
3. Untuk mengetahui nilai kandungan logam berat yang terdapat pada semua variasi.

4. Untuk mengetahui perbandingan pertumbuhan tanaman bayam pada setiap variasi berdasarkan indikator tinggi tanaman, jumlah daun dan lebar daun.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

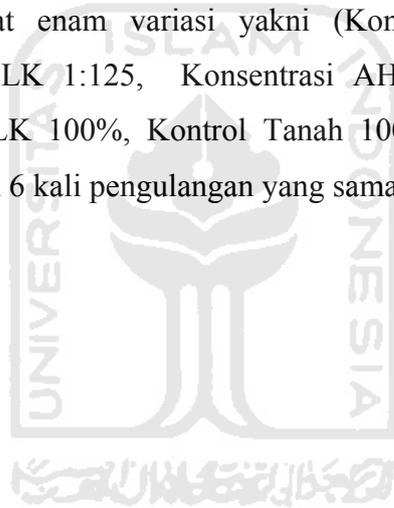
1. Dapat mengetahui keefektifan dan kelayakan dari beberapa variasi campuran lumpur dan asam humate.
2. Hasil lumpur berlebih yang selama ini tidak dimanfaatkan, setelah adanya penelitian ini dapat bernilai ekonomis dan mengurangi limbah lumpur berlebih.
3. Dapat digunakan oleh para petani untuk pupuk organik bagi tanamannya sekaligus memperbaiki unsur hara tanah.
4. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dari kegiatan industri *Crumb rubber* yang terdapat buangan berupa lumpur berlebih menjadi pupuk organik dapat meminimalisir pencemaran dan menurunkan dampak negatif yang penting akibat masuknya atau dimasukkannya unsur – unsur fisis, kimia dan biologi.

#### **1.5 Batasan Masalah**

Untuk membatasi masalah yang akan di bahas agar tidak menyimpang dari maksud dan tujuan, maka batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Sampel lumpur yang digunakan diambil dari hasil buangan PT.DKJ proses sedimentasi berupa lumpur berlebih yang sudah melalui proses pengeringan (*sludge drying bed*).
2. Membuat pupuk organik yakni pencampuran lumpur kering dan asam humate dengan proses Maturasi (pematangan) selama satu minggu dan dilakukan pengukuran pH, suhu setiap harinya.

3. Menganalisis kandungan logam berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd), C/N, dan N, P, K, yang sudah dicampur dengan asam humate dengan skala laboratorium.
4. Tanaman uji yang digunakan adalah bayam cabut (*Amarnathus sp*) yang mulai dari benih dan tempat media tumbuh tanaman menggunakan *polybag* ukuran 20 × 20 cm, dengan media 80% tanah ladang & 20% pupuk organik.
5. Mengamati pertumbuhan tanaman bayam pada setiap variasi berdasarkan indikator tinggi tanaman, lebar daun dan jumlah daun yang dilakukan 1 kali dalam seminggu.
6. Peneliti membuat enam variasi yakni (Konsentrasi AH:LK 1:100, Konsentrasi AH:LK 1:125, Konsentrasi AH:LK 1:150, Konsentrasi AH:T, Kontrol LK 100%, Kontrol Tanah 100%, dan Kontrol AH:T) dengan perlakuan 6 kali pengulangan yang sama.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Limbah Lumpur (*Biosolids*)

Limbah lumpur atau biasa disebut dengan *biosolids* adalah merupakan bahan organik padat yang dihasilkan dari suatu proses pengolahan air limbah pribadi ataupun umum, proses pengolahan ini dapat menguntungkan jika digunakan atau dimanfaatkan, khususnya sebagai perubahan pada tanah. Adapun jenis dan tingkat pengolahan air limbah memiliki dampak pada jumlah, jenis, dan kualitas limbah lumpur yang dihasilkan. Biasanya limbah lumpur yang dihasilkan oleh suatu Industri cenderung lebih banyak dibandingkan dengan limbah lumpur yang dihasilkan pada IPAL domestik.

*Biosolids* mengandung sekitar 93-99 persen air, serta padatan dan zat terlarut masuk dalam air limbah atau ditambahkan pada air limbah atau selama proses pengolahan air limbah. Di Negara Amerika jumlah *biosolids* yang diproduksi setiap tahunnya telah mengalami peningkatan secara dramatis sejak tahun 1972, yaitu sekitar 4,6 juta ton kering (Bastian, 1997) menjadi 6,9 juta ton kering pada tahun 1998. Ini merupakan peningkatan 50 persen dari tahun 1972. Pada umumnya, derajat yang lebih tinggi dari pengolahan air limbah dapat meningkatkan volume total dari *biosolids* yang dihasilkan. Tingginya tingkat pengolahan juga dapat meningkatkan konsentrasi kontaminan dalam *biosolids*, karena banyaknya unsur yang dihilangkan pada air limbah dan berakhir sebagai *biosolids*. Selanjutnya air limbah di proses dengan memerlukan penambahan bahan kimia untuk mengendapkan zat padat (seperti *ferri klorida*, tawas, kapur, atau polimer) yang dapat mengakibatkan peningkatan konsentrasi bahan kimia pada *biosolids* (EPA, 1999).

## 2.2 Teknologi Pengolahan *Sludge*/Lumpur

*Sludge* adalah wujud lumpur yang timbul dalam proses berbagai jenis industri manufaktur, ataupun juga hasil dari pengolahan air limbah pabrik secara kimia maupun biologi, yang bersifat organik dan anorganik. Lumpur mengandung kadar air yang tinggi sehingga volumenya menjadi besar. Untuk mengolah lumpur secara ekonomis, yang penting adalah mengurangi volume lumpur melalui berbagai tahapan yakni pengentalan, *dewatering*, pengeringan, pembakaran dan lainnya. Saat ini di Jepang, sekitar 2% dari lumpur yang timbul didaur-ulang dan selebihnya ditimbun (*landfill*). Beberapa tahun belakangan ini, mulai diserukan penggunaan sumber daya secara efektif dengan tujuan pemanfaatan kembali lumpur, dan telah dikembangkan berbagai cara praktis antara lain penguraian lumpur, pengomposan, dan pemanfaatan untuk bahan bangunan melalui proses peleburan (Gapkindo, 2009).

## 2.3 Jenis dan Sifat Lumpur

Lumpur dihasilkan dari pabrik manufaktur ataupun juga IPAL. Jenis lumpur secara representatif diperlihatkan pada **Tabel 2.1** sedangkan rasio kandungan air rata-rata pada lumpur yang dihasilkan tiap-tiap jenis IPAL diperlihatkan pada **Tabel 2.2** yaitu sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Sumber-sumber lumpur penghasil lumpur secara representatif

Kategori	Proses Produksi	Pengolahan Air Limbah
<b>Lumpur Organik</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cairan fermentasi dari produksi asam amino, air limbah produksi ragi</li><li>• Air limbah produksi gula, ampas distilasi dari <i>distilled sake</i></li><li>• Cairan sisa pewarnaan <i>stamping</i>, air limbah produksi kertas, air limbah pengecatan</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Lumpur berlebih pada lumpur aktif</li><li>• Lumpur terurai secara anaerob</li><li>• Lumpur IPAL domestik</li></ul>

<b>Lumpur Anorganik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lumpur pabrik <i>plating</i>, lumpur penghancuran batu, air limbah <i>scrubber</i></li> <li>• Air limbah cuci benang wool, air limbah pencucian sayuran dan tebu (tanah/pasir yang melekat)</li> <li>• Pasir buangan <i>sandblast</i>, air limbah <i>polishing</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lumpur sand tank, pengolahan air lumpur</li> <li>• Lumpur koagulasi netral, lumpur koagulasi-sedimentasi</li> <li>• Air backwash menara penghilang Fe, Mg</li> </ul>
-------------------------	---	---

Sumber : Gapkindo, 2009

**Tabel 2.2** Kadar air (%) dalam lumpur untuk tiap metode/proses pengolahan

Metoda/Proses Pengolahan	Kadar air	Metoda/Proses Pengolahan	Kadar Air	Metoda/Proses Pengolahan	Kadar Air
<i>Sand tank</i>	90-95	Lumpur Koagulasi Flotasi	95-98	Sedimentasi awal dan <i>excess sludge</i>	95-97
Kolam pengendapan awal pengolahan air limbah domestik	92-95	<i>Excess Sludge</i> Lumpur Aktif	98-99	Lumpur proses penguraian	90-93
Lumpur Koagulasi-Sedimentasi	96-99	Lumpur Humus	94-97	Lumpur sedimentasi awal dan lumpur penguraian	90-92

Sumber : Gapkindo, 2009

Secara umum dikatakan bahwa rasio kandungan air lumpur akan meningkat dengan semakin kecilnya partikel pembentuk lumpur dan semakin besarnya kuantitas bahan organik (Gapkindo, 2009).

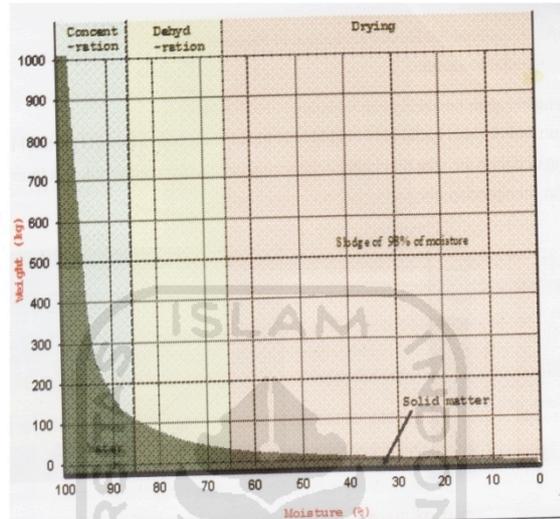
#### 2.4 Kadar Air dan Wujud Lumpur

Lumpur yang dikeluarkan dari bak sedimentasi pada IPAL lumpur aktif mengandung kadar air 98 – 99%. Seperti itulah, air menduduki proporsi besar dalam lumpur. Untuk mengurangi kuantitas lumpur, maka air ini harus dihilangkan. Hubungan antara kadar air lumpur dengan beratnya diperlihatkan pada **Tabel 2.3** dan **2.4** sebagai berikut :

**Tabel 2.3** Perubahan kadar air dan berat total dari lumpur dengan kadar air 98%

<b>Kadar air (%)</b>	98	94	90	85	75	65	55	40	20	5
<b>Berat (kg)</b>	1,000	333	200	133	80	57	44	33	25	21

Sumber : Gapkindo, 2009



**Gambar 2.1** Hubungan antara kelembaban dan berat total lumpur

Seperti diperlihatkan pada **Gambar 2.1**, seiring dengan pengurangan kadar air pada lumpur, maka berat lumpur akan ikut berkurang. Begitu juga dengan wujudnya, sesuai dengan perubahan kadar air pada lumpur maka wujud lumpur pun berbeda. Secara garis besar hal tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.4** sebagai berikut :

**Tabel 2.4** Kadar air dan wujud lumpur

<b>Kadar air</b>	<b>Wujud Lumpur</b>
Lebih dari 98 %	Viskositas lebih tinggi dibanding air, tetapi dapat dipindahkan dengan pompa biasa
85-98 %	Pemindahan lumpur memerlukan pompa khusus untuk memindahkan slurry (cairan yang kental)
85 %	Bila diremas dengan tangan hanya sedikit saja air yang terperas. Saat diangkat dengan truk tak ada rembesan air
70-75 %	Bentuk dapat tetap, tapi lunak dan bila diberi tekanan maka akan dengan mudah berdeformasi
60-65 %	Kekerasan setingkat coklat atau kaldu padat, bila diberi tekanan tidak akan deformasi tapi langsung hancur

30-40 %	Dalam bentuk serbuk, bila diberikan tekanan dan digenggam akan berdeformasi sesuai bentuk genggam
Kurang dari 20 %	Berbentuk serbuk, tapi tidak terdeformasi dengan tekanan yang normal

Sumber : Gapkindo, 2009

## 2.5 *Sludge Drying Bed (SDB)*

*Sludge Drying Bed* adalah bak pengering lumpur dimana lumpur yang berasal dari bak sedimentasi pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dikumpulkan di dalam SDB. Pada PT. DKJ, lumpur berlebih pada bak sedimentasi dibuang di dalam area perusahaan sendiri (bak penampung lumpur) atau pada tempat pembuangan akhir lumpur. Terdapat 2 bak penampungan lumpur yang masing-masing bak berukuran yaitu  $p = 10$  m,  $l = 3$  m,  $t = 1$  m, dengan dasar bak berupa tanah agar air yang terkandung pada lumpur dapat meresap. Pada bak penampung lumpur ini lumpur ditebar menipis, kemudian dikeringkan dengan mengandalkan panas matahari, hembusan angin, dan penirisan air ke dalam tanah. Semakin besar kuantitas suplai lumpur ke bak penampung lumpur, maka pengeringannya akan membutuhkan waktu yang lebih lama. Bila hujan turun, maka air akan menggenang di atas lumpur yang telah kering dan kadar air dalam lumpur akan meningkat lagi. Oleh karena itu, untuk menghindari air hujan maka dipasang atap sederhana di atas bak penampung lumpur (IPAL Industri Karet PT.DKJ).

## 2.6 **Proses Pembuatan Pupuk**

Pada proses pembuatan pupuk pada penelitian ini dapat digunakan 2 metode yaitu :

### **2.6.1 Metode Maturasi (Pematangan)**

Proses maturasi adalah suatu proses pematangan seperti halnya yang ada pada pengolahan air limbah dimana pengolahan tersebut bahan-bahan organik dioksidasi oleh bakteri aerobik dan fakultatif dengan menggunakan oksigen yang dihasilkan oleh alga yang tumbuh disekitar permukaan air (Ekawati, 2006). Adapun proses maturasi pada lumpur adalah proses pematangan lumpur yang dilakukan di dalam reaktor untuk menjadikan kondisi lumpur tersebut stabil baik dalam pH dan suhu nya, sehingga dengan proses pematangan tersebut lumpur sudah memenuhi standar untuk dapat digunakan sebagai pupuk setelah dilakukan pencampuran dengan asam humate.

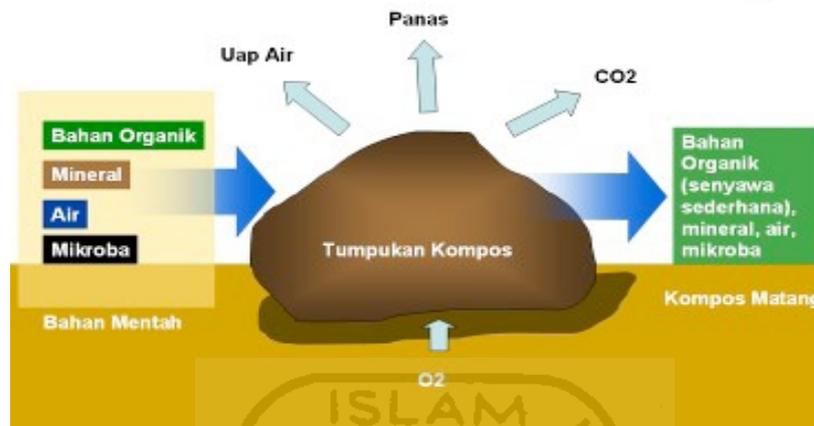
Dalam penelitian ini peneliti hanya menggunakan metode maturasi dalam menstabilkan lumpur, karena sedikitnya kadar air yang ada pada lumpur sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukannya proses pengomposan. Kadar air yang terdapat pada lumpur diperkirakan kurang dari 15%.

### **2.6.2 Metode Pengomposan (*Composting*)**

Menurut J.H. Crawford (2003) kompos adalah hasil dekomposisi parsial/tidak lengkap, dipercepat secara artifisial dari campuran bahan-bahan organik oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik.

Sedangkan proses pengomposan adalah proses dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Membuat kompos adalah mengatur dan mengontrol proses alami tersebut agar kompos dapat terbentuk lebih cepat. Proses ini meliputi membuat campuran bahan yang seimbang, pemberian air yang cukup, pengaturan aerasi, dan penambahan aktivator pengomposan (Isroi, 2008).

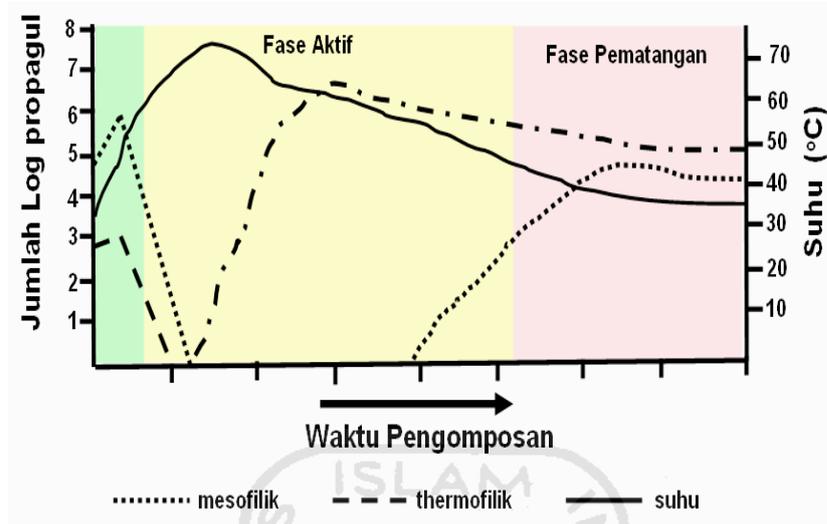
## Proses Pengomposan



**Gambar 2.2** Proses umum pengomposan limbah padat organik  
(Sumber : Kompos limbah organik, Isroi 2008)

Proses pengomposan akan segera berlangsung setelah bahan-bahan mentah dicampur. Proses pengomposan secara sederhana dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan. Selama tahap-tahap awal proses, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba *mesofilik*. Suhu tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat. Demikian pula akan diikuti dengan peningkatan pH kompos. Suhu akan meningkat hingga di atas 50° - 70° C. Suhu akan tetap tinggi selama waktu tertentu. Mikroba yang aktif pada kondisi ini adalah mikroba *termofilik*, yaitu mikroba yang aktif pada suhu tinggi. Pada saat ini terjadi dekomposisi/penguraian bahan organik yang sangat aktif. Mikroba-mikroba di dalam kompos dengan menggunakan oksigen akan menguraikan bahan organik menjadi CO<sub>2</sub>, uap air dan panas. Setelah sebagian besar bahan telah terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan. Pada saat ini terjadi pematangan kompos tingkat lanjut, yaitu pembentukan kompleks liat humus. Selama proses pengomposan akan terjadi

penyusutan volume maupun biomassa bahan. Pengurangan ini dapat mencapai 30 – 40% dari volume/bobot awal bahan (Isroi, 2008).



**Gambar 2.3** Perubahan suhu dan mikroba selama proses pengomposan

(Sumber : Kompos limbah organik, Isroi 2008)

Adapun agar dapat digunakan sebagai pupuk, maka ada persyaratan seperti berikut, bila persyaratan ini terpenuhi maka dapat dilakukan proses pengomposan yaitu sebagai berikut :

**Tabel 2.5** Syarat yang diperlukan untuk dapat digunakan sebagai pupuk

Item Utama	Rincian Kandungan
1. Dalam bentuk yang mudah digunakan	a.Mengandung kadar air yang tepat (sekitar 30-40%) b.Tidak berbau menyengat c.Tidak mengandung kuman, parasit dan sejenisnya
2. Aman terhadap tanah dan tanaman	a.Setelah disebar, tidak terurai secara drastis b.Tidak menyebabkan defisiensi nitrogen (rasio C/N dibawah 20) c.Tidak mengandung zat pengganggu pertumbuhan d.Tidak mengandung bahan berbahaya e.Tidak mengandung kuman tumbuhan d.Tidak mengandung bibit

	rerumputan/gulma
3. Efektif bagi tanah dan tanaman	a.Mensuplai protein terhadap tumbuhan b.Meningkatkan mutu kimia dari tanah c.Meningkatkan mutu fisika dari tanah d.Menjaga dan meningkatkan aktivitas mikroba dalam tanah

Sumber : Gapkindo, 2009

Tujuan dan perlunya pengomposan yaitu :

1. Terurainya bahan organik yang bersifat membusuk

Bila lumpur mengandung bahan organik bersifat membusuk disebar di permukaan tanah, maka secara spontan bahan organik terurai dengan mengkonsumsi oksigen di dalam tanah. Sebagai hasilnya, oksigen yang dibutuhkan tumbuhan menjadi berkurang. Oleh karena itu, bahan organik bersifat membusuk perlu diuraikan terlebih dahulu, dibuat dalam kondisi stabil agar tidak terurai secara spontan.

2. Meningkatnya persentase nitrogen

Sebagai indikator kualitas pupuk adalah rasio C/N yang menunjukkan persentase karbon dan nitrogen. Bila zat organik dengan rasio C/N tinggi disebar di tanah pertanian, maka kadar asupan nitrogen dari tanaman akan berkurang dan pertumbuhannya menjadi terganggu. Rasio C/N diperkecil dengan meningkatkan persentase nitrogen. Patokan rasio C/N untuk pupuk adalah dibawah 20.

3. Dibasminya kuman dan hama

Dalam proses pengomposan, apabila fermentasi tengah mencapai puncaknya, maka suhu bahan akan mencapai 60-65°C. Bakteri atau serangga akan mati pada suhu diatas 60 °C. Dengan proses ini, pupuk

kompos menjadi tidak berbahaya bagi manusia, ternak dan tumbuhan.

4. Kemudahan penanganan (*handling improvement*)

Sampah kota dan lumpur, dari aspek bau, kandungan air, higienitas maupun bentuknya menimbulkan rasa tidak nyaman dalam penanganannya. Dengan terurainya bahan organik pembusuk (memungkinkan penyimpanan yang awet), kadar air dan beratnya juga berkurang, sehingga memudahkan penanganannya.

Selain itu kadar air juga sangat berpengaruh besar terhadap kondisi fermentasi, kerja dan tingkat keaktifan mikroba, serta bentuk kompos. Pada berbagai proses sejak pemasukan bahan baku hingga kompos matang, air merupakan elemen yang penting. Hubungan antara kadar air dalam bahan baku kompos dan kondisi fermentasi dapat dilihat pada **Tabel 2.6** , sebagai berikut :

**Tabel 2.6** Hubungan antara kadar air dalam bahan baku kompos dan kondisi fermentasi

<b>Kadar Air</b>	<b>Kondisi Fermentasi</b>	<b>Tindakan</b>
Kurang dari 15%	Hampir tidak ada kadar air, mikroba tak beraktifitas, fermentasi tidak terjadi	Tambahkan air, wujudkan lingkungan dimana mikroba mulai beraktifitas
20-50%	Bila tidak ada kadar air, aktifitas mikroba melambat kecepatan penguraian bahan organik dan perkembangbiakan mikroba melambat, kecepatan fermentasi melambat dan suhu tidak meningkat	Tambahkan air, buat aktifitas mikroba meningkat
50-60%	Merupakan kisaran kadar air yang tepat, mikroba mulai beraktifitas, panas muncul secara intensif, suhu bahan pun meningkat. Bila disuplai sejumlah kecil udara, fermentasi yang baik akan terus berlanjut.	

