

**RESPON PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG DI TANAH
TERKONTAMINASI TAILING PASCAFITOREMEDIASI DAN UPAYA
PERBAIKANNYA MELALUI PENAMBAHAN BAHAN ORGANIK**

Oleh

**WIDA PORWENI
PROGRAM STUDI ILMU TANAH**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2013**

**RESPON PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG DI TANAH
TERKONTAMINASI TAILING PASCAFITOREMEDIASI DAN UPAYA
PERBAIKANNYA MELALUI PENAMBAHAN BAHAN ORGANIK**

Oleh

**WIDA PORWENI
0710430012-