60-70%	Bila kadar air melampaui kisaran yang tepat, maka pori-pori dalam bahan akan tertutup, aliran udara terganggu, berpindah ke kondisi anaerob dan menimbulkan bau busuk	Semburkan udara untuk menyebar air atau atur kadar air (dengan menambahkan sekam padi, jerami atau serbuk gergaji) hingga menjadi kadar air yang tepat
70-75%	Bila kadar air melampaui 70%, jalan udara akan tertutup, menjadi kondisi anaerob, panas digunakan untuk penguapan air sehingga suhu tidak meningkat	Tambahkan kulit padi, serbuk gergaji atau serpihan kayu, atur kadar air dan pastikan lorong pengaliran udara
Di atas 80%	Kadar air terlalu banyak, suhu fermentasi tidak meningkat	Tambahkan bahan organik seperti bungkil minyak, dedak untuk melengkapi kondisi fermentasi lalu naikan suhu

Sumber : Gapkindo, 2009

## 2.7 Pupuk

Pupuk dalam arti luas termasuk semua bahan yang ditambahkan ke dalam tanah untuk menyediakan unsur yang esensial bagi pertumbuhan tanaman. Pupuk tidak berisi unsur-unsur hara tanaman dalam bentuk unsur seperti nitrogen, fosfor, kalium, tetapi unsur tersebut ada dalam bentuk campuran yang memberikan bentuk-bentuk ion dari unsur hara yang dapat di absorpsi tanaman (Foth, 1975 dalam Purnawati 2007).

Pupuk dapat dibedakan menjadi pupuk alam dan pupuk buatan. Pupuk alam adalah pupuk yang langsung didapat dari alam, misalnya fosfat alam, pupuk organik (pupuk kandang, kompos) dan sebagainya. Jumlah dan jenis unsur hara dalam pupuk alam terdapat secara alami. Pupuk buatan adalah pupuk yang dibuat di pabrik dengan jenis dan kadar unsur haranya sengaja ditambahkan dalam pupuk tersebut dalam jumlah tertentu.

Pupuk buatan dapat dibedakan menjadi pupuk tunggal dan pupuk majemuk. Pupuk tunggal adalah pupuk yang hanya mengandung satu macam unsure hara misalnya pupuk N, pupuk P, pupuk K dan sebagainya.

Pupuk majemuk adalah pupuk yang mengandung lebih dari satu unsur hara misalnya N+P, P+K, N+P+K dan sebagainya.

Jumlah unsur hara yang dibutuhkan oleh setiap tanaman berbeda-beda. Untuk menentukan jumlah pupuk yang akan diberikan, perlu diketahui jumlah unsur hara yang tersedia dalam tanah di sekitar tanaman. Kemudian dihitung unsur-unsur hara yang dipindahkan (digunakan) oleh tanaman dan membandingkan jumlah tersebut dengan jumlah unsur hara yang akan diberikan dalam bentuk pemupukan. (Gunawan, 2001)

### 2.7.1 Pupuk Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari sisa tanaman, hewan atau manusia seperti pupuk kandang, pupuk hijau dan kompos yang berbentuk cair maupun padat. Pupuk organik bersifat *bulky* dengan kandungan hara makro dan mikro rendah sehingga diperlukan dalam jumlah banyak. Keuntungan utama menggunakan pupuk organik adalah dapat memperbaiki kesuburan kimia, fisik dan biologis tanah, selain sumber hara bagi tanaman (Setyorini & Suriadikarta, 2005).

Pupuk organik merupakan hasil akhir dan atau hasil antara dari perubahan atau peruraian bagian dan sisa-sisa tanaman dan hewan, misalnya bungkil, guano, tepung tulang, limbah ternak dan lain sebagainya (Murbandono, 2002 dalam Darmawan 2009). Pupuk organik merupakan pupuk yang terbuat dari bahan-bahan organik yang didegradasikan secara organik. Sumber bahan baku organik ini dapat diperoleh dari bermacam-macam sumber, seperti : kotoran ternak, sampah rumah tangga non sintetis, limbah-limbah makanan/minuman, dan lain-lain. Biasanya untuk membuat pupuk organik ini, ditambahkan larutan mikroorganisme yang membantu mempercepat proses pendegradasian (Prihandarini, 2004 dalam Darmawan 2009).

Pupuk organik adalah nama kolektif untuk semua jenis bahan organik asal tanaman dan hewan yang dapat dirombak menjadi hara tersedia bagi tanaman. Berdasarkan PERMENTAN (2006), tentang pupuk

organik dan pembenah tanah, dikemukakan bahwa pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari tanaman dan hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan mensuplai bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Definisi tersebut menunjukkan bahwa pupuk organik lebih ditujukan kepada kandungan C-organik atau bahan organik daripada kadar haranya; nilai C-organik itulah yang menjadi pembeda dengan pupuk anorganik. Bila C-organik rendah dan tidak masuk dalam ketentuan pupuk organik maka diklasifikasikan sebagai pembenah tanah organik. Pembenah tanah atau *soil ameliorant* menurut SK Mentan adalah bahan-bahan sintesis atau alami, organik atau mineral.



**Gambar 2.4** Pupuk organik

Adapun selain itu sumber bahan organik dapat berupa kompos, pupuk hijau, pupuk kandang, sisa panen (jerami, brangkasan, tongkol jagung, bagas tebu, dan sabut kelapa), limbah ternak, limbah industri yang menggunakan bahan pertanian, dan limbah kota. Kompos merupakan produk pembusukan dari limbah tanaman dan hewan hasil perombakan oleh *fungi*, *aktinomiset*, dan cacing tanah. Pupuk hijau

merupakan keseluruhan tanaman hijau maupun hanya bagian dari tanaman seperti sisa batang dan tunggul akar setelah bagian atas tanaman yang hijau digunakan sebagai pakan ternak. Sebagai contoh pupuk hijau ini adalah sisa-sisa tanaman, kacang-kacangan, dan tanaman paku air *Azolla*. Pupuk kandang merupakan kotoran ternak. Limbah ternak merupakan limbah dari rumah potong berupa tulang-tulang, darah, dan sebagainya. Limbah industri yang menggunakan bahan pertanian merupakan limbah berasal dari limbah pabrik gula, limbah pengolahan kelapa sawit, penggilingan padi, limbah bumbu masak, dan sebagainya. Limbah kota yang dapat menjadi kompos berupa sampah kota yang berasal dari tanaman, setelah dipisah dari bahan-bahan yang tidak dapat dirombak misalnya plastik, kertas, botol, dan kertas (Anonim<sup>1</sup>, 2011).

### **2.7.2 Pupuk Anorganik**

Pupuk anorganik merupakan pupuk buatan pabrik, berbahan dasar dari mineral dan udara. Kandungan hara dalam pupuk anorganik terdiri atas unsur hara makro utama yaitu nitrogen, fosfor, kalium; hara makro sekunder yaitu: sulfur, calcium, magnesium; dan hara mikro yaitu: tembaga, seng, mangan, molibden, boron, dan kobal. Pupuk anorganik dikelompokkan sebagai pupuk hara makro dan pupuk hara mikro baik dalam bentuk padat maupun cair. Berdasarkan jumlah kandungan haranya pupuk anorganik dapat dibedakan sebagai pupuk tunggal dan pupuk majemuk (Setyorini & Suriadikarta, 2004).



Gambar 2.5 Pupuk Anorganik

## 2.8 Asam Humate (*Humid acid*)

Asam humate adalah senyawa organik hasil proses penguraian dan modifikasi sisa organisme yang berasal dari tanaman dan hewan dalam tanah (Stevenson, 1982 dalam Rahmawati 2003). Senyawa ini bersifat *amorf* berwarna kuning sampai coklat hitam dan memiliki bobot molekul yang tinggi (Tan, 1991 dalam Rahmawati 2003). Asam humate dapat ditemukan di berbagai jenis tanah, kompos, lignit, batu bara, batuan sedimen danau bahkan laut dengan jumlah dan karakteristik berbeda-beda (Rahmawati, 2003).

Asam humate memiliki peranan yang penting dalam memperbaiki kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Senyawa ini berperan dalam sejumlah reaksi tanah, hal ini dikarenakan asam humate memiliki kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi. Secara kimia, asam humate dapat berikatan dengan ion logam yang bersifat racun sehingga menjadi tidak larut dan meracuni tanaman. Asam humate diketahui berkemampuan untuk berinteraksi sangat kuat dengan berbagai logam membentuk kompleks logam humate, dimana hal ini berpengaruh terhadap sifat adsorpsi-desorpsi dari logam. Ikatannya dengan ion logam adalah salah satu faktor yang

mempengaruhi kualitas lingkungan yang paling penting. Asam humate merupakan makromolekul organik yang berperan dalam transport, bioavailabilitas, dan dapat mengikat beberapa logam berat. Selain itu asam humate dapat terikat dengan ion logam, seperti  $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$  membentuk ikatan logam-HA yang larut atau tidak larut (Manahan, 1994). Kemudian adapun secara fisik, asam humate juga berpengaruh terhadap tanah, diantaranya memperbaiki struktur tanah, aerasi, permeabilitas dan daya ikat terhadap air (Tan, 2003 dalam Fajri 2010). Asam humate juga berperan langsung dalam pertumbuhan tanaman, diantaranya dapat merangsang pertumbuhan akar dan bagian atas tanaman. Berkaitan dengan hal ini, asam humat dapat digunakan sebagai perangsang pertumbuhan tanaman dan sebagai penunjang pertumbuhan serta produktifitas lahan.

Asam humate bukanlah pupuk, tetapi merupakan bagian dari pupuk. Pupuk adalah sumber hara untuk tanaman dan mikroflora. Asam humate pada dasarnya membantu menggerakkan miktonutrien dari tanah ke tanaman (Sahala, 2006 dalam Fajri 2010).

### **2.8.1 Pembentukan dan Karakteristik Asam Humate**

Berdasarkan kelarutannya dalam alkali dan asam, senyawa huma tersusun dari tiga fraksi, yaitu (a) Asam fulvat, teringan bobot molekulnya, berwarna coklat, larut dalam asam maupun alkali; (b) Asam humate, bobot molekul sedang dan berwarna coklat sampai hitam, larut dalam alkali dan tidak larut dalam asam; dan (c) Humin, terberat bobot molekulnya dan berwarna hitam serta tidak larut baik pada alkali maupun pada asam (Tan, 1993 dalam Wardani 2002). Berdasarkan penelitian, secara kimia ketiga fraksi humate tersebut hampir sama komposisinya, tetapi berbeda dalam bobot molekul dan kandungan gugus fungsionalnya. Kemungkinan penyerapan logam berat yang terbanyak terjadi pada fraksi organik ini adalah oleh asam humate dan asam fulvat karena kedua asam organik ini mempunyai gugus-gugus COOH, OH fenolat, dan berbagai grup ikatan C = O (Jones dan Jarvis, 1981 dalam Wardani 2002).

Asam humate biasanya kaya akan karbon, yaitu berkisar dari 41 sampai 57%. Asam humate dibedakan dengan asam fulvat dari kandungan oksigen yang lebih rendah, kandungan hidrogen dan nitrogen yang lebih tinggi. Asam humate mempunyai kemasaman total yang lebih rendah dibandingkan asam fulvat.

Sifat kimia dari bahan humat secara umum dikontrol oleh dua gugus fungsional, yaitu karbonyl dan grup phenolik-OH. Pada pH rendah, molekul humate mampu menarik kation yang dipengaruhi oleh reaksi pertukaran kation. Kapasitas tukar kation dari substansi humate bisa ditetapkan dari nilai kemasaman totalnya. Asam humate bersifat amfoterik tergantung pada keadaan tanah, asam humat bisa bersifat netral, negatif, atau positif. Sifat negatif ini dipengaruhi kehadiran phenolik-OH dan grup karbonyl (Tan, 1993 dalam Wardani 2002).

### **2.8.2 Pengaruh dan Fungsi Asam Humate**

Bahan humate bertanggung jawab atas beberapa aktivitas kimia di dalam tanah. Asam humate masuk dalam reaksi kompleks dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman, baik langsung maupun tidak langsung. Secara langsung asam humate mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui peningkatan permeabilitas sel, atau melalui aksi hormon pertumbuhan. Secara tidak langsung pengaruhnya adalah melalui perbaikan agregat, aerasi, dan kapasitas menahan air (Tan, 1993 dalam Wardani 2002). Mekanisme asam humate dalam meningkatkan stabilitas agregat tanah dijelaskan dengan pembentukan kompleks liat – humate melalui jembatan kation polivalen yang terserap permukaan liat (Piccolo dan Mbagwu, 1994 dalam Wardani 2002). Karena peranannya yang penting, maka asam humat telah diproduksi dalam jumlah yang besar dan digunakan sebagai *soil amendment*, *soil conditioner*, atau sebagai pupuk.

## 2.9 Asam Humate Granular

Pada penelitian ini peneliti menggunakan asam humus dalam bentuk granular. Asam humate adalah humus kadar tinggi, siap pakai dalam bentuk granular *crystal* yang dapat larut air. Terbuat dari ekstrak batu-batuan alami yang mengandung unsur humus tinggi.

Komposisi bahan yang terdapat atau terkandung di dalam asam humate beserta gambar sebagai berikut :

**Tabel 2.7** Komposisi bahan yang terkandung di dalam asam humate

Komposisi	Jumlah Kandungan
<b>Humad acid</b>	85%
<b>a) Makro</b>	
N-organik	0,54%
N-NH <sub>4</sub>	0,03%
P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,14%
K (K <sub>2</sub> O)	12,49%
<b>b) Mikro</b>	
Fe	2020 ppm
Cu	4 ppm
Mn	6 ppm
Zn	7 ppm
B	174 ppm
Co	0,74 ppm
pH (dalam 1% larutan)	8
KTK/CEC (me/100g)	203,19
Kelarutan air	100%
Kandungan air	10%
Bentuk	Granular
Warna	Coklat kehitaman

Sumber : Data primer, 2011



**Gambar 2.6** Asam humate (Dokumentasi, 2011)

Dari kandungan yang telah di sebutkan dalam tabel 2.7, maka Asam humate memiliki manfaat sebagai berikut :

1. Memperbaiki sifat fisik tanah (tanah lebih remah/gembur sehingga mudah diolah, meningkatkan aerasi tanah dan kapasitas menahan air dan mengurangi erosi)
2. Memperbaiki aktifitas biologi tanah dengan mneingkatkan pertumbuhan mikroorganisme tanah yang menguntungkan dalam penyediaan nutrisi.
3. Memperbaiki sifat kima tanah, sehingga tanah mampu mengikat nutrisi yang diperlukan oleh tanaman.
4. Merangsang pertumbuhan tanaman dengan menigkatkan komponen vegetatif tanaman (jumlah dan kualitas daun, pertumbuhan tunas/pucuk, tinggi tanaman, diameter batang, pertumbuhan akar, dan meningkatkan hasil produksi.
5. Mengurangi tingkat stress bibit tanaman yang dipindah ke lapang.
6. Meningkatkan perkecambahan dan daya tumbuh benih.

## **2.10 Logam Berat**

Logam berat umumnya berbahaya karena memiliki rapat massa tinggi dan dalam jumlah konsentrasi kecil dapat bersifat racun dan berbahaya. Beberapa dari logam ini merupakan logam bahan berbahaya dan beracun (logam B3) yang pada umumnya secara alami merupakan komponen tanah.

Logam ini dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air minum, atau melalui udara (Putranto, 2011).

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria - kriteria yang sama dengan logam-logam yang lain. Perbedaan terletak pada dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini masuk atau diberikan ke dalam tubuh organisme hidup. Menurut Heryanto (2004), menyatakan bahwa istilah logam berat sebetulnya sudah dipergunakan secara luas, terutama dalam perpustakaan ilmiah, sebagai unsur yang menggambarkan bentuk dari logam tertentu. Karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut:

1. Memiliki spesifikasi grafitasi yang sangat besar (lebih dari 4).
2. Mempunyai nomor atom 22 - 23 dan 40 - 50 serta unsur lantanida dan aktinida.
3. Mempunyai respon biokimia yang khas (spesifik) pada organisme hidup.

Semua logam berat dapat dikatakan sebagai bahan beracun yang akan meracuni makhluk hidup. Sebagai contoh logam berat air raksa (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan krom (Cr). Namun demikian, meskipun semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan atas makhluk hidup, sebagian dari logam - logam berat tersebut dibutuhkan oleh makhluk hidup.

Logam dapat menyebabkan timbulnya suatu bahaya pada makhluk hidup. Hal ini terjadi jika sejumlah logam mencemari lingkungan. Logam-logam tertentu sangat berbahaya bila ditemukan dalam konsentrasi tinggi dalam lingkungan (dalam air, tanah dan udara), karena logam-logam tersebut mempunyai sifat yang merusak jaringan tubuh makhluk hidup. Pencemaran lingkungan oleh logam-logam berbahaya (Cd, Pb, Hg) dapat terjadi jika orang atau pabrik yang menggunakan logam-logam tersebut untuk proses produksinya tidak memerhatikan keselamatan lingkungan. Pencemaran logam berat pada tanah daratan sangat erat hubungannya dengan pencemaran udara dan air. Partikel logam berat yang berterbangan di udara akan terbawa oleh air hujan yang membasahi tanah sehingga timbul pencemaran tanah. Kandungan logam

berat di dalam tanah secara alamiah sangat rendah, kecuali tanah tersebut sudah tercemar (Darmono, 2001).

### **2.10.1 Sumber Pencemar Logam Berat**

Logam berat berkenaan dengan pertanian memunculkan empat persoalan yang saling berkaitan berupa akibat atas: (1) edafon, yaitu keseluruhan kehidupan di dalam tanah yang merupakan salah satu faktor pokok penentu produktivitas tanah; (2) hasil panen pertanaman, baik jumlah maupun mutunya; (3) kesehatan ternak; dan (4) kesehatan manusia. Keempat persoalan tersebut dapat dikembalikan kepada satu persoalan dasar, yaitu perilaku logam berat di dalam tanah. Perilaku ini menentukan seberapa kuat dayanya mempengaruhi edafon, dan seberapa banyak jumlahnya yang dapat diserap tanaman.

Keberadaan logam di dalam tanah, menurut Brumer dalam Verloo (1993), dapat dipilahkan menjadi berbagai bentuk, seperti :

1. Larut air, yaitu yang berada di berada dalam larutan tanah
2. Tertukarkan, terikat pada tapak-tapak serapan pada koloid tanah dan dapat dibebaskan oleh reaksi pertukaran ion.
3. Terikat secara organik, berasosiasi dengan senyawa humus yang tidak terlarutkan.
4. Terjerat di dalam oksida besi dan mangan.
5. Senyawa-senyawa tertentu, seperti karbonat, fosfat, dan sulfida.
6. Terikat secara struktural di dalam mineral silikat atau mineral primer (Notohadiprawiro 2006).

Menurut Verloo (1993) dan Duchaufour (1982), ketersediaan unsur-unsur logam bagi hayati dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

1. Reaksi keseimbangan

Reaksi keseimbangan ini dipengaruhi oleh beberapa sifat tanah serta kadar ion dalam fase padat tanah dan dalam larutan tanah.

2. Kapasitas pertukaran kation

Kapasitas pertukaran kation dan anion tanah yang menentukan daya menyerap kation dan anion, serta laju pertukaran kation dan anion.

3. Reaksi ikatan secara kompleks

Senyawa organik dan ion logam berat seringkali terkoordinasi, khususnya asam-asam humat dan fulvat, yang nantinya akan membentuk kelat.

4. pH tanah

pH larutan tanah akan berpengaruh langsung terhadap kelarutan unsur logam berat. Walaupun peningkatan pH tanah akan menyebabkan logam berat mengendap, tetapi yang lebih penting yaitu pengaruh secara tidak langsung melalui pengaruhnya dalam kapasitas pertukaran ion.

5. Potensial redoks tanah

Potensial redoks tanah dan reaksi tanah dapat menentukan spesifikasi kimiawi logam berat.

### 2.11 Timbal (Pb)

Timbal mempunyai berat atom 207,21; berat jenis 11,34; bersifat lunak sertaberwarna biru atau silver abu - abu dengan kilau logam, nomor atom 82 mempunyai titik leleh 327,4°C dan titik didih 1.620°C.23 (Fardiaz, 1995). Timbal merupakan jenis logam abu-abu kebiruan, mempunyai kerapatan yang tinggi, sangat lembut dan mudah meleleh. Larut dalam HNO<sub>3</sub> pekat, sedikit larut dalam HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> encer.

Timbal termasuk logam berat "*trace metals*" karena mempunyai berat jenis lebih dari lima kali berat jenis air (Darmono, 2001). Bentuk kimia senyawa Pb yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan akan mengendap pada jaringan tubuh, dan sisanya akan terbuang bersama bahan sisa metabolisme.

Timbal adalah sebuah unsur yang biasanya ditemukan di dalam batu - batuan, tanah, tumbuhan dan hewan. Timbal 95% bersifat anorganik dan

pada umumnya dalam bentuk garam anorganik yang umumnya kurang larut dalam air. Sebaliknya berbentuk timbal organik.

Timbal banyak dimanfaatkan oleh kehidupan manusia seperti sebagai bahan pembuat baterai, amunisi, produk logam (logam lembaran, solder, dan pipa), perlengkapan medis (penangkal radiasi dan alat bedah), cat, keramik, peralatan kegiatan ilmiah/praktek (papan sirkuit/CB untuk komputer) untuk campuran minyak bahan - bahan untuk meningkatkan nilai oktan. Konsentrasi timbal di lingkungan tergantung pada tingkat aktivitas manusia, misalnya di daerah industri, di jalan raya, dan tempat pembuangan sampah. Karena timbal banyak ditemukan di berbagai lingkungan maka timbal dapat memasuki tubuh melalui udara, air minum, makanan yang dimakan dan tanah pertanian (Sudarwin, 2008).

Kadar unsur Pb yang tersedia dalam tanah sangat rendah, tetapi dibutuhkan tanaman dalam jumlah sangat sedikit, sama halnya dengan kebutuhan unsur mikro lainnya. Hasil analisis jaringan tanaman (rerumputan) pada masa pertumbuhan aktif menunjukkan bahwa kandungan Pb berkisar dari 0,3–1,5 mg/kg bahan kering (Alloway, 1995 dalam Lahuddin 2007). Kandungan Pb total pada tanah pertanian berkisar antara 2–200 ppm. Sumber unsur ini berasal dari berbagai jenis bebatuan. (Nriagu, 1978 dalam Lahuddin 2007).

### **2.11.1 Efek Bahaya Masuknya Timbal (Pb) dalam Tubuh Manusia**

Jalur masuknya timbal ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernapasan (respirasi), juga melalui saluran pencernaan (gastrointestinal), kemudia didistribusikan ke dalam darah, dan terikat pada sel darah. Sebagian Pb disimpan dalam jaringan lunak dan tulang, sebagian diekskresikan lewat kulit, ginjal dan usus besar.

Timbal bersirkulasi dalam darah setelah diabsorpsi dari usus, terutama berhubungan dengan sel darah merah (eritrosit). Pertama didistribusikan ke dalam jaringan lunak dan berinkorporasi dalam tulang, gigi dan rambut untuk dideposit (storage). Timbal 90% dideposit dalam tulang dan

sebagian kecil tersimpan dalam otak, pada tulang timbal dalam bentuk Pb fosfat ( $Pb_3(PO_4)_2$ ). Secara teori selama timbal terikat dalam tulang tidak akan menyebabkan gejala sakit pada penderita. Tetapi yang berbahaya adalah toksisitas Pb yang diakibatkan gangguan absorpsi Ca karena terjadi desorpsi Ca dari tulang yang menyebabkan penarikan deposit timbal dari tulang tersebut (Darmono, 2001).

Dampak yang lebih jauh dari keracunan Pb adalah dapat menyebabkan hipertensi dan salah satu faktor penyebab penyakit hati. Ketika unsur ini mengikat kuat sejumlah molekul asam amino, haemoglobin, enzim, RNA, dan DNA; maka akan mengganggu saluran metabolik dalam tubuh. Keracunan Pb dapat juga mengakibatkan gangguan sintesis darah, hipertensi, hiperaktivitas, dan kerusakan otak (Herman, 2006).

### **2.12 Kadmium (Cd)**

Kadmium adalah suatu logam putih, mudah dibentuk, lunak dengan warna kebiruan. Titik didih relatif rendah ( $767^\circ C$ ) membuatnya mudah terbakar, membentuk asap kadmium oksida. Logam ini melebur pada  $3210C$  dan larut dengan lambat dalam asam encer dengan melepaskan hidrogen (disebabkan potensial elektrodanya yang negatif) (Sudarwin, 2008).

Kadmium dan bentuk garamnya banyak digunakan pada beberapa jenis pabrik untuk proses produksinya. Industri pelapisan logam adalah pabrik yang paling banyak menggunakan kadmium murni sebagai pelapis, begitu juga pabrik yang membuat Ni - Cd baterai. Bentuk garam Cd banyak digunakan dalam proses fotografi, gelas, dan campuran perak, produksi foto - elektrik, foto - konduktor, dan fosforus.

Kadmium asetat banyak digunakan pada proses industri porselen dan keramik. Keberadaan kadmium di alam berhubungan erat dengan hadirnya logam Pb dan Zn. Dalam industri pertambangan Pb dan Zn, proses pemurniannya akan selalu memperoleh hasil samping kadmium yang terbuang dalam lingkungan. Kadmium masuk ke dalam tubuh manusia

terjadi melalui makanan dan minuman yang terkontaminasi. Untuk mengukur kadmium intake ke dalam tubuh manusia perlu dilakukan pengukuran kadar Cd dalam makanan yang dimakan atau kandungan Cd dalam faeces (Andrianto, 2002 dalam Sudarwin 2008).

Unsur Cd tanah terkandung dalam bebatuan beku sebesar 0,1–0,3 ppm, pada batuan metamorfik sekitar 0,1–1,0 ppm Cd, sedangkan pada bebatuan sedimen mengandung sekitar 0,3–11 ppm. Pada umumnya kandungan dalam tanah (tanah berasal dari hasil proses pelapukan dari bebatuan) 1,0 ppm atau lebih rendah (Page and Birmingham, 1973, in Alloway, 1995 dalam Lahuddin 2007). Kadar Cd dalam jaringan tanaman berkisar 0,1–1,0 ppm (Lagerwerf, 1972 dalam Lahuddin 2007). Akumulasi Cd berlebihan dalam tanah dapat terjadi dari bahan-bahan lain, sebaliknya memberikan efek merugikan pada pertumbuhan tanaman.

Kadar Cd dalam tanah dipengaruhi oleh reaksi tanah dan fraksi-fraksi tanah yang bersifat dapat mengikat ion Cd. Dengan peningkatan pH kadar Cd dalam fase larutan menurun akibat meningkatnya reaksi hidrolisis, kerapatan kompleks adsorpsi dan muatan yang dimiliki koloid tanah. Disimpulkan pula bahwa pH bersama-sama dengan bahan mineral liat dan kandungan oksida-oksida hidrat dapat mengatur adsorpsi spesifik Cd yang meningkat secara linear dengan pH sampai tingkat maksimum (Pickering, 1980 dalam Lahuddin 2007).

### **2.12.1 Efek Bahaya Masuknya Kadmium (Cd) dalam Tubuh Manusia**

Sekitar 5% dari diet kadmium, diabsorpsi dalam tubuh. Sebagian besar Cd masuk melalui saluran pencernaan, tetapi keluar lagi melalui faeses sekitar 3 – 4 minggu kemudian dan sebagian kecil dikeluarkan melalui urin. Kadmium dalam tubuh terakumulasi dalam hati dan ginjal terutama terikat sebagai metalotionein. Metalotionein mengandung unsur sistein, di mana Cd terikat dalam gugus sulfhidril (- SH) dalam enzim seperti karboksil sisteinil, histidil, hidroksil, dan fosfatil dari protein dan purin. Kemungkinan besar pengaruh toksisitas Cd disebabkan oleh

interaksi antara Cd dan protein tersebut, sehingga menimbulkan hambatan terhadap aktivitas kerja enzim dalam tubuh (Alfonds, dkk 2005).

Unsur Cd memiliki sifat kimia yang hampir sama dengan Zn terutama dalam proses penyerapan oleh tanaman dan tanah. Namun Cd lebih bersifat racun yang dapat mengganggu aktivitas enzim. Kadar Cd yang berlebihan dalam makanan dapat merusak fungsi ginjal sehingga mengganggu metabolisme Ca dan P, serta menimbulkan penyakit tulang (Mengel dan Kirkby, 1981 dalam Lahuddin 2007).

Di Jepang telah terjadi keracunan oleh Cd, yang menyebabkan penyakit lumbago yang berlanjut ke arah kerusakan tulang dengan akibat melunak dan retaknya tulang (O'Neill, 1994). Organ tubuh yang menjadi sasaran keracunan Cd adalah ginjal dan hati, apabila kandungan mencapai 200 µg Cd/gram (berat basah) dalam cortex ginjal yang akan mengakibatkan kegagalan ginjal dan berakhir pada kematian. Korban terutama terjadi pada wanita pascamonopause yang kekurangan gizi, kekurangan vitamin D dan kalsium. Penimbunan Cd dalam tubuh mengalami peningkatan sesuai usia yaitu paruh-umur dalam tubuh pada kisaran 20 – 30 tahun (Herman, 2006).

### **2.13 Unsur Hara Tanaman**

Salah satu proses terpenting yang terjadi di alam adalah fotosintesis. Dalam proses ini, karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O) di dalam sel klorofil bereaksi dengan bantuan radiasi sinar matahari untuk memproduksi gula. Gula yang terbentuk dapat digunakan oleh tanaman untuk memproduksi energi melalui proses respirasi (pernapasan).

Unsur hara yang tersedia tersebut dapat diserap oleh tanaman dan berpengaruh terhadap produksi tanaman. Jumlah unsur hara dalam tanah harus cukup seimbang untuk dapat mendukung pertumbuhan dan meningkatkan produksi tanaman (Syarief, 1986 dalam Purnawati 2007).

Unsur hara tergolong esensial bagi tanaman, bila memenuhi beberapa kriteria (Graham, 1975 dalam Purnawati 2007) yaitu :

1. Apabila unsur tersebut dihilangkan, pertumbuhan tanaman akan terhambat
2. Apabila unsur tersebut disuplai kembali, pertumbuhan tanaman akan kembali proporsional.
3. Tidak adanya suplai unsur hara, mengakibatkan siklus hidupnya tidak sempurna.

Unsur hara dapat diserap oleh tanaman setelah melalui tiga mekanisme sebagai berikut :

1. Unsur hara dapat diserap langsung oleh akar bersama dengan penyerapan air dari larutan tanah. Karena itu, sangat penting untuk menjaga keseimbangan unsur hara di dalamnya, misalnya mempertahankan pH pada posisi netral.
2. Unsur hara memasuki membran sel akar mengikuti hukum difusi, tanpa mengikutsertakan air. Jika konsentrasi ion terlarut di dalam larutan tanah lebih tinggi dari pada di dalam sel akar, ion dari larutan tanah akan bergerak ke dalam sel akar.
3. Mekanisme penyerapan yang ketiga berlangsung lebih rumit, yang dikenal dengan proses pertukaran ion. Mekanisme ini terjadi karena pernapasan akar menghasilkan  $\text{CO}_2$  yang bergabung dengan air di dalam tanah lalu membentuk asam karbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Selanjutnya  $\text{H}_2\text{CO}_3$  tersebut membentuk  $\text{H}^+$  dan  $\text{HCO}_3^-$ .

Unsur hara yang diserap oleh tanaman berasal dari 3 sumber sebagai berikut :

1. Bahan Organik

Sebagian besar unsur hara terkandung di dalam bahan organik. Sebagian dapat langsung digunakan oleh tanaman, sebagian lagi tersimpan untuk jangka waktu yang lama. Bahan organik harus mengalami proses dekomposisi (pelapukan) terlebih dahulu sebelum tersedia bagi tanaman.

## 2. Mineral alami

Setiap batuan mineral yang membentuk tanah mengandung bermacam-macam unsur hara. Mineral alami ini berubah menjadi unsur hara yang tersedia bagi tanaman setelah mengalami pengahancuran oleh cuaca.

## 3. Unsur hara yang terjerat atau terikat

Unsur hara ini terikat di permukaan atau diantara lapisan koloid tanah dan sebagai sumber utama dari unsur hara yang dapat diatur oleh manusia. Unsur hara yang terikat ini biasanya tidak dapat digunakan oleh tanaman, karena pH-nya terlalu ekstrim atau terdapat ketidakseimbangan jumlah unsur hara. Lewat pengaturan pH tanah, unsur hara ini dapat diubah menjadi unsur hara yang tersedia bagi tanaman (Purnawati, 2007).

Adapun pengaruh masing-masing unsur hara yang tergolong penting bagi tanaman yaitu :

### 2.13.1 Pengaruh Nitrogen (N) Terhadap Tanaman

Nitrogen adalah unsur hara yang paling dinamis di alam. Ketersediaannya di tanah dipengaruhi oleh keseimbangan antara input dan output dalam sistem tanah. Unsur N mudah hilang dari tanah melalui volatilisasi atau perkolasi air tanah, mudah berubah bentuk, dan mudah pula diserap tanaman (Shellp 1987; Mattason dan Schjoerring 2002; Abdolzadeh et al. 2008). Tanaman menyerap unsur N dalam bentuk amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ). Keberadaan  $\text{NH}_4^+$  sangat dinamis karena mudah berubah bentuk menjadi nitrat nitrogen ( $\text{NO}_3^-$ ) akibat proses nitrifikasi oleh organisme tanah (Mattason dan Schjoerring 2002; Setyorini dan Ladiyani 2008). Kekurangan N mengakibatkan pertumbuhan tanaman terhambat dan kerdil, daun kuning, serta mempengaruhi penyerapan P dan K dan pembentukan protein (Shellp 1987; Delvian 2006). Selain itu nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman, yang pada umumnya sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman,

seperti daun, batang dan akar, tetapi kalau terlalu banyak dapat menghambat pembungaan dan pembuahan pada tanamannya. Tanaman yang mendapatkan pasokan N cukup, pertumbuhan vegetatifnya baik dengan ciri warna hijau tua karena bagian yang bertanggung jawab terhadap fotosintesis. Tetapi pasokan yang terlalu banyak dapat menunda pembungaan. Sebaliknya kekurangan pasokan N menyebabkan daun menguning, pertumbuhan kerdil, dan gagal panen

Fungsi Nitrogen bagi tanaman adalah sebagai berikut :

1. Untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman
2. Dapat menyehatkan pertumbuhan daun, daun tanaman lebar dengan warna yang lebih hijau, kekurangan N menyebarkan khlorosis (pada daun muda berwarna kuning)
3. Meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman
4. Meningkatkan kualitas tanaman penghasil daun-daunan
5. Meningkatkan berkembangbiaknya mikro-organisme di dalam tanah. Sebagaimana diketahui hal itu penting sekali bagi kelangsungan pelapukan bahan organik (Sutedjo, 2008).

### **2.13.2 Pengaruh Fosfor (P) Terhadap Tanaman**

Fosfor (P) adalah unsur hara yang tidak mudah bergerak (immobile) dalam tanah. Hara P di tanah tersedia dalam jumlah cukup bagi tanaman, tetapi karena sifatnya dinamis, bergantung pada reaksi tanah, sebagian terikat atau terfiksasi oleh oksida dan mineral liat membentuk Al, Fe, dan Ca- P atau oleh bahan organik (Tisdale et al. 1985; Wien 1997). Kekurangan P menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat akibat terganggunya perkembangan sel dan akar tanaman, metabolisme karbohidrat, dan transfer energi (Marshner 1986; Delvian 2006). Selain itu apabila tanaman kekurangan unsur hara P, maka tanaman tidak mampu menyerap unsur hara lain dalam jumlah cukup, karena keseimbangan hara dalam tanah akan terganggu. Unsur hara P berperan dalam mengendalikan proses-proses fisiologi tanaman (Komarayati dkk,

2002). Pospor terdapat dalam bentuk phitin, nuklein dan pospatide, merupakan bagian dari protoplasma dan inti sel. Sebagai bagian dari inti sel sangat penting dalam pembelahan sel, demikian pula bagi perkembangan jaringan meristem. Pospor diambil tanaman dalam bentuk  $H_2PO_4^-$ , dan  $HPO_4^{=}$ . Secara umum, fungsi dari P (fosfor) dalam tanaman dapat dinyatakan sebagai berikut :

1. Dapat mempercepat pertumbuhan akar semai
2. Dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa pada umumnya
3. Dapat mempercepat pembungaan dan pemasakan buah, biji atau gabah.
4. Dapat meningkatkan produksi biji-bijian (Sutedjo, 2008).

### **2.13.3 Pengaruh Kalium (K) Terhadap Tanaman**

Kalium (K) sebagai unsur hara esensial agak mobil seperti N. Cadangan K dalam tanah cukup banyak. Pada jerami padi, kandungan K mencapai 80% (Tandon dan Kimmo 1993; Makarim 2007). Meski hanya sebagian kecil K tersedia yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman, hara K mudah bergerak, terlindi, dan terikat oleh permukaan koloid tanah. Kekurangan K mempengaruhi sistem perakaran, tunas, pembentukan pati, dan translokasi gula (Wien 1997; Barker dan Pilbean 2006). Elemen ini dapat dikatakan bukan elemen yang langsung pembentuk bahan organik. Pasokan K yang cukup akan menjamin fungsi daun selama pertumbuhan jumlah gula pada buah. Kalium berfungsi dalam pembentukan lapisan kutikula yang sangat penting untuk pertahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit. Tanaman yang kahat K mempunyai daun-daun muda berwarna hijau tua, batang kecil, dan buku pendek (Munawar, 2011)

Dalam hal ini dapat pula ditegaskan bahwa kalium berperan membantu :

1. Pembentukan protein dan karbohidrat
2. Mengeraskan jerami dan bagian kayu dari tanaman

3. Meningkatkan resistensi tanaman terhadap penyakit
4. Meningkatkan kualitas biji/buah (Sutedjo, 2008).

#### **2.13.4 Pengaruh C/N Terhadap Tanaman**

Nisbah C/N merupakan indikator yang menunjukkan proses mineralisasi-immobilisasi N oleh mikroba dekomposer bahan organik. Nisbah C/N bahan organik tanah berkisar antara 8:1 – 15:1 (umumnya antara 10:1 – 12:1), terkait dengan curah hujan dan suhu, mikroba yang terlibat, dan nisbah C/N vegetasi di atasnya. Rasio C/N yang masih tinggi meskipun waktu dekomposisi sudah cukup lama ini memberikan indikasi bahwa bahan-bahan mentah organik sebagai bahan dasar kompos merupakan bahan yang sulit hancur, sehingga dekomposisinya membutuhkan waktu yang lebih lama lagi. Nilai C/N yang tinggi juga menunjukkan bahwa ketersediaan karbon berlebih sedangkan jumlah nitrogen sangat terbatas. Apabila produk kompos dengan rasio C/N yang tinggi diaplikasikan ke dalam tanah maka mikroorganisme akan tumbuh dengan memanfaatkan N tersedia didalam tanah untuk membentuk protein dalam tubuh mikroorganisme tersebut, sehingga terjadilah immobilisasi N. Immobilisasi N adalah perubahan N anorganik menjadi N organik oleh mikroorganisme tanah untuk menyusun jaringan-jaringan dalam tubuhnya (Hakim dkk, 1986). Hal ini didukung oleh pernyataan Novizan (2004) yang menyatakan bahwa tanaman justru tampak seperti kekurangan unsur hara setelah diberi pupuk kompos yang belum terurai sempurna. Karena selama proses penguraian sampai proses penguraian sempurna, tanaman akan bersaing dengan mikroorganisme tanah untuk memperebutkan unsur hara. Sutanto (2002) dan Marvelia (2006) menambahkan bahwa dalam kompetisi perebutan unsur hara tersebut kemungkinan besar tanaman kalah bersaing, sehingga tanaman akan kekurangan unsur hara karena unsur hara tersebut sebagian besar digunakan oleh mikroorganisme tanah untuk metabolisme tubuhnya.

Selain itu pentingnya rasio C/N suatu bahan terkait dengan pengaruh bahan tersebut terhadap ketersediaan N bagi tanaman, dan tingkat laju dekomposisi bahan di dalam tanah. Rasio C/N rendah berarti bahan mengandung banyak N dan mudah terdekomposisi, sehingga cepat memasok N bagi tanaman. Sebaliknya, bahan-bahan dengan rasio C/N tinggi akan sulit terdekomposisi dan dapat menyebabkan kekahatan N pada tanaman (Munawar, 2011).

#### **2.14 Sejarah Tanaman Bayam (*Amaranthus sp*)**

Bayam yang dikenal dengan nama ilmiah (*Amaranthus sp*). Banyak dipromosikan sebagai sayuran daun sumber gizi bagi penduduk di negara berkembang. Tanaman bayam yang kini dikenal di seluruh penjuru dunia, menurut penelusuran dari berbagai literatur dan nara sumber lainnya, ternyata berasal dari daerah Amerika tropika. Meski tidak ada keterangan yang rinci dan pasti mengenai sejarah dan perkembangannya, ada petunjuk bahwa tanaman ini semula dianggap tumbuhan hias.

Orang-orang Amerika menyebut bayam sebagai tanaman yang indah dari daerah tropik Timur Jauh (Far East). Tanaman tersebut dapat mencapai ketinggian antara 90-150 cm. Jenis *Amaranthus caudatus* memiliki wujud yang menarik dari daun-daunnya yang berukuran besar, bewarna hijau dan merah, serta berbunga yang keluar dari ujungnya.

Ada 3 jenis (spesies) bayam yang diusahakan di kawasan Amerika Latin, yaitu *A. Caudatus* yang berkembang di Argentina, Peru dan Bolivia; *A. Cruentus* di Guatemala; sedangkan *A. Hypochondricus* di Meksiko. Spesies bayam tersebut ditanam pula di Spanyol dan Gujarat, hingga akhirnya menyebar luas ke seluruh dunia, terutama negara atau daerah-daerah yang telah dikenal kemajuan pertaniannya (Rahmat, 1995).

## 2.15 Morfologi Bayam

Bayam termasuk tanaman setahun atau lebih yang berbentuk perdu (terna) dan tingginya dapat mencapai  $\pm 1\frac{1}{2}$  meter. Sistem perakarannya menyebar dangkal pada kedalaman antara 20 – 40 cm, dan memiliki akar tunggang karena termasuk kelas *Dicotyledonae* (tanaman berbiji keping dua).

Batang bayam banyak mengandung air (*herbaceous*), tumbuh tinggi di atas permukaan tanah. Bayam tahun kadang-kadang batangnya mengeras berkayu, dan bercabang banyak. Percabangan akan melebar dan tumbuh tunas baru bila sering dilakukan pemangkasan.

Daun bayam umumnya berbentuk bulat telur dengan ujung agak meruncing, dan urat-urat daunnya jelas. Warna daun bervariasi, mulai dari hijau muda, hijau tua, hijau keputih-putihan sampai warna merah. Struktur daun bayam liar umumnya kasap, dan kadang-kadang berduri.

Bunga tersusun dalam malai yang tumbuh tegak, keluar dari ujung tanaman ataupun dari ketiak-ketiak daun. Bentuk malai bunga memanjang mirip ekor kucing, dan pembuangannya dapat berlangsung sepanjang musim atau tahun.

Alat reproduksi (perbanyak tanaman) umumnya secara generatif (biji). Dari setiap tandan (malai) bunga dapat dihasilkan ratusan hingga ribuan biji. Ukuran biji sangat kecil, bentuknya bulat dan berwarna coklat tua mengkilap sampai hitam kelam, namun pada varietas Maksi bijinya berwarna putih sampai krem (Rahmat, 1995).

### 2.15.1 Jenis Bayam

Bayam ada yang di budidayakan, ada juga yang tidak dibudidayakan. Bayam yang liar dan tidak dibudidayakan ada dua jenis, yaitu bayam tanah (*Amaranthus sp*) dan bayam berduri (*Amaranthus spinosus.L*). Bayam tersebut enak dimakan walaupun agak keras dan kasap. Warna batangnya kemerah-merahan. Sementara bayam yang biasa ditaman (diusahakan) umumnya berbiji hitam, di antaranya bayam cabut dan bayam tahun. Jenis

bayam yang akan digunakan pada penelitian ini adalah bayam cabut (*Amaranthus sp*).

### 2.15.2 Bayam Cabut (*Amaranthus sp*)

Batang bayam cabut atau biasa disebut bayam sekul ada yang berwarna kemerah-merahan (bayam merah) dan ada yang hijau keputih-putihan (bayam putih). Bayam sekul berbunga pada ketiak daun. Jenis bayam ini dijual akarnya dalam bentuk ikatan sebesar lingkaran dua jari. Adapun jenis bayam cabut yang dianjurkan ditanam ialah giti hijau dan giti merah (Sunarjono, 2010). Ciri-ciri bayam cabut siap dipanen adalah umur tanaman antara 25 – 35 hari setelah tanam, tinggi tanaman antara 15 – 20 cm (Rahmat, 1995).



**Gambar 2.7** Bayam cabut (Dokumentasi, 2011)

### 2.15.3 Penanaman Tanaman Bayam (*Amaranthus sp*)

Bayam dapat tumbuh sepanjang tahun, baik di dataran rendah maupun dataran tinggi. Oleh karena itu, tanaman bayam dapat ditanam di kebun

dan pekarangan rumah. Waktu menanam yang baik ialah pada awal musim hujan atau pada awal musim kemarau.

Penanaman tanaman bayam sebaiknya dilakukan pada pagi atau sore hari. Untuk mendapatkan hasil panen yang optimal, pemilihan lokasi kebun bayam harus memperhatikan persyaratan tumbuhnya, yaitu :

1. Kedalaman lahan harus terbuka dan mendapat sinar matahari penuh.
2. Tanahnya subur, gembur, banyak mengandung bahan organik, memiliki pH 6-7, dan tidak menggenang (becok).

#### **2.15.4 Perawatan Tanaman Bayam (*Amaranthus sp*)**

Kegiatan utama perawatan tanaman bayam adalah :

- a. Penyiraman
  - Pada fase awal pertumbuhan, sebaiknya penyiraman dilakukan rutin dan intensif 1-2 kali sehari, terutama di musim kemarau.
  - Waktu yang paling baik untuk menyiram tanaman bayam adalah pagi atau sore hari, dengan menggunakan alat bantu gembor (emprat) agar air siramannya merata.
- b. Melemaskan Tanaman
  - Tanaman bayam yang sudah berumur 2 minggu ( $\pm$  berdaun 4 helai) tiap pagi digerak-gerakkan ke kiri dan kanan dengan ujung sapu lidi sampai tanaman menjadi lemas.
  - Tujuan melemaskan tanaman ini adalah agar cepat dan kuat pertumbuhannya, sekaligus mengusir hama seperti belalang ataupun serangga.

#### **2.16 Landasan Perbandingan Komposisi Pupuk**

Karena percobaan pemanfaatan limbah lumpur karet ini akan dibandingkan dengan pemanfaatan limbah lumpur domestik dengan perlakuan yang sama, maka untuk komposisi yang akan dilakukan mengacu pada percobaan yang telah dilakukan oleh Industri karet di PT. Dharma

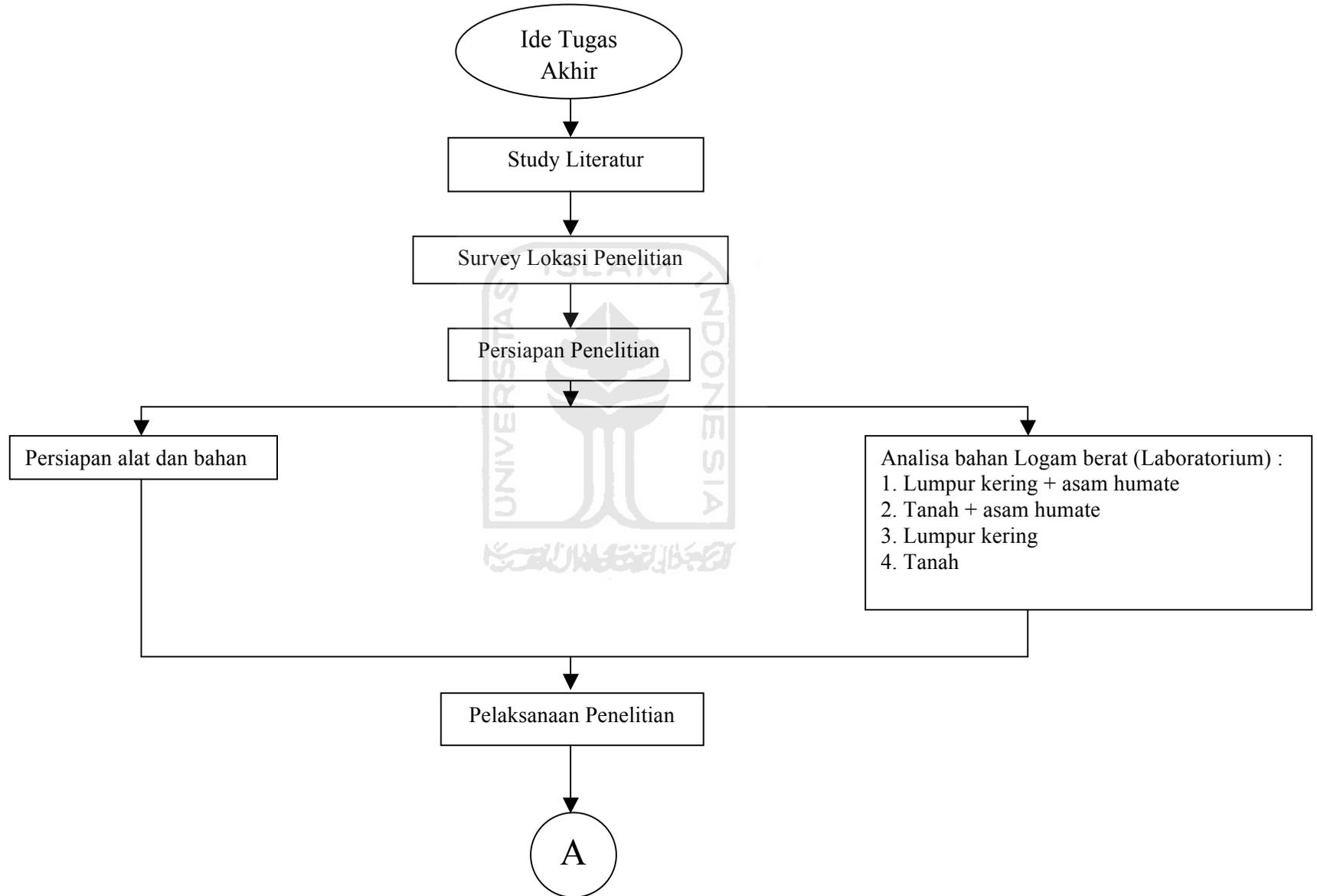
Kalimantan Jaya (DKJ) dengan kombinasi lumpur dengan Asam Humate 1:100 dicobakan pada tanaman pepaya dan hasil buahnya lebih manis dibandingkan dengan kontrol media tanah biasa, walaupun tidak secara ilmiah percobaan tersebut dilakukan akan tetapi dapat menjadi dasar penelitian ini.

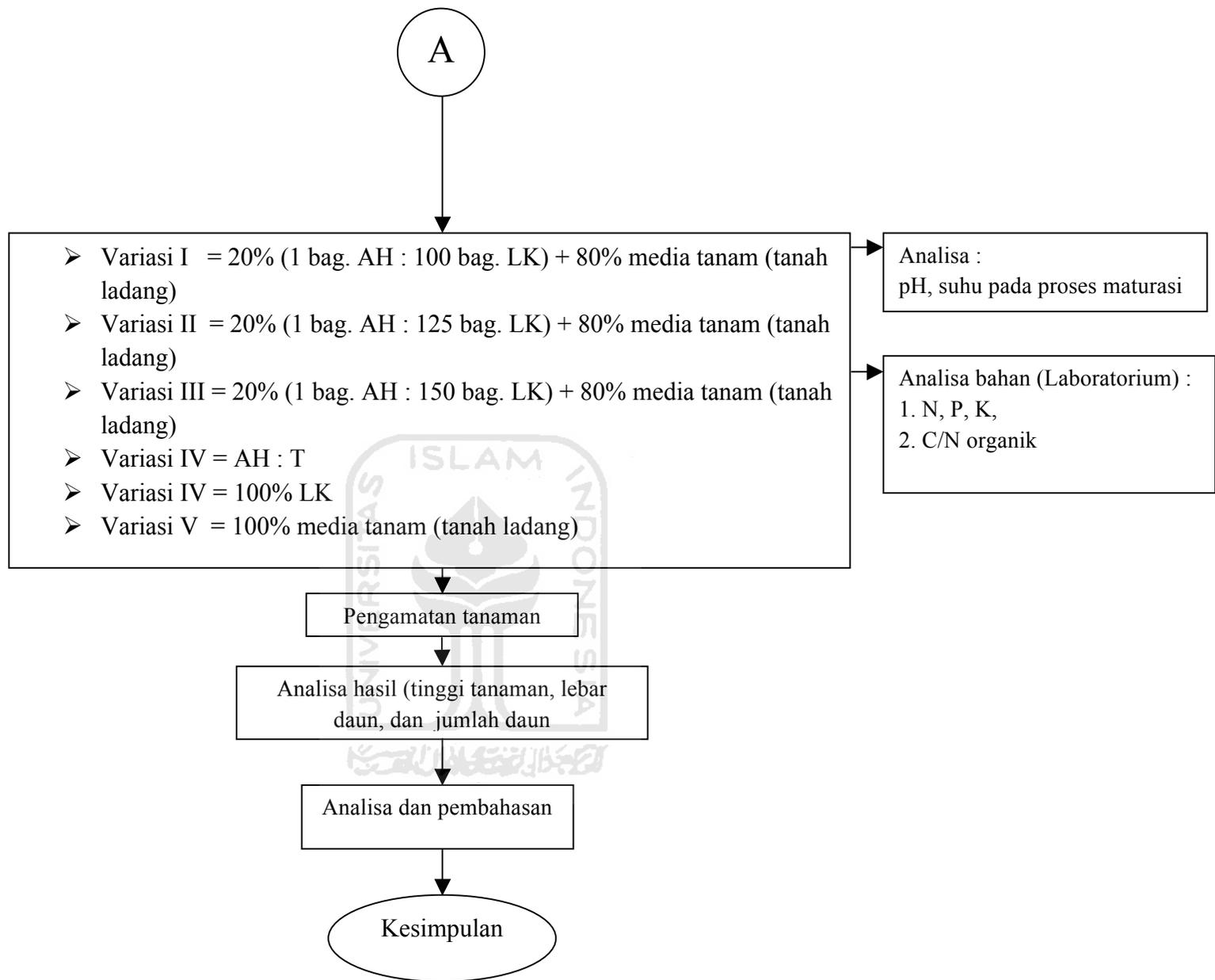
### **2.17 Landasan Perbandingan Media Tanam**

Menurut Happy Widiastuti, dkk 2009 tentang “Keefektifan Beberapa Dekomposer Untuk Pengomposan Limbah *Sludge* Pabrik Kertas Sebagai Bahan Baku Pupuk Organik” media tanam dilakukan dengan perbandingan 80% tanah dan 20% kompos *sludge*. Dari jurnal tersebut dapat dijadikan landasan untuk perbandingan media tanam pada penelitian ini



### 3.4 Rancangan Penelitian





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.5 Tahapan Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan Bahan

Pada penelitian ini bahan yang akan digunakan adalah tanah ladang, asam humate, dan lumpur kering berasal dari hasil pengolahan IPAL Industri Karet PT.DKJ. *Sludge Drying Bed* pada IPAL Industri Karet PT.DKJ dapat dilihat pada **Gambar 3.2**, sebagai berikut :



**Gambar 3.2** *Sludge Drying Bed* Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Karet PT.DKJ (Sumber : Data primer, 2011)

Pada percobaan pertama dilakukan proses pengeringan lumpur selama satu hari dengan bantuan sinar matahari karena kondisi lumpur yang masih sedikit lembab. Lumpur yang sudah kering ditumbuk dengan menggunakan palu agar menjadi halus dan seragam, kemudian dilakukan proses pengayakan agar lumpur menjadi lebih halus lagi. Proses pengeringan, penumbukan dan pengayakan lumpur dapat dilihat pada **Gambar 3.3.**, **3.4.**, dan **3.5**, Sebagai berikut :



**Gambar 3.3** Proses pengeringan lumpur  
(Dokumentasi penelitian, 2011)



**Gambar 3.4** Proses penumbukan lumpur  
(Dokumentasi penelitian, 2011)



**Gambar 3.5** Proses pengayakan lumpur  
(Dokumentasi penelitian, 2011)

Untuk tanah digunakan tanah ladang biasa atau tanah yang umum untuk media tanam yang nantinya akan ditambah pupuk organik. Sedangkan asam humate akan dicampurkan dengan lumpur kering menurut variasinya masing-masing.

### 3.5.2 Persiapan Reaktor

Reaktor yang digunakan untuk pembuatan pupuk organik dengan proses maturasi adalah ember dengan diameter atas 28 cm, diameter bawah 20 cm dan tinggi 24 cm. Reaktor yang digunakan untuk proses pembuatan pupuk organik ini sebanyak 3 buah sesuai dengan variasi untuk masing-masing reaktor. Selama pembuatan pupuk organik dan proses maturasi reaktor ditutup dengan penutup ember agar terjaga suhu dan pH nya. Reaktor yang digunakan untuk proses pembuatan pupuk organik dapat dilihat pada **Gambar 3.6**, sebagai berikut :



**Gambar 3.6** Reaktor untuk pembuatan pupuk organik  
(Dokumentasi penelitian, 2011)

### **3.5.3 Pengoperasian Reaktor (Pembuatan Pupuk Organik dengan Proses Maturasi )**

Percobaan pembuatan pupuk organik menggunakan variasi sebagai berikut :

**a. Reaktor 1 dengan konsentrasi 1:100 (Asam Humate : Lumpur Kering)**

Berat total pupuk organik adalah 5534,45 gram yang terdiri dari asam humate dengan lumpur kering. Pada variasi ini setelah dilakukan perhitungan didapat 54,8 gram untuk asam humate dan 5479,65 gram untuk lumpur kering.

**b. Reaktor 2 dengan konsentrasi 1:125 (Asam Humate : Lumpur Kering)**

Berat total pupuk organik adalah 5534,62 gram yang terdiri dari asam humate dengan lumpur kering. Pada variasi ini setelah dilakukan perhitungan didapat 43,9 gram untuk asam humate dan 5490,72 gram untuk lumpur kering.

**c. Reaktor 3 dengan konsentrasi 1:150 (Asam Humate : Lumpur Kering)**

Berat total pupuk organik adalah 5534,75 gram yang terdiri dari asam humate dengan lumpur kering. Pada variasi ini setelah dilakukan perhitungan didapat 36,65 gram untuk asam humate dan 5498,1 gram untuk lumpur kering. Perhitungan detail ketiga variasi pupuk organik dapat dilihat pada Lampiran 4.

Pembuatan pupuk organik dengan proses maturasi dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Mempersiapkan asam humate yang berasal dari Industri Karet PT.DKJ, asam humate tersebut kemudian ditimbang dengan menggunakan neraca analitik sesuai dengan jumlah masing-masing variasi. Proses penimbangan asam humate dapat dilihat pada **Gambar 3.7**.



**Gambar 3.7** Proses penimbangan asam humate  
(Dokumentasi penelitian, 2011)

2. Mempersiapkan lumpur kering yang sudah halus dari proses penumbukan sebanyak  $\pm 24$  kg, lumpur kering tersebut ditimbang lagi agar sesuai dengan jumlah masing-masing variasi kemudian di masukkan ke dalam reaktor. Pada proses pembuatan pupuk organik ini

lumpur yang digunakan masih sedikit lembab karena kurangnya waktu dalam penjemuran. Lumpur yang sudah dimasukkan ke dalam reaktor dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.



**Gambar 3.8** Lumpur yang sudah dimasukkan ke dalam reaktor  
(Dokumentasi penelitian, 2011)

3. Mencampur asam humate dan lumpur kering pada masing-masing reaktor kemudian diaduk dengan sekop kecil sampai merata agar mendapatkan hasil yang optimal. Pengadukan dilakukan setiap hari selama pengujian dilakukan yaitu dalam kurun waktu satu minggu. Proses pencampuran dan pengadukan dapat dilihat pada **Gambar 3.9., 3.10.**



**Gambar 3.9** Proses pencampuran  
(Dokumentasi penelitian, 2011)



**Gambar 3.10** Proses pengadukan  
(Dokumentasi penelitian, 2011)

4. Dilakukan pengukuran pH dan suhu setiap harinya selama satu minggu. Dapat dilihat pada **Gambar 3.11**.



**Gambar 3.11** Proses pengukuran pH dan suhu  
(Dokumentasi penelitian, 2011)

#### 3.5.4 Persiapan Media Tanam

Persiapan media tanam dilakukan dengan konsentrasi campuran yakni 1:100, 1:125, 1:150, KK, KT dan AH:T. Dengan melakukan tahapan sebagai berikut :

1. Mempersiapkan *polybag* plastik dengan ukuran  $20 \times 20$  cm.
2. Mempersiapkan asam humate yang sudah ditimbang dengan menggunakan neraca analitik sesuai dengan jumlah variasi dan volume *polybag* yang ada.
3. Mempersiapkan lumpur kering sebanyak  $\pm 6$  kg yang langsung diambil dari *Sludge Drying Bed* pada IPAL Industri Karet PT.DKJ. Lumpur kering tersebut ditimbang lagi agar sesuai dengan jumlah variasi dan volume *polybag* yang ada.
4. Mempersiapkan tanah ladang sebanyak  $\pm 19$  kg yang langsung diambil di pekarangan rumah.
5. Mencampur lumpur kering, asam humate dan tanah ladang dengan menggunakan media ember sebagai alat untuk pencampuran, kemudian digojok sampai merata agar menjadi satu sesuai dengan variasi media tanam. Pencampuran lumpur kering, asam humate dan tanah ladang dapat dilihat pada **Gambar 3.12**.



**Gambar 3.12** Pencampuran lumpur kering, asam humate dan tanah ladang  
(Dokumentasi penelitian, 2011)

6. Pada penelitian ini dibuat 6 variasi media tanam termasuk kontrol sebagai berikut :

**I. Variasi I dengan konsentrasi 1:100 ( Asam Humate : Lumpur kering )**

Pada variasi ini media tanam bayam diberi lumpur kering sebanyak 3,564 gr, 3,564 ons asam humate dan 1,44 kg tanah ladang. Berdasarkan penelitian terdahulu yang pernah dilakukan di Industri Karet bahwa perbandingan antara 1 kg asam humate dengan 100 kg lumpur kering dapat meningkatkan kualitas buah yang ada pada tanaman sehingga buah yang dihasilkan lebih manis dibandingkan dengan kontrol media tanah biasa.

**II. Variasi II dengan konsentrasi 1:125 ( Asam Humate : Lumpur kering )**

Pada variasi ini media tanam bayam diberi lumpur kering sebanyak 3,571 ons, 2,856 gr asam humate dan tanah ladang sebanyak 1,44 kg. Pada variasi ini juga media lumpur lebih banyak dibandingkan dengan variasi sebelumnya.

### **III. Variasi III dengan konsentrasi 1:150 ( Asam Humate : Lumpur kering )**

Dalam variasi ini media tanam bayam diberi lumpur kering sebanyak 3,576 ons, 2,384 gr asam humate dan tanah ladang sebanyak 1,44 kg. Media lumpur pada variasi ini lebih banyak dibandingkan dengan dua variasi sebelumnya.

### **IV. Variasi V KK 100% ( Kontrol Karet 100% )**

Pada variasi ini media tanam bayam tidak dicampur asam humate maupun tanah. Variasi ini sebagai kontrol terhadap pembandingan 4 variasi lain. Pemberian lumpur kering pada variasi ini sebesar 100% sesuai dengan volume *polybag*.

### **V. Variasi VI KT 100% ( Kontrol Tanah 100% )**

Dalam variasi ini media tanam tidak dicampur asam humate maupun lumpur kering. Variasi ini juga sebagai kontrol terhadap pembandingan 4 variasi lain. Pemberian tanah pada variasi ini sebesar 100% sesuai dengan volume *polybag*.

### **VI. Variasi IV dengan konsentrasi AH:T ( Kontrol Asam Humate : Tanah )**

Untuk konsentrasi ini diambil dari penanaman tanaman bayam pada umumnya dengan pemberian asam humate sesuai dengan dosis yang ada. Setelah dilakukan perhitungan didapat berat asam humate. Perhitungan detail ketiga variasi pupuk organik untuk media tanam dapat dilihat pada Lampiran 5.

#### **3.5.5 Penanaman**

Penanaman dilakukan di dalam *polybag*, dan terdapat 6 variasi perlakuan, setiap variasi ada 3 *polybag* dan setiap *polybag* terdapat 4 tanaman bayam. Setiap *polybag* diberi label K 1:100, K 1:125, K 1:150, KK, KT dan AH:T.

#### **3.5.6 Proses Perawatan Tanaman**

Perawatan tanaman dilakukan setelah benih bayam mulai di tanam dalam *polybag* sampai masa panen, dengan tahapan :

- a. Melakukan penyiraman setiap hari khususnya pada waktu sore hari menggunakan botol aqua bekas 600 ml yang sudah diberi lobang pada ujung botolnya dengan perlakuan sama pada setiap *polybag*.
- b. Melakukan penyiangan setiap hari agar dalam pertumbuhan tanaman bayam tidak terganggu oleh tanaman lain.

### 3.5.7 Proses Pengambilan Sampel

Proses pengambilan sampel direncanakan diambil pada semua jumlah tanaman bayam yang ada pada semua *polybag* dari semua variasi yaitu :

- a. Tinggi tanaman
  - Pengukuran tinggi tanaman dilakukan selama proses pertumbuhan awal hingga akhir pertumbuhan tanaman bayam yaitu masa panen.
  - Cara pengukuran tinggi tanaman bayam adalah dengan menggunakan penggaris, diukur dari atas sampai pada batang bawah diatas media tanam. Proses pengukuran tinggi tanaman dapat dilihat pada gambat berikut :



**Gambar 3.13** Proses pengukuran tinggi tanaman  
(Dokumentasi penelitian, 2011)

b. Lebar daun tanaman bayam

- Pengukuran lebar daun dilakukan selama proses pertumbuhan awal hingga akhir pertumbuhan tanaman bayam.
- Cara pengukuran lebar daun adalah dengan menggunakan penggaris diukur dari diameter daun yang paling lebar. Proses pengukuran lebar daun dapat dilihat pada gambar dibawah :



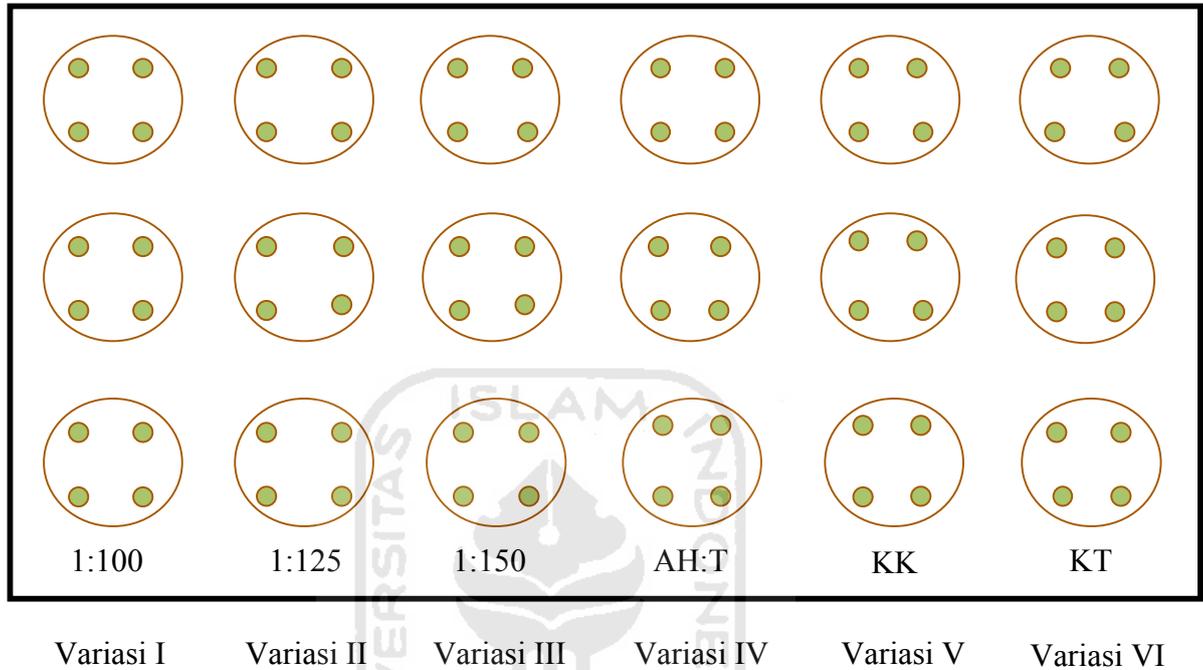
**Gambar 3.14** Proses pengukuran lebar daun (Dokumentasi penelitian, 2011)

c. Jumlah daun tanaman bayam

- Menghitung jumlah daun dilakukan selama proses pertumbuhan awal hingga akhir pertumbuhan tanaman bayam.
- Cara menghitung jumlah daun adalah dengan menghitung daun yang sudah terbentuk dengan sempurna atau tulang daunnya sudah terlihat.

### 3.5.8 Metode Rancangan Percobaan

Sebanyak 18 buah polybag dibagi dalam 6 kelompok yaitu kelompok 1:100, 1:125, 1:150, KK, KT dan AH:T disusun seperti pada **Gambar 3.15** berikut :



**Gambar 3.15** Rancangan Percobaan

Keterangan :

● = Tanaman Bayam

○ = Polybag ( Tanah, Lumpur kering dan *asam humate* )

### 3.5.9 Pengamatan dan Pengumpulan Tanaman Bayam

Pengamatan tanaman dilakukan setiap satu kali dalam seminggu dan data yang diambil merupakan data perbandingan pertumbuhan tanaman bayam berdasarkan indikator tinggi tanaman, lebar daun dan jumlah daun.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan ruang terbuka menggunakan *Polybag* ukuran 20cm × 20cm dengan menguji 6 konsentrasi lumpur kering dengan asam humate sebagai pupuk yang akan dicobakan pada tanaman bayam (*Amaranthus sp.*). Keenam konsentrasi tersebut adalah 1:100, 1:125, 1:150, dengan tiga perlakuan kontrol berupa lumpur kering, tanah ladang, dan campuran asam humate dengan tanah. Untuk media tanam dilakukan dengan perbandingan 80% tanah dan 20% pupuk organik (perbandingan campuran lumpur kering dan asam humate).

Penelitian ini dilakukan :

- Pelaksanaan proses pemeliharaan tanaman dilakukan di samping rumah kaca Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Bahan baku sampel lumpur kering dan asam humate berasal dari industri karet PT. DKJ.
- Analisa kandungan C/N, N, P, dan K lumpur kering IPAL PT.DKJ dan pupuk organik (lumpur kering dengan asam humate) dilakukan di Laboratorium BPTP Yogyakarta.
- Analisa kandungan logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) yang terkandung dalam lumpur kering IPAL PT.DKJ dan pupuk organik dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – UII. Analisisnya menggunakan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)/*Atomic Absorption Spectrofotometry* (AAS).

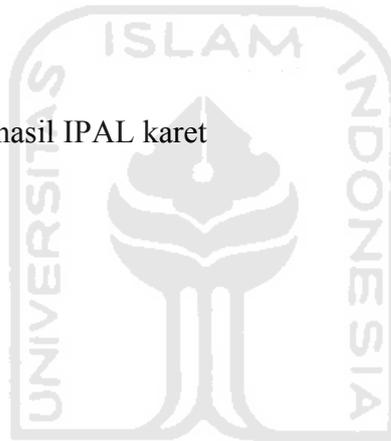
### 3.2 Alat dan Bahan yang digunakan

Alat :

- Polybag 20 × 20 cm
- Ayakan
- Sekop kecil
- Botol aqua bekas 600 ml ( untuk penyiraman )
- Timbangan
- Karung
- Penggaris/meteran
- Ember

Bahan :

- Tanah ladang
- Lumpur kering hasil IPAL karet
- *Asam humate*
- Benih bayam
- Air



### 3.3 Variabel Penelitian

#### 3.3.1 Variasi Komposisi Campuran Asam Humate dengan Lumpur kering

Penelitian dilakukan dengan percobaan / eksperimen, dengan rancangan acak lengkap. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh komposisi antara tanah, lumpur kering, dan asam humate terhadap pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus sp*), maka dilakukan pengujian campuran antara asam humate dan lumpur kering yaitu 1:100, 1:125, 1:150, dan dengan 3 perlakuan sebagai kontrol berupa 100% lumpur kering, 100% tanah ladang, dan campuran asam humate dengan tanah. Penggunaan perbandingan 1:100 berupa kontrol di rujuk dari penelitian sebelumnya, lihat 2.16

### **3.3.2 Perbandingan Pertumbuhan Tanaman Bayam Berdasarkan Variasi Campuran Lumpur Kering dengan Asam Humate**

Untuk mengetahui proses pertumbuhan tanaman bayam, maka dilakukan pengamatan selama pertumbuhan bayam berdasarkan indikator :

1. Tinggi tanaman bayam (*Amaranthus sp*)
2. Lebar daun tanaman bayam (*Amaranthus sp*)
3. Jumlah daun bayam (*Amaranthus sp*)



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Umum

Dalam penelitian ini untuk mengetahui kemampuan limbah lumpur kering hasil dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Karet khususnya hasil dari unit sedimentasi yang telah dikeringkan di *Sludge Drying Bed* (SDB) sebagai pupuk organik dengan perbandingan variasi berat penambahan asam humate. Pencampuran tersebut dilakukan proses pematangan (maturasi) terlebih dahulu dengan parameter pH dan suhu.

Penelitian selanjutnya untuk mengetahui kelayakan sebagai pupuk organik, yang pokok harus diteliti ialah unsur, nitrogen (N), fosfor ( $P_2O_5$ ), Kalium ( $K_2O$ ) dan ratio C/N organik, karena unsur-unsur tersebut merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar (0,1% - 5%). N, P dan K sering disebut juga unsur hara primer, karena merupakan unsur yang paling sering menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman (Munawar, 2011). Untuk mengetahui dan mendukung hasil uji unsur-unsur di atas, pupuk organik akan dicobakan pada tanaman bayam cabut berwarna hijau (*Amaranthus sp*) dengan pengamatan tinggi tanaman, lebar dan jumlah daun.

Pada penelitian ini menggunakan 6 variasi media tanam termasuk salah satunya kontrol yang akan dicobakan pada tanaman bayam, dapat dilihat pada **Tabel 4.1**, sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Variasi media tanam dan komposisi

Variasi	Komposisi
1:100	(AH 3,564 gr : LK 3,564 ons) + T 1,44 kg
1:125	(AH 2,856 gr : LK 3,571 ons) + T 1,44 kg
1:150	(AH 2,384 gr : LK 3,576 ons) + T 1,44 kg
KK	(KK 100%)
KT	(KT 100%)
AH:T	(AH : T)

Sumber : Data primer, 2011

Keterangan :

LK : Lumpur Kering

AH : Asam Humate

KT : Kontrol Tanah

KK : Kontrol Karet

T : Tanah

#### **4.2 Analisa Pembuatan Pupuk Organik dengan Proses Maturasi**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan percobaan pembuatan pupuk organik dengan proses maturasi, setiap harinya dilakukan pengukuran parameter penunjang seperti pH dan suhu yang ada pada masing-masing reaktor untuk mengetahui tingkat kematangan lumpur selama satu minggu. Adapun hasil pengukuran pH dan suhu, dapat dilihat pada **Tabel 4.2**, sebagai berikut :

**Tabel 4.2** Nilai pH dan suhu hari ke 1-7 dalam proses maturasi

Hari	Variasi 1:100		Variasi 1:125		Variasi 1:150	
	pH	suhu (°C)	pH	suhu (°C)	pH	suhu(°C)
Senin	7	25	7	25	7	25
Selasa	7	25	7	25	7	25
Rabu	7	25	7	25	7	25
Kamis	7	25	7	25	7	25
Jum'at	7	25	7	25	7	25
Sabtu	7	25	7	25	7	25
Minggu	7	25	7	25	7	25

Sumber : Data primer, 2011

#### 4.2.1 Analisa pH

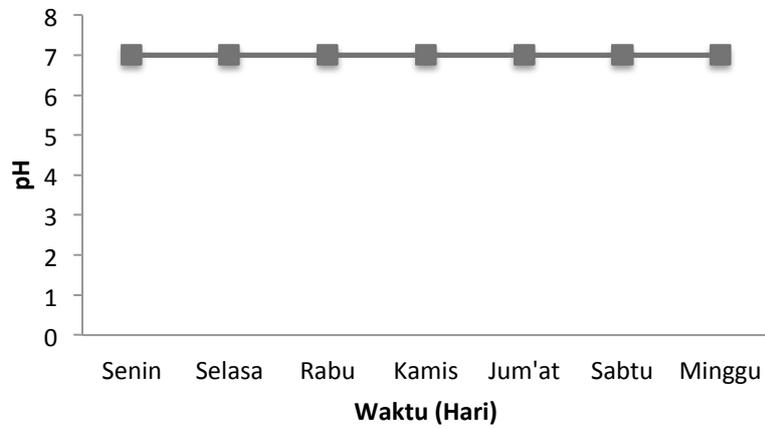
Analisa pH dilakukan untuk mengetahui nilai pH yang optimum dalam proses pematangan lumpur (maturasi). Pengukuran pH dilakukan setiap hari pukul 10.00 selama 1 minggu. Hasil pengukuran pH dapat dilihat pada **Tabel 4.3** :

**Tabel 4.3** Hasil pengukuran pH ( hari ke 1-7 )

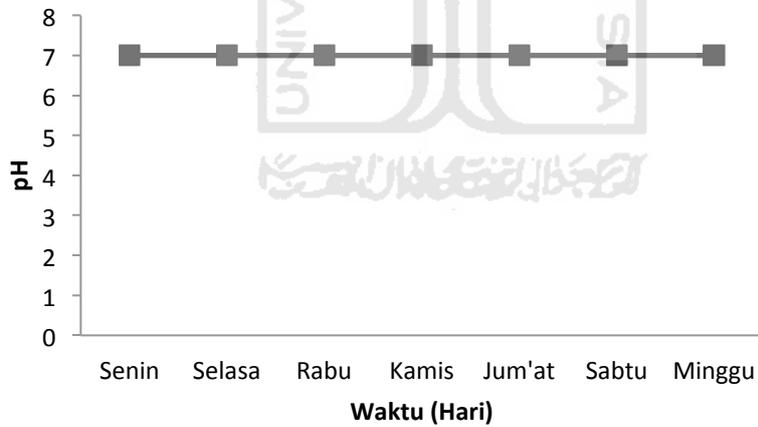
Hari	Variasi 1:100	Variasi 1:125	Variasi 1:150
	pH	pH	pH
Senin	7	7	7
Selasa	7	7	7
Rabu	7	7	7
Kamis	7	7	7
Jum'at	7	7	7
Sabtu	7	7	7
Minggu	7	7	7

Sumber : Data primer, 2011

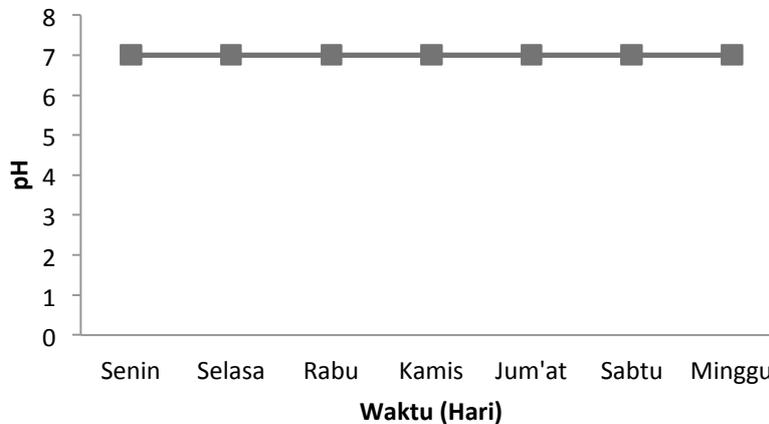
Hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 4.3** dapat dilihat pada **Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3** berikut :



**Gambar 4.1** Nilai pH hari ke 1-7 ( Sumber : Data primer, 2011)



**Gambar 4.2** Nilai pH hari ke 1-7 (Sumber : Data primer, 2011)



**Gambar 4.3** Nilai pH hari ke 1-7 (Sumber : Data primer, 2011)

Berdasarkan Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3 hasil pengukuran pH yang dilakukan pada masing-masing variasi/reaktor (Tabel 4.3) dari hari ke 1-7 konstan dengan pH 7, hal ini menunjukkan tidak adanya kenaikan ataupun penurunan pH selama proses maturasi. Rendahnya kadar air/kelembaban yang ada pada lumpur kurang dari 15% menyebabkan tidak adanya perkembangbiakan mikroba dan fermentasi (Gapkindo, 2009). Lumpur yang digunakan sudah menunjukkan kematangan dan bersifat stabil. Jika terjadi kenaikan pH dalam waktu seminggu maka perlu dilakukan penambahan waktu sampai pH pada netral (pH 7).

Pada proses pengomposan perubahan yang terjadi pada pH disebabkan oleh proses pengomposan sendiri sehingga menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH. Sebagai contoh, proses pelepasan asam, secara temporer atau lokal, akan menyebabkan penurunan pH (pengasaman), sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan. pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral (Isroi, 2008). Di dalam pertumbuhan tanaman, faktor pH juga sangat menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap oleh tanaman. Pada umumnya unsur hara

mudah diserap akar tanaman pada pH netral, karena pada pH netral, unsur hara mudah larut dalam air. Selain itu pH optimum untuk ketersediaan unsur hara tanah adalah sekitar 7, karena pada pH ini semua unsur makro tersedia secara maksimum sedangkan unsur hara mikro tidak maksimum kecuali Mo, sehingga kemungkinan terjadinya toksisitas unsur mikro tertekan (Hanafiah, 2005).

Menurut Rosmarkam dan Yuwono (2002) nilai pH berkisar dari 0-14 dengan pH 7 disebut netral, sedangkan pH kurang dari 7 disebut masam dan pH lebih dari 7 disebut alkalis. Pengelompokan kemasaman tanah berbeda dengan pengelompokan terhadap sifat kimia tanah lain, karena untuk kemasaman tanah (pH) dikelompokkan dalam tujuh kategori. Dapat dilihat pada **Tabel 4.4** berikut:

**Tabel 4.4** Nilai pH dalam tanah

Nilai	pH
Amat sangat masam	4 - 4,5
Amat masam	5 - 5,5
Asam sedang	5,5 - 6
Sedikit asam	6,0 - 7,0
Netral	7,0
Alkalis sedang	7,0 - 8,5
Alkalis kuat	8,5 - 9,0

Sumber : Rosmarkam dan Yuwono, 2002

Berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh selama proses maturasi diketahui pH lumpur dari ke 3 variasi tersebut adalah 7, hal ini menunjukkan bahwa lumpur bersifat netral. Nilai pH pada lumpur dibandingkan dengan syarat mutu pupuk organik, maka hasilnya sudah memenuhi standar yaitu 4-8 berdasarkan PERMENTAN (2009). Hal ini menunjukkan bahwa lumpur kering pada pabrik PT. DKJ layak untuk dijadikan sebagai pupuk organik.

#### 4.2.2 Analisa Suhu

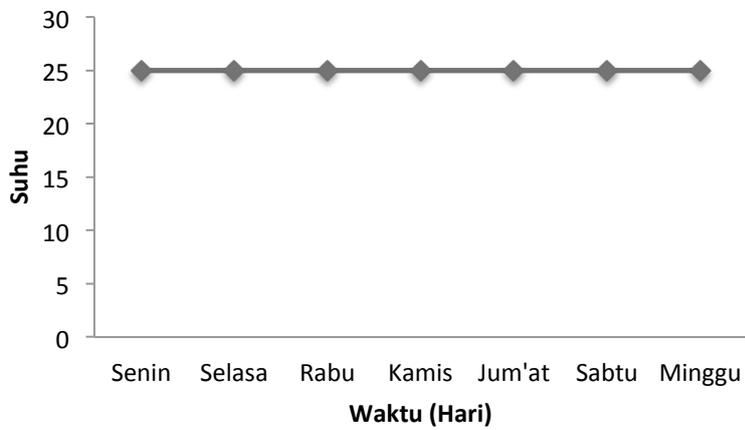
Analisa suhu dilakukan untuk mengetahui nilai suhu yang optimum dalam proses pematangan lumpur (maturasi). Pengukuran suhu yang dilakukan sama dengan pH. Hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada **Tabel 4.5**, sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Hasil pengukuran nilai suhu hari ke 1-7

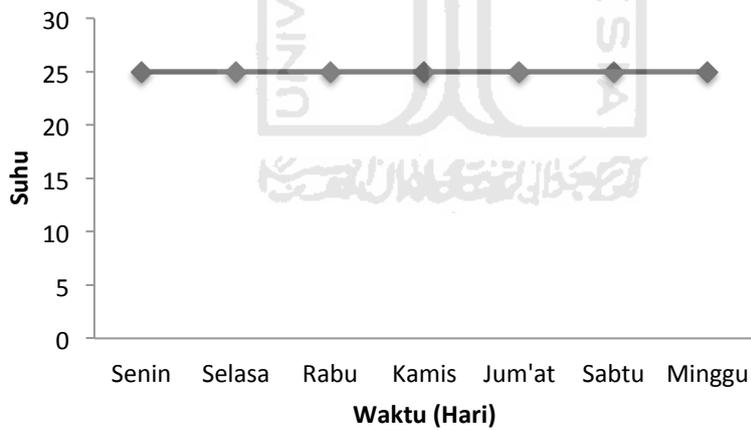
Hari	Variasi 1:100	Variasi 1:125	Variasi 1:150
	suhu	suhu	suhu
Senin	25	25	25
Selasa	25	25	25
Rabu	25	25	25
Kamis	25	25	25
Jum'at	25	25	25
Sabtu	25	25	25
Minggu	25	25	25

Sumber : Data primer 2011

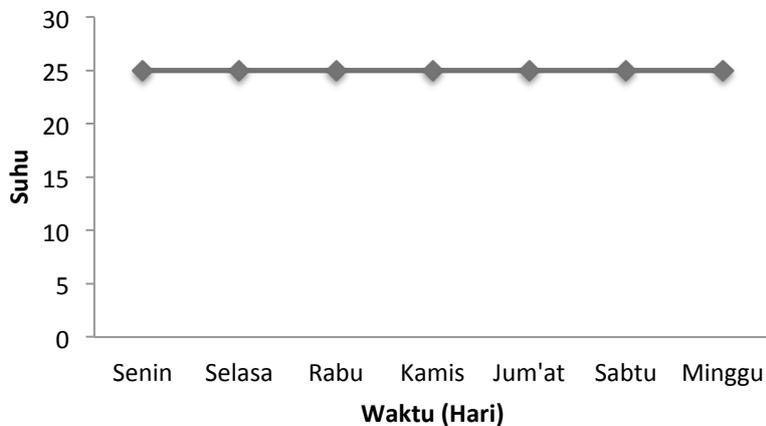
Hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 4.5** dapat dilihat pada **Gambar 4.4, 4.5, dan 4.6** berikut :



**Gambar 4.4** Nilai suhu hari ke 1-7 (Sumber : Data primer, 2011)



**Gambar 4.5** Nilai suhu hari ke 1-7 (Sumber : Data primer, 2011)



**Gambar 4.6** Nilai suhu hari ke 1-7 (Sumber : Data primer, 2011)

Berdasarkan Gambar 4.4, 4.5, dan 4.6 menunjukkan hasil pengamatan suhu selama 7 hari selama proses maturasi pada lumpur tidak mengalami peningkatan, dimana nilai suhu berada pada 25°C, sesuai suhu normal daerah penelitian. Suhu pada lumpur bersifat normal/stabil. Tidak adanya peningkatan yang terjadi pada suhu lumpur disebabkan karena kurangnya kadar air yang ada pada lumpur sehingga menyebabkan suhu berada pada nilai yang sama sampai hari ke 7. Keadaan ini mikroba tidak beraktifitas dan tidak terjadinya fermentasi. Dalam proses pengomposan lumpur kelembaban/kadar air memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplay oksigen. Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut di dalam air. Kelembaban 40 - 60 % adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba. Apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap (Isroi, 2008). Menurut Suyasa Budiarsa, IW (2010) perubahan suhu juga

dapat disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme dalam merombak sampel menghasilkan energi berupa panas. Ada hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Temperatur yang berkisar antara 30 - 60°C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu yang lebih tinggi dari 60°C akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba termofilik saja yang akan tetap bertahan hidup. Suhu yang tinggi juga akan membunuh mikroba-mikroba patogen tanaman dan benih-benih gulma (Isroi, 2008).

Selain itu tinggi atau rendahnya suhu dalam tanah dapat mempengaruhi pertumbuhan pada tanaman, jika suhu terlalu tinggi maka proses metabolisme pada akar sangat lambat, begitu juga jika suhunya rendah.

Jika proses maturasi ini menghasilkan nilai yang fluktuatif, maka proses pengomposan dijadikan sebagai alternatif kedua. Tetapi proses pengomposan membutuhkan waktu relatif lama karena pembusukan yang terjadi menyesuaikan dengan karakteristik lumpur, jenis dan komposisi bahan baku.

### **4.3 Hasil Pengukuran Nitrogen (N), Fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Kalium (K<sub>2</sub>O), dan Ratio C/N**

#### **4.3.1 Pupuk Organik**

Analisa pupuk organik dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur hara dan kadar bahan organik (lumpur yang sudah dicampur dengan asam humate). Unsur hara dapat ditingkatkan dengan pemberian asam humate pada lumpur kering. Analisanya dilakukan di Laboratorium BPTP-Yogyakarta. Dilakukan pengujian terhadap kandungan nitrogen (N), fosfor (P), Kalium (K), dan C/N. Terdapat 3 variasi dalam analisa pupuk organik ini yakni (1:100, 1:125, dan 1:150). Adapun analisa pupuk organik dari 3 variasi tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.6** sebagai berikut :

**Tabel 4.6** Data analisis pupuk organik pada variasi 1:100, 1:125, dan 1:150

<b>Data Anilisis Pupuk Organik dalam Variasi 1:100</b>		
<b>Parameter</b>	<b>Unit Satuan</b>	<b>Hasil Uji</b>
C/N		5
N-total (Nitrogen)	%	1,88
Posfor (P)	%	1,22
Kalium (K)	%	0,29
<b>Data Anilisis Pupuk Organik dalam Variasi 1:125</b>		
<b>Parameter</b>	<b>Unit Satuan</b>	<b>Hasil Uji</b>
C/N		5
N-total (Nitrogen)	%	1,95
Posfor (P)	%	1,23
Kalium (K)	%	0,25
<b>Data Anilisis Pupuk Organik dalam Variasi 1:150</b>		
<b>Parameter</b>	<b>Unit Satuan</b>	<b>Hasil Uji</b>
C/N		5
N-total (Nitrogen)	%	1,95
Posfor (P)	%	1,24
Kalium (K)	%	0,23

Sumber : Data primer, 2011

#### **4.3.2 Lumpur Kering**

Analisa lumpur kering dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur hara yang berasal dari *Sludge Drying Bed* IPAL Industri Karet PT.DKJ. Analisa kandungan unsur hara yang ada pada lumpur kering sama dengan pupuk organik. Hasil analisa lumpur kering dapat dilihat pada **Tabel 4.7**, sebagai berikut :

**Tabel 4.7** Data analisis limbah lumpur karet

Parameter	Unit Satuan	Hasil Uji
C/N		5
Nitrogen (N-total)	%	1,82
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	1,22
Kalium (K <sub>2</sub> O)	%	0,13

Sumber : Data primer, 2011

### 4.3.3 Tanah

Analisa tanah dilakukan untuk mengetahui kemampuan dan status hara dalam tanah. Analisa tanah yang dilakukan sama dengan lumpur kering. Adapun hasil analisa tanah dapat dilihat pada **Tabel 4.8**, sebagai berikut :

**Tabel 4.8** Data analisis tanah ladang

Parameter	Unit Satuan	Hasil Uji
C/N		9
Nitrogen (N-total)	%	0,24
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0,23
Kalium (K <sub>2</sub> O)	%	0,02

Sumber : Data primer, 2011

### 4.3.4 Asam humate : Tanah

Analisa campuran asam humate dengan tanah dilakukan untuk mengetahui kemampuan dan status hara dalam tanah setelah dilakukan pencampuran dengan asam humate. Analisa yang dilakukan sama dengan tanah. Adapun hasil analisa campuran asam humate dengan tanah dapat dilihat pada **Tabel 4.9**, sebagai berikut :

**Tabel 4.9** Data analisis asam humate : tanah ladang

Parameter	Unit Satuan	Hasil Uji
C/N		12
Nitrogen (N-total)	%	0,24
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0,20
Kalium (K <sub>2</sub> O)	%	0,05

Sumber : Data primer, 2011

Berdasarkan hasil pengukuran pupuk organik, lumpur kering, tanah, dan campuran asam humate dengan tanah dapat diketahui kandungan unsur hara dari setiap variasi media tanam. Adapun hasil semua analisa dari setiap variasi dapat dilihat pada **Tabel 4.10**, sebagai berikut :

**Tabel 4.10** Data analisis N,P,K dan C/N pada semua variasi

Variasi	Parameter			
	N-total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	C/N
1:100	1,88	1,22	0,29	5
1:125	1,95	1,23	0,25	5
1:150	1,95	1,24	0,23	5
KK	1,82	1,22	0,13	5
KT	0,24	0,23	0,02	9
AH:T	0,24	0,20	0,05	12

Sumber : Data primer, 2011

#### 4.4 Hasil Pembahasan

##### 4.4.1 Analisa N-total

Dalam penelitian ini dilakukan analisa N-total dari setiap variasi media tanam. Analisa N-total dilakukan untuk mengetahui ketersediaan nitrogen (N) pada pupuk organik (1:100, 1:125, dan 1:150), lumpur kering (KK), tanah (KT), dan campuran asam humate dengan tanah (AH:T). Nitrogen (N) merupakan hara makro yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Nitrogen (N) merupakan bagian dari semua sel

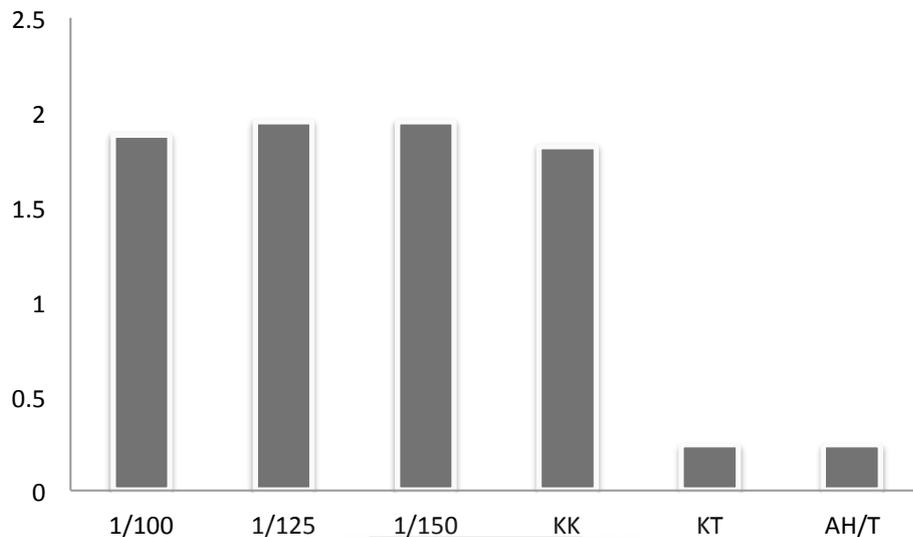
hidup. Di dalam tanaman, N berfungsi sebagai komponen utama protein, hormon, klorofil, vitamin, dan enzim-enzim esensial untuk kehidupan tanaman. Oleh karena itu, nitrogen (N) diperlukan dalam jumlah yang besar untuk seluruh pertumbuhan di dalam tanaman (Munawar, 2011). Pengambilan sampel dilakukan pada waktu proses maturasi. Adapun hasil analisa N-total dari setiap variasi dapat dilihat pada **Tabel 4.11**, sebagai berikut :

**Tabel 4.11** Data analisis N-total pada semua variasi

No	Variasi	Parameter
		N-total
1	1:100	1,88
2	1:125	1,95
3	1:150	1,95
4	KK	1,82
5	KT	0,24
6	AH:T	0,24

Sumber : Rosmarkam dan Yuwono, 2002

Hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 4.11** dapat dilihat pada **Gambar 4.7** berikut :



**Gambar 4.7** Nilai N-total pada semua variasi (Sumber : Data primer 2011)

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa kandungan N-total pada variasi pupuk organik (1:100) memiliki kecenderungan lebih tinggi dari 3 variasi kontrol yaitu KK, KT, dan AH:T yang nantinya akan digunakan sebagai pembanding dalam media tanam. Pada variasi pupuk organik (1:100) didapatkan nilai kandungan N-total sebesar 1,88%. Selain itu pada variasi kontrol didapatkan nilai kandungan N-total yang bervariasi. Kontrol karet (KK) memiliki nilai kandungan N-total yang mendekati variasi pupuk organik (1:100) yaitu dengan nilai 1,82%. Sedangkan pada kontrol tanah (KT) dan kontrol campuran asam humate dengan tanah (AH:T) didapatkan nilai kandungan N-total yang sama yaitu 0,24%.

Pada variasi pupuk organik (1:125) didapatkan nilai kandungan N-total sebesar 1,95%. Adapun nilai kandungan N-total pada variasi kontrol jika dibandingkan dengan variasi pupuk organik (1:125) maka hasilnya lebih rendah.

Pada variasi pupuk organik (1:150) didapatkan nilai kandungan N-total yang sama dengan variasi (1:125) yaitu sebesar 1,95%. Dengan demikian nilai kandungan N-total pada variasi pupuk organik (1:150) lebih

tinggi dibandingkan dengan ketiga variasi kontrol seperti yang sudah dijelaskan diatas.

Dari hasil penjelasan nilai kandungan N-total pada masing-masing variasi pupuk organik (1:100, 1:125, dan 1:150) menunjukkan bahwa ketiga variasi pupuk organik tersebut memiliki nilai N-total yang sangat tinggi. Hal tersebut dilihat dari pusat penelitian tanah (1983) dalam Rosmarkam dan Yuwono (2002). Kisaran nilai kandungan N-total dalam tanah dapat dikelompokkan dalam lima kategori. Dapat dilihat pada **Tabel 4.12** berikut :

**Tabel 4.12** Kriteria dan persentase nilai N-total dalam tanah

Nilai	N-total (%)
Sangat rendah	< 0,10
Rendah	0,10 - 0,20
Sedang	0,21 - 0,50
Tinggi	0,51 - 0,75
Sangat Tinggi	> 0,75

Sumber : Rosmarkam dan Yuwono, 2002

Jika nilai kandungan N-total dari ketiga variasi pupuk organik tersebut (1:100,1:125, dan 1:150) dibandingkan dengan standar mutu pupuk organik maka hasilnya sudah memenuhi standar baku mutu, batas yang diperbolehkan yaitu < 6 % berdasarkan PERMENTAN (2009). Ketiga variasi tersebut layak untuk dijadikan sebagai pupuk organik. Tingginya nilai kandungan N-total pada penelitian tersebut disebabkan karena adanya penambahan asam humate pada masing-masing variasi pupuk organik (1:100, 1:125, dan 1:150). Seperti yang terlihat pada (Tabel 2.7) bahwa komposisi bahan yang terkandung di dalam asam humate pada dasarnya mengandung nilai N (N-NH<sub>4</sub>) sebesar 0,03%. Menurut (Stevenson, 1994 dalam Mirnawati 2008) asam humate dapat menyediakan unsur hara seperti N,P dan S ke dalam tanah serta energi bagi aktifitas mikroorganisme. Hal itu terlihat pada kontrol karet (KK) yang memiliki nilai kandungan N-total lebih rendah dibandingkan dengan 3 variasi pupuk organik yang sudah

dilakukan penambahan asam humate. Karena kontrol karet (KK) tanpa proses penambahan asam humate yang dilakukan pada variasi lainnya.

#### 4.4.2 Analisa C/N

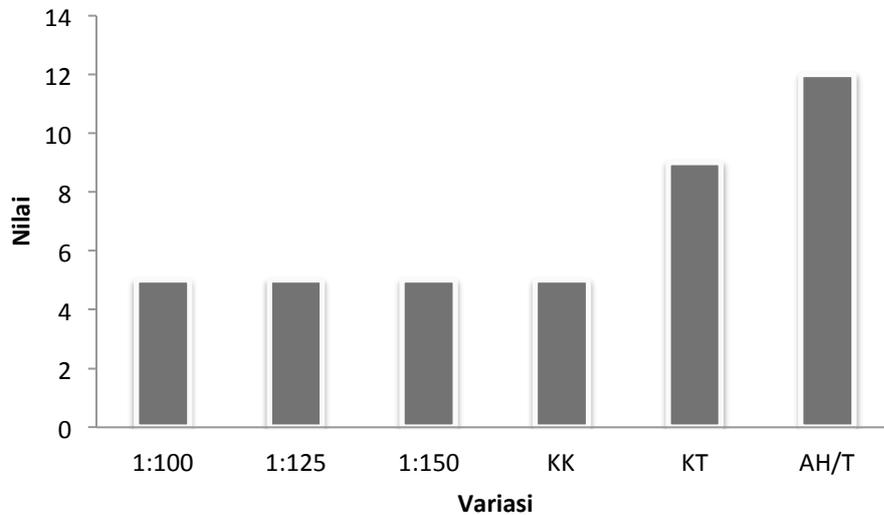
Dalam penelitian ini dilakukan analisa C/N dari setiap variasi media tanam. Analisa C/N dilakukan untuk mengetahui perbandingan karbohidrat dan senyawa nitrogen pada pupuk organik (1:100, 1:125, dan 1:150), lumpur kering (KK), tanah (KT), campuran asam humate dengan tanah (AH:T), dengan membandingkan keberadaan karbon dan nitrogen. Pengambilan sampel dilakukan pada waktu proses maturasi. Adapun hasil analisa C/N dari setiap variasi dapat dilihat pada **Tabel 4.13**, sebagai berikut :

**Tabel 4.13** Data analisis C/N pada semua variasi

No	Variasi	Parameter
		C/N
1	1:100	5
2	1:125	5
3	1:150	5
4	KK	5
5	KT	9
6	AH:T	12

Sumber : Rosmarkam dan Yuwono, 2002

Hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 4.13** dapat dilihat pada **Gambar 4.8** berikut :



**Gambar 4.8** Nilai C/N pada semua variasi (Sumber : Data primer, 2011)

Berdasarkan Gambar 4.8 menunjukkan bahwa kandungan C/N pada variasi pupuk organik (1:100) kecenderungan lebih rendah dari 2 variasi kontrol yaitu tanah (KT), dan campuran asam humate dengan tanah (AH:T) yang nantinya akan digunakan sebagai pembanding dalam media tanam. Pada variasi pupuk organik (1:100) dan kontrol lumpur kering (KK) didapatkan nilai kandungan C/N yang sama dengan nilai 5. Selanjutnya pada kontrol tanah (KT) didapatkan nilai kandungan C/N yang sedikit lebih tinggi dari variasi pupuk organik (1:100) dan kontrol lumpur kering (KK) dengan nilai 9. Sedangkan pada kontrol campuran asam humate dengan tanah (AH:T) didapatkan nilai kandungan C/N tertinggi dari variasi pupuk organik (1:100) dan 2 kontrol yang ada yaitu dengan nilai 12.

Pada variasi pupuk organik (1:125) memiliki nilai kandungan C/N yang sama dengan variasi (1:100) yaitu dengan nilai 5. Dengan demikian nilai kandungan C/N pada variasi pupuk organik (1:125) lebih rendah jika dibandingkan dengan 2 variasi kontrol yakni tanah (KT) dan campuran asam humate dengan tanah (AH:T).

Pada variasi pupuk organik (1:150) didapatkan nilai kandungan C/N yang konstan dengan 2 variasi sebelumnya (1:100 dan 1:125) yaitu pada

nilai 5. Adapun nilai kandungan C/N pada variasi kontrol jika dibandingkan dengan variasi pupuk organik (1:150) maka hasil dari variasi kontrol terlihat lebih tinggi.

Dari hasil ketiga variasi pupuk organik dalam penelitian menunjukkan bahwa ketiga variasi pupuk organik tersebut memiliki nilai kandungan C/N yang rendah. Hal tersebut dilihat dari LPT (1983) dalam Rosmarkam dan Yuwono (2002), kisaran nilai kandungan C/N dalam tanah dapat dikelompokkan dalam lima kategori. Dapat dilihat pada **Tabel 4.14** berikut :

**Tabel 4.14** Kriteria dan persentase nilai C/N dalam tanah

Nilai	C/N
Sangat rendah	< 5
Rendah	5 - 10
Sedang	11 - 15
Tinggi	16 - 25
Sangat Tinggi	> 25

Sumber : Rosmarkam dan Yuwono, 2002

Jika nilai kandungan C/N dari ketiga variasi pupuk organik tersebut (1:100,1:125, dan 1:150) dibandingkan dengan standar mutu pupuk organik maka hasilnya terbilang rendah yaitu 15-25 berdasarkan PERMENTAN 2009. Rendahnya nilai C/N pada variasi tersebut disebabkan kurangnya ketersediaan karbon yang terdapat pada bahan baku dan tingginya nilai nitrogen dan mudah terdekomposisi, sehingga cepat memasok nitrogen bagi tanaman (Munawar, 2011). Pada dasarnya bahan organik tidak dapat digunakan secara langsung oleh tanaman karena perbandingan kandungan C/N dalam bahan tersebut tidak sesuai dengan C/N tanah. Rasio C/N merupakan perbandingan antara karbohidrat (C) dan nitrogen (N). Rasio C/N tanah berkisar antara 10-12. Apabila bahan organik mempunyai rasio C/N mendekati atau sama dengan rasio C/N tanah, maka bahan tersebut dapat digunakan tanaman. Menurut (Kastono, 2005) semakin rendah nilai C/N menunjukkan bahwa bahan organik itu akan semakin cepat

terdekomposisi dan tersedia bagi tanaman (Anonim<sup>2</sup>, 2011). Menurut Murbandono (2002) dalam Komarayati (2007) rasio C/N yang paling baik untuk tanah adalah 10-20. Selain itu nilai C/N yang tinggi juga menunjukkan bahwa ketersediaan karbon berlebih sedangkan jumlah nitrogen sangat terbatas. Apabila produk kompos dengan rasio C/N yang tinggi diaplikasikan ke dalam tanah maka mikroorganisme akan tumbuh dengan memanfaatkan N tersedia didalam tanah untuk membentuk protein dalam tubuh mikroorganisme tersebut, terjadilah immobilisasi N. Immobilisasi N adalah perubahan N anorganik menjadi N organik oleh mikroorganisme tanah untuk menyusun jaringan-jaringan dalam tubuhnya (Hakim dkk, 1986 dalam Marvelia, 2006).

Adapun nilai kandungan C/N tertinggi didapatkan pada variasi kontrol yakni campuran asam humate dengan tanah (AH:T) yaitu dengan nilai 12, hal ini diduga karena adanya penambahan asam humate sehingga meningkatkan unsur hara yang ada di dalam tanah dimana asam humate terdiri dari senyawa organik hasil proses penguraian dan modifikasi sisa organisme yang berasal dari tanaman dan hewan dalam tanah (Stevenson, 1982 dalam Rahmawati 2003). Hal tersebut dilihat dari adanya kenaikan nilai C-organik yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol tanah (KT) yang tidak dicampur dengan asam humate. Hal yang sama juga terlihat pada variasi pupuk organik (1:100, 1:125, dan 1:150) yang mengalami kenaikan pada nilai C-organik dibandingkan dengan kontrol karet (KK) tanpa pencampuran asam humate. Karena pada dasarnya asam humate kaya akan karbon, yaitu berkisar dari 41 sampai 57% (Wardani, 2002).

Melihat hasil uji yang telah dilakukan pada variasi pupuk organik (1:100, 1:125, dan 1:150), maka nilai kandungan C/N yang didapatkan tidak memenuhi standar mutu pupuk organik kecuali pada variasi kontrol campuran asam humate dengan tanah (AH:T). Walaupun demikian dari masing-masing variasi pupuk organik tetap bisa digunakan pada tanah dan tidak membahayakan bagi tanaman.

#### 4.4.3 Analisa Fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

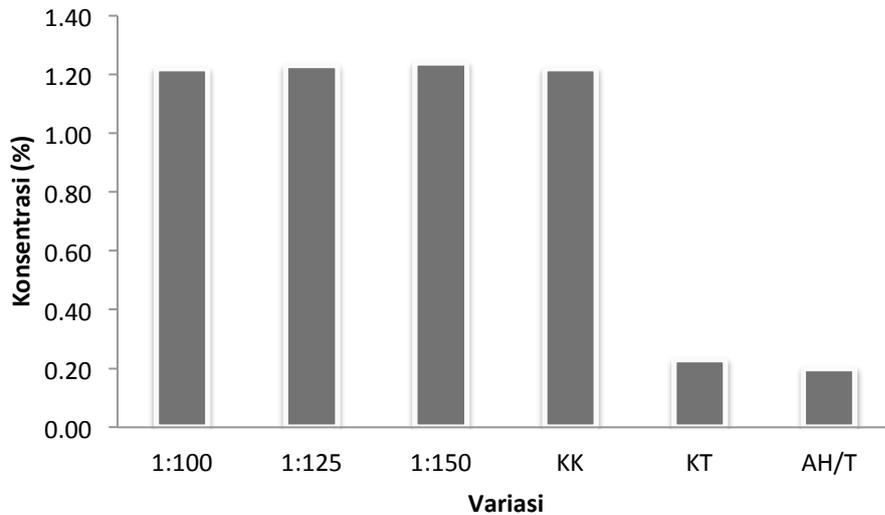
Dalam penelitian ini dilakukan analisa Fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dari setiap variasi media tanam. Analisa dilakukan untuk mengetahui ketersediaan Fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) pada pupuk organik (1:100, 1:125, dan 1:150), lumpur kering (KK), tanah (KT), dan campuran asam humate dengan tanah (AH:T). Fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) merupakan hara esensial penyusun beberapa senyawa kunci dan sebagai katalis reaksi-reaksi biokimia penting di dalam tanaman. Ia berperan di dalam menangkap dan mengubah energi matahari menjadi senyawa-senyawa yang sangat berguna bagi tanaman (Munawar, 2011). Selain itu Fosfor juga mempunyai fungsi dan peran yang sangat vital dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Fungsi yang paling esensial adalah keterlibatannya dalam penyimpanan dan transfer energi di dalam tanaman (Halvin et al. 2005 dalam Munawar 2011). Pengambilan sampel dilakukan pada waktu proses maturasi. Adapun hasil analisa Fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dari setiap variasi dapat dilihat pada **Tabel 4.15**, sebagai berikut :

**Tabel 4.15** Data analisis Fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

No	Variasi	Parameter
		P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (%)
1	1:100	1,22
2	1:125	1,23
3	1:150	1,24
4	KK	1,22
5	KT	0,23
6	AH:T	0,20

Sumber : Rosmarkam dan Yuwono, 2002

Hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 4.15** dapat dilihat pada **Gambar 4.9** berikut :



**Gambar 4.9** Nilai P ( $P_2O_5$ ) pada semua variasi (Sumber : Data primer, 2011)

Berdasarkan gambar 4.9 menunjukkan bahwa kandungan Fosfor ( $P_2O_5$ ) pada variasi pupuk organik (1:100) kecenderungan lebih tinggi dari 2 variasi kontrol yaitu tanah (KT), dan campuran asam humate dengan tanah (AH:T) yang nantinya akan digunakan sebagai pembanding dalam media tanam. Pada variasi pupuk organik (1:100) dan kontrol lumpur kering (KK) memiliki nilai kandungan Fosfor ( $P_2O_5$ ) yang sama yaitu dengan nilai 1,22%. Pada kontrol tanah (KT) didapatkan nilai kandungan Fosfor ( $P_2O_5$ ) dengan nilai 0,23%. Sedangkan pada kontrol campuran asam humate dengan tanah (AH:T) didapatkan nilai kandungan Fosfor ( $P_2O_5$ ) yang paling rendah dengan nilai 0,20%.

Pada variasi pupuk organik (1:125) didapatkan nilai kandungan Fosfor ( $P_2O_5$ ) sebesar 1,23%. Jika dibandingkan dengan ketiga variasi kontrol maka hasilnya lebih tinggi.

Pada variasi pupuk organik (1:150) didapatkan nilai kandungan Fosfor ( $P_2O_5$ ) sebesar 1,24%. Dengan demikian nilai kandungan Fosfor ( $P_2O_5$ ) pada variasi pupuk organik (1:150) lebih tinggi dari 3 variasi kontrol yang sudah dijelaskan.

Dari hasil ketiga variasi pupuk organik (1:100,1:125, dan 1:150) dalam penelitian menunjukkan bahwa ketiga variasi tersebut memiliki nilai P ( $P_2O_5$ ) yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan 2 variasi kontrol yang ada yaitu kontrol tanah (KT) dan kontrol campuran tanah dengan asam humate (AH:T). Hal tersebut dilihat dari Reynold (1983) dalam A'in (2009). Kisaran nilai kandungan P ( $P_2O_5$ ) dalam tanah dapat dikelompokkan dalam lima kategori. Dapat dilihat pada **Tabel 4.16** berikut :

**Tabel 4.16** Kriteria dan persentase nilai P ( $P_2O_5$ ) dalam tanah

Nilai	P ( $P_2O_5$ ) (%)
Sangat rendah	< 0,05
Rendah	0,05 - 0,15
Sedang	0,15 - 0,3
Tinggi	0,3 - 0,5
Sangat Tinggi	> 0,5

Sumber : Rosmarkam dan Yuwono, 2002

Jika nilai kandungan P ( $P_2O_5$ ) dari ketiga variasi pupuk organik tersebut (1:100, 1:125, dan 1:150) dibandingkan dengan standar mutu pupuk organik maka hasilnya sudah memenuhi standar baku mutu, batas yang diperbolehkan yaitu kurang dari 6% berdasarkan PERMENTAN (2009). Hal ini menunjukkan ketiga variasi tersebut layak untuk dijadikan sebagai pupuk organik. Tingginya nilai kandungan P ( $P_2O_5$ ) pada penelitian tersebut disebabkan karena adanya penambahan asam humate pada lumpur kering yang dijadikan sebagai variasi pupuk organik (tabel 2.7). Komposisi bahan yang terkandung di dalam asam humate pada dasarnya mengandung nilai P ( $P_2O_5$ ) sebesar 0,14%. Selain itu seperti yang sudah dijelaskan pada pembahasan hasil nilai kandungan N-total bahwa asam humate dapat menyediakan unsur hara seperti N, P, dan S ke dalam tanah serta energi bagi aktifitas mikroorganisme (Stevenson, 1994 dalam Mirnawati 2008).

Dari ketiga variasi yang telah diteliti tidak ada perubahan yang signifikan. Selisih hasil P ( $P_2O_5$ ) ketiga variasi didapatkan tidak ada

perubahan yang jauh. Oleh karena itu, hasil penelitian tentang P ( $P_2O_5$ ) jika dibandingkan dengan baku mutu dari PERMENTAN (2009) masih diambang batas aman.

Pada kontrol karet (KK) yang memiliki nilai kandungan P ( $P_2O_5$ ) yang sama dengan variasi pupuk organik (1:100) disebabkan karena pada lumpur berlebih Industri karet terdapat banyak kandungan materi organik dan sangat kaya akan Nitrogen (N) dan Fosfor (P), sehingga dengan dasar kandungan P tersebut sangat baik dijadikan sebagai bahan baku pupuk (Gapkindo, 2009).

#### 4.4.4 Analisa Kalium ( $K_2O$ )

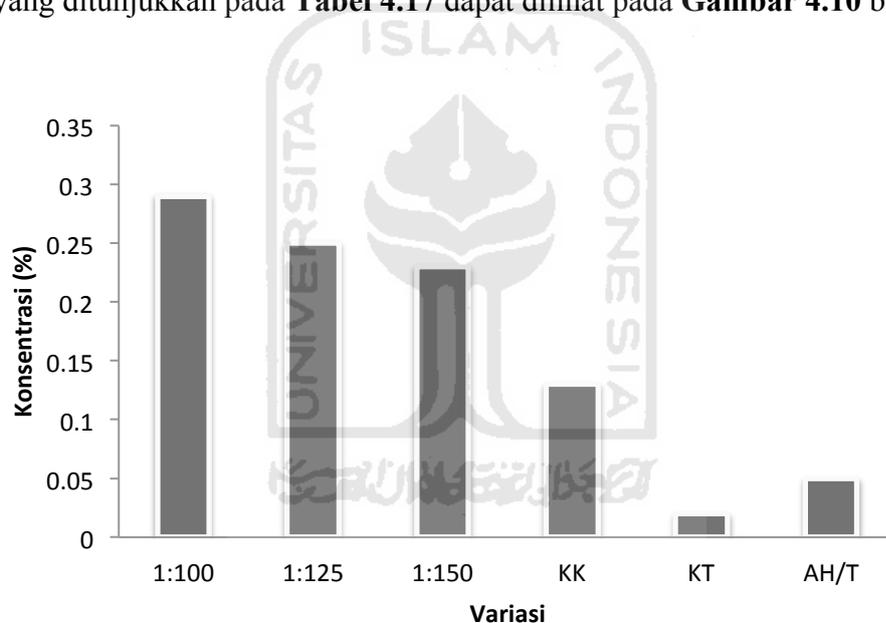
Dalam penelitian ini dilakukan analisa Kalium ( $K_2O$ ) dari setiap variasi media tanam. Analisa dilakukan untuk mengetahui ketersediaan Kalium ( $K_2O$ ) pada pupuk organik (1:100, 1:125, dan 1:150), lumpur kering (KK), tanah (KT), dan campuran asam humate dengan tanah (AH:T). Bersama dengan unsur N dan P, Kalium (K) adalah unsur hara esensial primer bagi tanaman yang diserap oleh tanaman dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan unsur-unsur hara lainnya, kecuali N (Munawar, 2011). Bisa dikatakan unsur K merupakan unsur hara makro kedua setelah N yang paling banyak diserap oleh tanaman. Pengambilan sampel dilakukan pada waktu proses maturasi. Adapun hasil analisa Kalium ( $K_2O$ ) dari setiap variasi dapat dilihat pada **Tabel 4.17**, sebagai berikut :

**Tabel 4.17** Data analisis K ( $K_2O$ ) pada semua variasi

No	Variasi	Parameter
		K ( $K_2O$ )
1	1:100	0,29
2	1:125	0,25
3	1:150	0,23
4	KK	0,13
5	KT	0,02
6	AH/T	0,05

Sumber : Rosmarkam dan Yuwono, 2002

Hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 4.17** dapat dilihat pada **Gambar 4.10** berikut:



**Gambar 4.10** Nilai K ( $K_2O$ ) pada semua variasi (Sumber: Data primer, 2011)

Berdasarkan Gambar 4.10 menunjukkan bahwa kandungan K ( $K_2O$ ) pada variasi pupuk organik (1:100) memiliki kecenderungan lebih tinggi dari 3 variasi kontrol yaitu KK, KT, dan AH:T yang nantinya akan digunakan sebagai pembandingan dalam media tanam seperti yang sudah dijelaskan pada parameter sebelumnya. Pada variasi pupuk organik (1:100) didapatkan nilai kandungan K ( $K_2O$ ) sebesar 0,29%. Selain itu pada variasi kontrol

didapatkan nilai kandungan K ( $K_2O$ ) yang bervariasi. Kontrol karet (KK) memiliki nilai kandungan K ( $K_2O$ ) sebesar 0,13%. Pada kontrol tanah (KT) didapatkan nilai kandungan K ( $K_2O$ ) sebesar 0,02%. Sedangkan kontrol campuran asam humate dengan tanah (AH:T) didapatkan nilai kandungan K ( $K_2O$ ) yaitu dengan nilai 0,05%.

Pada variasi pupuk organik (1:125) didapatkan nilai kandungan K ( $K_2O$ ) sebesar 0,25%. Nilai kandungan K ( $K_2O$ ) pada variasi pupuk organik (1:125) jika dibandingkan dengan ketiga variasi kontrol maka hasilnya lebih tinggi.

Pada variasi pupuk organik (1:150) didapatkan nilai kandungan K ( $K_2O$ ) yaitu dengan nilai 0,23%. Adapun jika variasi tersebut dibandingkan dengan ketiga variasi kontrol maka hasilnya juga lebih tinggi seperti pada variasi pupuk organik yang sebelumnya.

Dari hasil penjelasan nilai kandungan K ( $K_2O$ ) pada masing-masing variasi pupuk organik (1:100, 1:125, dan 1:150) menunjukkan bahwa ketiga variasi tersebut memiliki nilai K ( $K_2O$ ) yang sangat tinggi dibandingkan dengan 3 variasi kontrol yang ada. Nilai kandungan K ( $K_2O$ ) tertinggi didapatkan pada variasi pupuk organik 1:100 dengan nilai 0,29% sedangkan yang terendah didapatkan pada variasi pupuk organik 1:150 dengan nilai 0,23%. Hal tersebut dilihat dari Suprptocharjo dalam Rosmarkam dan Yuwono (2002). Kisaran nilai kandungan K ( $K_2O$ ) dalam tanah dapat dikelompokkan dalam lima kategori. Dapat dilihat pada **Tabel 4.18** berikut :

**Tabel 4.18** Kriteria dan persentase nilai K ( $K_2O$ ) dalam tanah

Nilai	K ( $K_2O$ ) (%)
Sangat rendah	< 0,04
Rendah	0,05 - 0,06
Sedang	0,06 - 0,10
Tinggi	0,10 - 0,15
Sangat Tinggi	> 0,15

Sumber : Rosmarkam dan Yuwono, 2002

Jika nilai kandungan K ( $K_2O$ ) dari ketiga variasi pupuk organik tersebut (1:100, 1:125, dan 1:150) dibandingkan dengan standar mutu pupuk organik maka hasilnya sudah memenuhi standar baku mutu, batas yang diperbolehkan yaitu  $< 6$  berdasarkan PERMENTAN (2009). Tingginya nilai kandungan K ( $K_2O$ ) pada penelitian tersebut disebabkan karena adanya penambahan asam humate pada lumpur kering yang dijadikan sebagai variasi pupuk organik. Seperti yang sudah dijelaskan pada (Tabel 2.7) bahwa komposisi bahan yang terkandung di dalam asam humate pada dasarnya mengandung nilai K ( $K_2O$ ) yang tinggi yaitu sebesar 12,49%. Dengan demikian asam humate mampu meningkatkan unsur hara/nutrisi pada lumpur. Hal itu juga terlihat pada kedua kontrol (KK dan KT) yang memiliki nilai kandungan K ( $K_2O$ ) lebih rendah karena tidak adanya penambahan asam humate.

Dari ketiga variasi yang telah diteliti tidak ada perubahan yang signifikan. Selisih hasil K ( $K_2O$ ) ketiga variasi didapatkan tidak ada perubahan yang jauh. Oleh karena itu, hasil penelitian tentang K ( $K_2O$ ) jika dibandingkan dengan baku mutu dari PERMENTAN (2009) masih diambang batas aman.

#### 4.5 Hasil Pengukuran Logam Berat

Analisa kandungan logam berat yang ada pada pupuk organik, lumpur kering, tanah dan campuran asam humate dengan tanah dilakukan di Laboratorium Kualitas Air-FTSP-Yogyakarta. Data penelitian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.19** sebagai berikut :

**Tabel 4.19** Data Penelitian Logam Berat

Variasi	Timbal (Pb)	Kadmium (Cd)
1/100	0,0757	0,1510
1/125	0,0971	0,1410
1/150	0,0295	0,1382
KK	0,0081	0,1463
KT	0,3187	0,1370
AH:T	0,1551	0

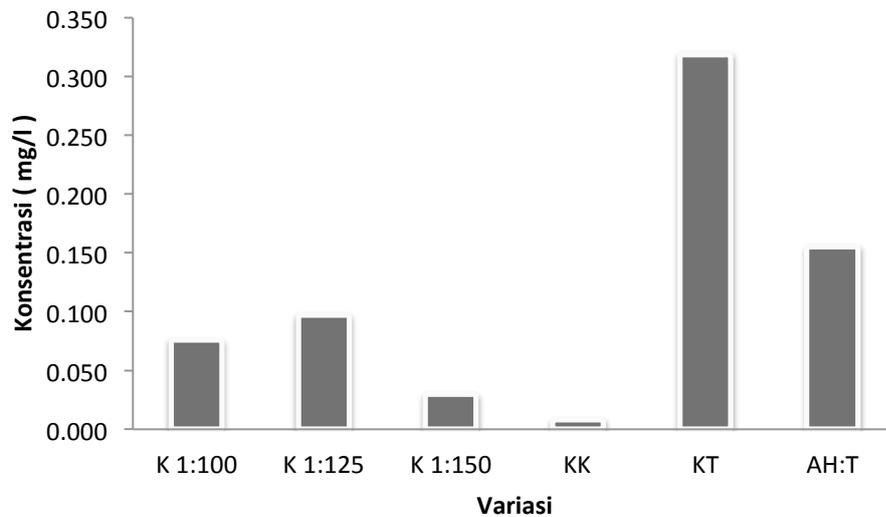
Sumber: Data Primer, 2011

dari tabel 4.19 maka dapat dipisahkan analisis masing-masing parameter sebagai berikut:

#### 4.5.1 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) di dalam tanah mempunyai kecenderungan terikat oleh bahan organik dan sering terkonsentrasi pada bagian atas tanah karena menyatu dengan tumbuhan, dan kemudian terakumulasi sebagai hasil pelapukan di dalam lapisan humus (Herman, 2006). Selain itu juga timbal (Pb) merupakan logam berat yang secara fisiologis tidak diperlukan tanaman maupun hewan, akan tetapi perlu mendapatkan perhatian jika terlalu berlebihan maka akan berpotensi untuk meracuni (Muntalif, 2004). Pengambilan sampel dilakukan pada waktu proses maturasi.

Hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 4.19** dapat dilihat pada **Gambar 4.11** berikut :



**Gambar 4.11** Nilai Pb pada semua variasi (Sumber : Data primer, 2011)

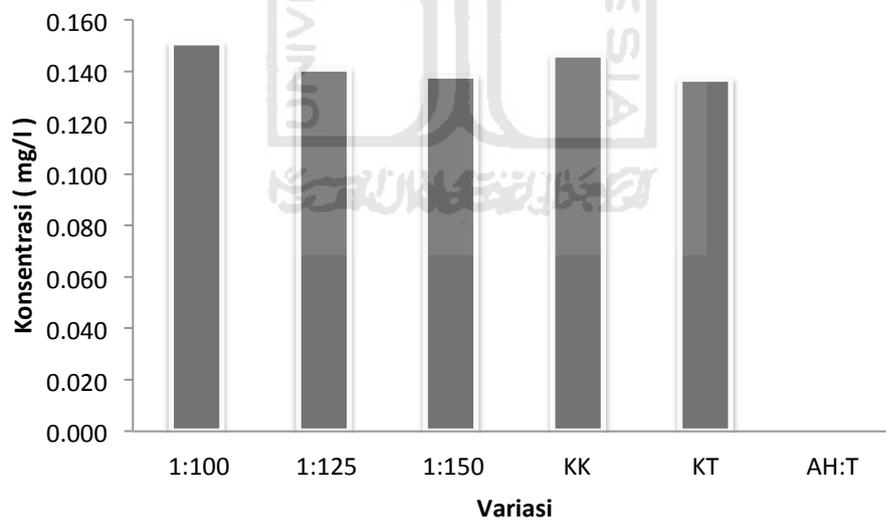
Hasil dari Gambar 4.11 menunjukkan bahwa kandungan logam berat timbal (Pb) pada variasi pupuk organik (1:100) memiliki kecenderungan nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan 2 variasi kontrol yaitu kontrol tanah (KT) dan kontrol campuran asam humate dengan tanah (AH:T), kemudian memiliki nilai yang tinggi apabila dibandingkan dengan variasi kontrol karet (KK).

Pada variasi pupuk organik (1:125) didapatkan nilai kandungan timbal (Pb) sebesar 0,097 mg/l. Nilai tersebut jika dibandingkan dengan kedua kontrol tanah (KT) dan kontrol campuran asam humate dengan tanah (AH:T) maka hasilnya lebih rendah dan lebih tinggi nilainya jika dibandingkan dengan kontrol karet (KK).

Pada variasi pupuk organik (1:150) didapatkan nilai kandungan timbal (Pb) sebesar 0,030 mg/l. Adapun jika nilai kandungan timbal (Pb) pada variasi pupuk organik tersebut dibandingkan dengan kedua variasi kontrol (KT dan AH:T) maka hasilnya lebih rendah dan memiliki nilai yang tinggi jika dibandingkan dengan kontrol karet (KK) seperti pada variasi pupuk organik yang sebelumnya.

#### 4.5.2 Cadmium (Cd)

Pada umumnya kandungan kadmium (Cd) di dalam tanah (tanah yang berasal dari proses pelapukan dari batuan) memiliki nilai 1,0 ppm atau lebih rendah (Alloway, 1995 dalam Lahuddin 2007). Penyerapan Cd oleh tanaman pangan perlu mendapatkan perhatian karena berpotensi untuk meracuni jika dikonsumsi. Faktor yang mengendalikan akumulasi Cd di tanaman adalah konsentrasi dan jenis logam di larutan tanah, pergerakan logam dari tanah ke permukaan akar, transport logam dari permukaan akar ke dalam akar, dan translokasinya dari akar ke tajuk tanaman (Alloway, 1995 dalam Muntalif 2004). Kadmium bersifat lebih *mobil* di dalam tanah dan karena itu lebih mudah diserap tanaman dibandingkan dengan Pb (Alloway, 1995 dalam Muntalif 2004). Pengambilan sampel dilakukan pada waktu proses maturasi. Hasil pada tabel 4.19 tentang Kadmium (Cd) dapat dijelaskan di gambar berikut:



**Gambar 4.12** Nilai Cd pada semua variasi (Sumber : Data primer, 2011)

Hasil dari Gambar 4.12 menunjukkan bahwa kandungan logam berat kadmium (Cd) pada variasi pupuk organik (1:100) memiliki kecenderungan nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan 3 variasi kontrol yaitu

kontrol karet (KK), kontrol tanah (KT) dan kontrol campuran asam humate dengan tanah (AH:T). Tidak terdeteksinya kadmium (Cd) hanya terdapat pada kontrol AH:T.

Pada variasi pupuk organik (1:125) didapatkan nilai kandungan kadmium (Cd) lebih rendah dibandingkan dengan KK dan lebih tinggi jika dibandingkan dengan KT dan AH:T. Nilai kandungan kadmium (Cd) pada variasi pupuk organik (1:125) sebesar 0,141 mg/l.

Pada variasi pupuk organik (1:150) didapatkan nilai kandungan kadmium (Cd) sebesar 0,138 mg/l. Nilai kandungan kadmium (Cd) pada variasi pupuk organik tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan kontrol karet (KK), kemudian jika dibandingkan dengan kontrol tanah (KT) maka hasilnya lebih tinggi.

#### **4.5.3 Analisis Kandungan Logam Berat (Pb dan Cd)**

Kandungan dari ketiga variasi 1:100, 1:125, dan 1:150 menunjukkan bahwa ketiga variasi pupuk organik tersebut memiliki nilai timbal (Pb) dan kadmium (Cd) yang relatif rendah. Dari gambar 4.12 dapat dilihat kandungan logam berat yang terdapat pada ketiga variasi bernilai fluktuatif. Pengaruh fluktuatif kandungan logam berat (Pb dan Cd) berpengaruh pada proses pencampuran dengan asam humate. Penelitian ini menggunakan asam humate jenis granule. Sehingga pada proses pencampuran kemungkinan tidak merata (tidak homogen). Maka hasil yang didapatkan tidak linier sesuai dengan variasi penambahan asam humatenya. Dimana asam humate berpengaruh terhadap peningkatan logam berat. Hasil penelitian timbal (Pb) dan cadmium (Cd) dibandingkan dengan standar mutu pupuk organik untuk logam berat maka hasilnya sudah memenuhi standar baku mutu, yang diperbolehkan yaitu kurang dari 10 ppm untuk cadmium (Cd) dan < 50 ppm untuk timbal (Pb) berdasarkan PERMENTAN (2009). Berarti apabila pupuk organik dalam penelitian ini langsung digunakan pada tanaman, maka tidak akan menyebabkan akumulasi logam berat pada tanah, dan juga tidak akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

#### 4.6 Hasil Uji Efektivitas Pupuk Organik terhadap Tanaman Bayam

Pada penelitian ini dilakukan penanaman dengan menggunakan pupuk organik hasil dari proses maturasi dan menggunakan media tanah sebagai campuran untuk media tanam. Media tanam dilakukan dengan perbandingan 80% tanah dan 20% pupuk organik, dasar ini dilihat pada penelitian Widiastuti, dkk (2009). Untuk mengetahui efektifitas dan kelayakan pada pupuk organik maka diujikan pada tanaman bayam cabut berwarna hijau (*Amaranthus sp*) dengan pengamatan tinggi tanaman, lebar dan jumlah daun.

Tinggi tanaman diteliti untuk dapat mengetahui tingkat pertumbuhan dari bayam setiap harinya. Sedangkan lebar dan jumlah daun pengamatan bertujuan untuk mengetahui tingkat kesuburan tanaman bayam dalam penelitian. Hal ini berkaitan bahwa yang dimanfaatkan secara langsung pada tanaman bayam adalah daunnya.

Pada penelitian ini digunakan 6 variasi media tanam termasuk kontrol yang di ujikan pada tanaman bayam. Pengujian kontrol untuk mendukung hasil pengamatan sebagai pembanding antara ketiga variasi pupuk organik dengan campuran dari lumpur dan asam humate.

Waktu penelitian dilakukan selama empat minggu. Hasil keseluruhan pengamatan dapat dilihat pada **Tabel 4.20** berikut:

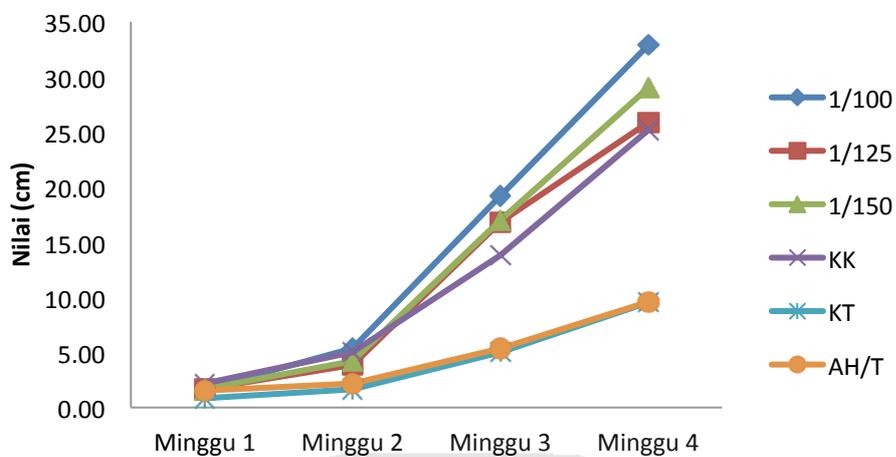
**Tabel 4.20** Nilai rata-rata tinggi tanaman, lebar, dan jumlah daun

Minggu	ke-1	ke-2	ke-3	ke-4
<b>Variasi</b>	<b>(cm)</b>			
<b>Tinggi Tanaman</b>				
1:100	1,67	5,33	19,17	32,83
1:125	1,67	3,83	16,83	25,83
1:150	1,67	4,17	17,00	29,00
KK	2,17	5,00	13,83	25,17
KT	0,83	1,67	5,00	9,50
AH:T	1,50	2,17	5,33	9,60
<b>Lebar Daun</b>				
1:100	0,33	2,53	6,20	7,33
1:125	0,30	2,37	6,43	7,17
1:150	0,30	2,47	5,77	6,67
KK	0,40	2,20	5,57	6,00
KT	0,30	0,97	2,00	3,17
AH:T	0,28	0,77	2,00	3,33
<b>Jumlah Daun</b>				
1:100	2	5	8	9
1:125	2	5	8	8
1:150	2	5	8	8
KK	2	5	8	8
KT	2	4	5	7
AH:T	2	3	4	7

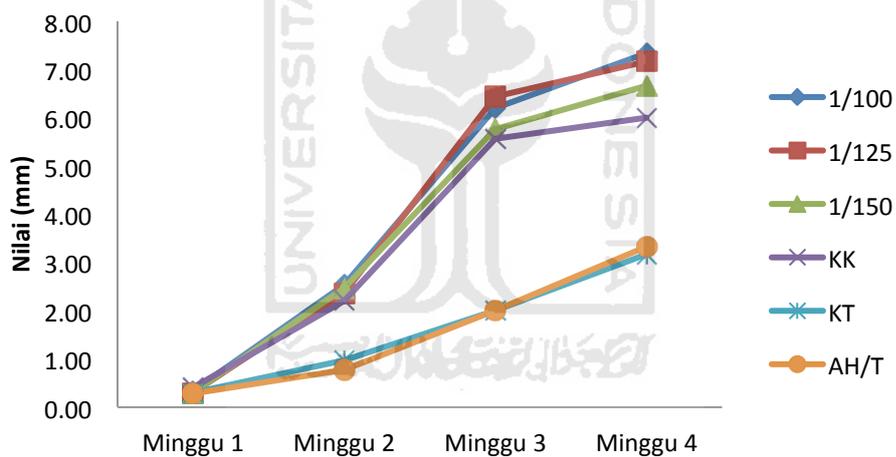
Sumber : Data primer, 2011

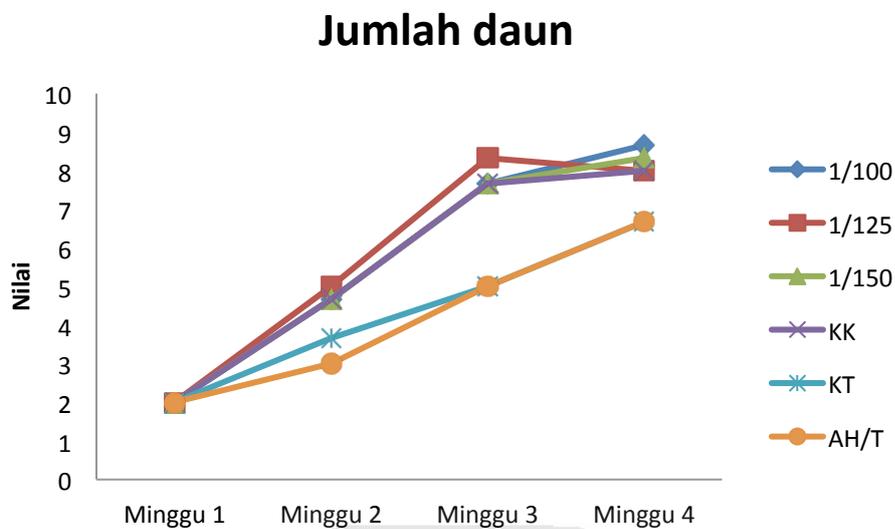
Dari data **Tabel 4.20** dapat digambarkan pada **Gambar 4.13** berikut:

### Tinggi tanaman



### Lebar daun





**Gambar 4.13** Grafik nilai rata-rata tinggi tanaman, lebar dan jumlah daun (Data primer, 2011)

Penelitian ini dilakukan selama empat minggu dan terjadi peningkatan setiap minggunya seperti yang terlihat dari gambar 4.13. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai tertinggi didapatkan dari variasi 1:100, yaitu dengan penambahan asam humate yang dominan dibandingkan dengan variasi lainnya. Sedangkan untuk variasi 1:125 dan 1:150 tinggi tanaman yang dihasilkan tidak berbeda jauh antara kedua variasi tersebut. Menurut Fajri, dkk (2007) asam humate berpengaruh terhadap peningkatan nutrisi pada tanaman khususnya N,P, dan K. Nutrisi tersebut digunakan untuk menunjang pertumbuhan khususnya tinggi tanaman, lebar dan jumlah daun.

Unsur N-total diperlukan untuk seluruh proses pertumbuhan tanaman. Metabolisme N merupakan faktor utama pertumbuhan vegetatif, batang, dan daun. Perbedaan nilai N untuk ketiga variasi pupuk organik (1:100, 1:125, 1:150) tidak memiliki selisih yang terlalu jauh. Hal ini didukung dengan hasil tinggi tanaman yang selisih tingginya tidak terlalu jauh.

Unsur lainnya yang mendukung dalam pertumbuhan tanaman yaitu unsur  $P_2O_5$  yang merupakan unsur hara esensial penyusun beberapa senyawa kunci dan sebagai katalis reaksi-reaksi biokimia penting di dalam

tanaman. Peran vital P di dalam nutrisi tanaman agar tanaman dapat tumbuh, berkembang, dan berproduksi dengan normal. Pengaruh pertumbuhan lain juga dipengaruhi oleh  $K_2O$ . Bersama-sama dengan unsur N dan P, Kalium (K) adalah unsur hara esensial primer bagi tanaman yang diserap oleh tanaman dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan unsur-unsur hara lainnya, kecuali N. Hal ini terlihat pada pertumbuhan lebar daun yang menunjang dalam pengamatan. Selain itu, hubungan C dan N menentukan tindakan yang harus dilakukan agar penambahan bahan organik bermanfaat untuk perbaikan kondisi tanah.

Unsur hara yang telah diteliti dihubungkan dengan pengamatan pada tanaman, menunjukkan bahwa pada tiga variasi (1:100, 1:125 dan 1:150) layak digunakan sebagai pupuk organik. Kandungan variasi pupuk organik ketiga variasi tersebut telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh PERMENTAN (2009).

Manfaat yang telah diuraikan dari parameter yang telah diteliti tersebut memiliki keunggulan terhadap hasil tanaman bayam yang dihasilkan. Tanaman bayam dalam penelitian ini berjenis bayam cabut berwarna hijau (*Amaranthus sp*) yang dapat digunakan sebagai bahan makanan pada umumnya. Umur tanaman bayam jenis ini dapat dimanfaatkan pada umur 20-40 hari (Suwandi, 2009). Sehingga dipenelitian ini tanaman bayam layak digunakan pada minggu ke-3 pengamatan. Karena telah memenuhi persyaratan layak untuk dipanen untuk dimanfaatkan menjadi bahan makanan umumnya. Hasil penelitian ini dapat dibandingkan dengan penelitian lain oleh Suwahyono (2011) yang meneliti tentang kebutuhan unsur hara N,P,K terhadap tanaman sayuran bayam. Pada penelitian ini dapat dibandingkan hasil kandungan N,P,K dari ketiga variasi pupuk organik (1:100, 1:125, dan 1:150) yang dikonversi satuannya dari % menjadi  $kg/m^2$  terhadap tanaman bayam. Hasil kandungan N,P,K yang terdapat pada ketiga variasi pupuk organik dan kebutuhan tanaman sayuran bayam akan unsur N,P,K dapat dilihat pada **Tabel 4.21** dan **4.22**, sebagai berikut :

Tabel 4.21 Kandungan unsur N,P,K dalam pupuk organik

Variasi	Nitrogen kg/m <sup>2</sup>	Fosfor kg/m <sup>2</sup>	Kalium kg/m <sup>2</sup>
1 : 100	545,2	150,8	69,802
1 : 125	565,5	150,8	60,18
1 : 150	565,5	153,7	55,36

Sumber : Data primer, 2011

Tabel 4.22 Kebutuhan unsur N,P,K untuk tanaman bayam

Tanaman	Nitrogen kg/m <sup>2</sup>	Fosfor kg/m <sup>2</sup>	Kalium kg/m <sup>2</sup>	Referensi
Bayam	0,005152	0,009	0,01917	Suwahyono 2011

Sumber : Data primer, 2011

Dari kedua tabel diatas, dapat terlihat bahwa kandungan unsur hara NPK yang terdapat pada ketiga variasi pupuk organik sudah mencukupi kebutuhan pertumbuhan tanaman sayuran bayam.

Untuk melihat kualitas penelitian maka dibuat rank penilaian. Rank empat unsur hara dirujuk dari penelitian Rosmarkan dan Widya (2002). Pengamatan untuk hasil tanaman, diambil pengamatan pada minggu ke-3. Alasan penggunaan pada minggu ke-3, karena tanaman bayam layak untuk dikonsumsi pada minggu ke-3 pengamatan dan tidak terlalu tua. Rank penilaiannya dapat dilihat pada Tabel 4.23, 4.24 dan 4.25 sebagai berikut:

Tabel 4.23 Rank penilaian unsur hara

Nilai	N-total (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)	C/N
*****	> 0,75 dan < 6	> 0,5 dan < 6	> 0,15 dan < 6	> 25
****	0,51 - 0,75	0,3 - 0,5	0,10 - 0,15	16 – 25
***	0,21 - 0,50	0,15 - 0,3	0,06 - 0,10	11 – 15
**	0,10 - 0,20	0,05 - 0,15	0,04 - 0,06	5 – 10
*	< 0,10	0,05	< 0,04	< 5

Sumber: Rosmarkan dan Widya (2002)

**Tabel 4.24** Rank penilaian tanaman

Nilai	Tinggi Tanaman (cm)	Lebar Daun (cm)	Jumlah daun
*****	> 20	> 8	> 20
****	15 – 19	6 – 7	15 – 19
***	10 – 14	4 – 5	10 – 14
**	6 – 9	2 - 3	6 – 9
*	0 – 4	0 – 1	0 – 4

Sumber : Iqbal (2006)

**Tabel 4.25** Rank *sludge*

Nilai	Sludge
*****	> 175
****	150 – 174
***	125 – 149
**	100 – 124
*	< 99

Untuk mengetahui kualitas pupuk organik yang paling optimal dari ketiga variasi pupuk organik maka dilakukan penilaian berdasarkan rank. Hasil penilaian dapat dilihat pada **Tabel 4.26**, sebagai berikut :

**Tabel 4.26** Rank hasil penelitian

Variasi	N - total	P	K	C/N
1 : 100	*****	*****	*****	**
1: 125	*****	*****	*****	**
1 : 150	*****	*****	*****	**

Variasi	Tinggi Tanaman	Lebar Daun	Jumlah Daun	Pemanfaatan Sludge	Jumlah rank
1 : 100	****	****	**	**	29
1: 125	****	****	**	***	30
1 : 150	****	***	**	****	30

Dari tabel 4.28 dapat diketahui jumlah rank terbanyak pada variasi 1:125 dan 1:150. Namun, peneliti menyarankan untuk memanfaatkan lumpur yang dijadikan pupuk organik dengan perbandingan 1:150. Untuk perbedaan selisih hasil tanaman yang sedikit tidak menjadikan faktor utama. Penelitian ini lebih menekankan pada *clean production* di PT.DKJ, yaitu meminimalisir limbah lumpur yang setiap harinya diproduksi tanpa adanya pemanfaatan secara optimal.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kandungan pupuk organik dengan campuran asam humate dalam penelitian dengan variasi (1:100, 1:125, dan 1:150) memiliki kandungan N, P, K dan C/N dengan selisih tidak terlalu jauh dan masih dibawah standar yang diperbolehkan berdasarkan baku mutu pupuk organik PERMENTAN (2009).
2. Kandungan logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) memiliki nilai dibawah standar baku mutu pupuk organik berdasarkan PERMENTAN (2009) dan tidak berbahaya bagi tanaman.
3. Hasil uji tanaman bayam menunjukkan kandungan dari parameter yang diteliti (N, P, K, C/N, Pb dan Cd) memiliki hasil tinggi tanaman, lebar, dan jumlah daun tidak berbeda jauh antara ketiga variasi pupuk organik (1:100, 1:125, dan 1:150). Hal ini menunjukkan ketiga variasi pupuk organik tersebut layak untuk digunakan sebagai pupuk organik.
4. Variasi pupuk organik yang paling optimal dalam penelitian ini untuk dimanfaatkan pada PT.DKJ yaitu pada variasi dengan perbandingan 1:150.

## 5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dibuat variasi yang lebih tinggi dari 1:150 agar lumpur dari PT.DKJ dapat dimanfaatkan secara maksimal.
2. Sebaiknya, pengujian dilakukan pada jenis tanaman selain pangan (tanaman keras) untuk menghindari efek toxic untuk dikonsumsi.
3. Penelitian lebih lanjut dilakukan untuk menaikkan nilai C/N salah satunya dengan pengomposan.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui nilai produksi bersih pada PT.DKJ.



## Daftar Pustaka

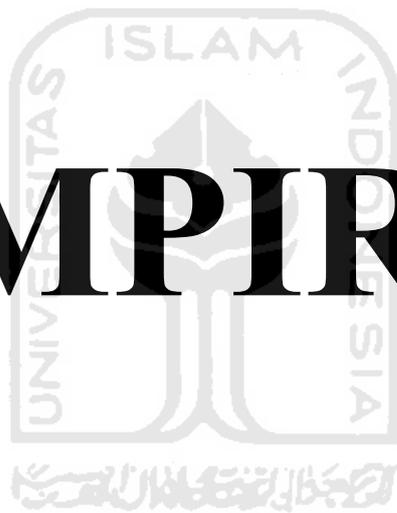
- Anonim<sup>1</sup>. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Anonim<sup>2</sup>. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Anonim. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- A'in, Churun. 2009. *Alternatif Pemanfaatan Ex Disposal Area Untuk Kegiatan Perikanan Dan Pertanian Di Kawasan Segara Anakan Berdasarkan Sistem Informasi Geografis*. Universitas Diponegoro Semarang.
- Alfonds Andrew Maramis, Agustinus Ignatius Kristijanto, Soenarto Notosoedarmo. (2005). *“Sebaran Logam Berat Dalam Sedimen Dan Hubungannya Dengan Parameter Fisik Dan Hidrologi Di Sungai Kreo Semarang”*, Seminar Nasional MIPA 2005, FMIPA - Universitas Indonesia. Depok, Nopember 2005
- Ariyanto, Priyo, Dwi. *Ikatan Antara Asam Organik Dengan Tanah*. JIT : UNS
- Darmawan Putra, Dwi, dkk. *Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik Yang Berkualitas Dari Limbah Peternakan Sapi dan Babi di Desa Marga Dauhpuri, Kecamatan Marga, Kabupaten Tabanan*. Denpasar : Fakultas Pertanian Universitas Udayana.
- Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup Dan Pencemaran*, Universitas Indonesia. Jakarta.
- Ekawati Dian, Sudarno. 2006. *Analisis Kinerja Sistem Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja Kota Magelang*. Vol.1 No.1, ISSN 1907-187X
- EPA, 1999. *Biosolids Generation, Use, and Disposal in The United States*. EPA530-R-99-009.
- Fajri, Maulana, dkk. 2010. *Pengaruh Asam Humat pada Absorpsi Logam Berat Pb, Cd, Ba dan Pertumbuhan Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) Tahap Pembibitan*. Makalah Seminar Departemen Agronomi dan Hortikultura. IPB: Bogor.
- Fardiaz,S, (1995). *Polusi Air dan Udara*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Gapkindo. 2009. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair dengan Sistem Lumpur Aktif di Industri Karet*. Jakarta : Jetro.

- Hanafiah, Kemas Ali. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Herman, Zulkifli Danny. 2006. *Tinjauan terhadap tailing mengandung unsur pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari sisa pengolahan bijih logam*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1 No. 1 Maret 2006: 31-36
- Heryanto, Polar, (2004). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, CV. Rineka Cipta. Jakarta.
- Isroi. 2008. *Pengomposan Limbah Padat Organik dan Pengomposan Limbah Kakao*. Bogor : BPBPI
- Iqbal, Muhammad. 2006. *Tugas Akhir Penggunaan Pupuk Majemuk Sebagai Sumber Hara Pada Budidaya Bayam Secara Hidroponik Dengan Tiga Cara Fertigasi*. IPB : Bogor
- Kastono, Dody. 2005. *Tanggapan Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Hitam Terhadap Penggunaan Pupuk Organik dan Biopestisida Gulma Siam (Chromolaena odorata)*. Ilmu Pertanian Vol. 12 No.2, 2005 : 103 – 116.
- Komarayati, Sri, dkk. 2007. *Kualitas Arang Kompos Limbah Industri Kertas dengan Variasi Penambahan Arang Serbuk Gergaji*. J. Ilmu & Teknologi Kayu Tropis Vol.5 • No. 2.
- Komarayati, S., Gusmailina dan G. Pari. 2002. *Pembuatan kompos dan arang kompos dari serasah dan kulit kayu tusam*. Buletin Penelitian Hasil Hutan (20) 3 : 231 - 242. Pusat Litbang Teknologi Hasil Hutan. Bogor.
- Lahuddin. 2007. *Aspek Unsur Mikro Dalam Kesuburan Tanah*. Universitas Sumatra Utara : Medan
- Marvelia, Awalita, dkk. *Produksi Tanaman Jagung Manis (Zea Mays L. Saccharata) yang Diperlakukan dengan Kompos Kascing dengan Dosis yang Berbeda*. Buletin Anatomi dan Fisiologi Vol. XIV, No. 2, Oktober 2006.
- Mirnawati, Ir. 2008. *Peran Asam Humat Sebagai Penetralisir Logam Berat Dalam Bioteknologi Bungkil Inti Sawit Untuk Pakan Unggas*. Padang: Universitas Andalas.
- Munawar, Ali, PhD. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Bogor: IPB Press
- Muntalif, Setiani Barti, dkk. 2004. *Akumulasi Pb dan Cd Pada Buah Tomat Yang Ditanam Di Tanah Mengandung Lumpur Kering Dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik*. ISBN : 979-99965-0-3
- Nawawi. Gunawan. 2001. *Fungsi dan Manfaat Tanah dan Pupuk*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Notohadiprawiro, Tejoyuwono. 2006. *Logam Berat Dalam Pertanian*. Yogyakarta: UGM
- Purnawati, Nurcahyani. 2007. *Tugas Akhir Pemanfaatan Urin Manusia Sebagai Pupuk Cair Pada Tanaman Bayam (Amaranthus sp)*. Yogyakarta: UII.

- Purniasari, Dian. 2008. *Tugas Akhir Pengaruh Stabilisasi Tanah Pasir Dengan Menggunakan Aspal Sc<sub>60-70</sub> Terhadap Kuat Geser Tanah*. Yogyakarta: UII.
- Putranto, Rizky. 2011. *Tugas Akhir Pengaruh Fraksi Organik Terhadap Konsentrasi Logam Berat (Pb, Cd dan Cr) Dalam Lindi Hasil Proses Biodegradasi Sampah*. Yogyakarta: UII
- Rahmawati, Sri. 2003. *Karakterisasi Asam Humate Dari Kompos Gambut dan Kompos Daun Karet*. Bogor :IPB
- Rosmarkam, A dan Yuwono, Widya, N. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Yogyakarta :Kanisius
- Rukmana Rahmat, Ir. 1995. *Bayam Bertanam & Pengolahan Pascapanen*. Yogyakarta :Kanisius
- Setyorini, Diah, dan Didi Ardi Suriadikarta. 2004. *Uji Mutu dan Efektifitas Pupuk Alternatif Anorganik*. Balai Penelitian Tanah
- Sutedjo Mulyani Mul, Ir. 2008. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Jakarta.
- Sudarwin. 2008. *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb Dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Jatibarang Semarang*. Universitas Diponegoro : Semarang
- Sunarjono, Hendro, H., Drs. 2010. *Bertanam 30 Jenis Sayur*. Jakarta :Penebar Swadaya.
- Suriadikarta, Didi Ardi, dan Diah Setyorini. 2005. *Baku Mutu Pupuk Organik*. <http://balittanah.litbang.deptan.go.id/dokumentasi/buku/pupuk/pupuk11.pdf> (diakses tanggal 8 Juni 2011).
- Suyasa, Budiarsa IW. 2010. *Pengolahan Lumpur (Sludge) Limbah Pencelupan Dengan Cara Komposting*. Jurnal Bumi Lestari, Volume 10 No.1, Februari, hlm. 52-59.
- Suwahyono, Untung. 2011. *Petunjuk Praktis Penggunaan Pupuk Organik Secara Efektif dan Efisien*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Suwandi. 2009. *Menakar Kebutuhan Hara Tanaman Dalam Pengembangan Inovasi Budi Daya Sayuran Berkelanjutan*. Pengembangan Inovasi Pertanian 2(2), 2009: 131-147.
- Wardani, Nopi. 2002. *Tugas Akhir Pengaruh Pemberian Asam Humat Sebagai Bahan Amelioran Tanah Terhadap Pertumbuhan Dan Serapan Timbal Tanaman Bayam (Amaranthus sp.) Pada Tanah Yang Tercermar Logam Berat Timbal (Pb)*. Bogor :IPB.
- Widiastuti, Happy, dkk. 2009. *Keefektifan Beberapa Dekomposer Untuk Pengomposan Limbah Sludge Pabrik Kertas Sebagai Bahan Baku Pupuk Organik*. BS, No. 2, Vol. 44, 99-110.



# LAMPIRAN



# **LAMPIRAN 1:**

**HASIL UJI NITROGEN (N),  
FOSFOR (P), KALIUM (K) dan C/N**

# **LAMPIRAN 2:**

**HASIL UJI  
LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN  
KADMIUM (Cd)**

# **LAMPIRAN 3:**

**HASIL PENGAMATAN DAN  
PERTUMBUHAN TANAMAN  
MINGGU KE 1 - 4**

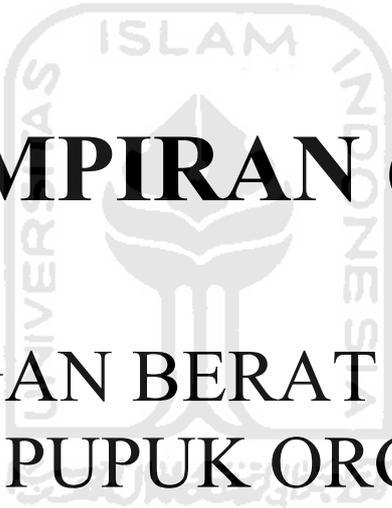
**LAMPIRAN 4:**

**PERMENTAN 2009**



## **LAMPIRAN 5:**

**PERHITUNGAN BERAT VOLUME  
DARI KETIGA VARIASI PUPUK  
ORGANIK (PROSES PEMBUATAN  
PUPUK ORGANIK).**



## **LAMPIRAN 6:**

**PERHITUNGAN BERAT VOLUME  
VARIASI PUPUK ORGANIK  
UNTUK MEDIA TANAM.**



# **LAMPIRAN 7:**

**PERHITUNGAN KEBUTUHAN  
N,P,K DALAM PUPUK ORGANIK  
dan PADA TANAMAN BAYAM.**



# LAMPIRAN 8:

CARA KERJA  
ANALISA KANDUNGAN PUPUK  
ORGANIK, LUMPUR KERING,  
TANAH, DAN ASAM HUMATE +  
TANAH

**LAMPIRAN 9:**  
**DOKUMENTASI PENELITIAN**



1. Keterangan gambar : Proses persiapan untuk media tanam



Sumber : Dokumentasi penelitian, 2011

2. Keterangan gambar : Proses penanaman tanaman bayam



Sumber : Dokumentasi penelitian, 2011

3. Keterangan gambar : Penyiraman tanaman bayam



Sumber : Dokumentasi penelitian, 2011

4. Keterangan gambar : Pertumbuhan tanaman bayam minggu ke 1 – 4



Minggu I



Minggu II



Minggu III



Minggu IV (Sumber : Data penelitian, 2011)

5. Keterangan gambar : Hasil panen tanaman bayam minggu ke 4



Variasi 1:100



Variasi 1:125



Variasi 1:150

(Sumber : Dokumentasi penelitian, 2011)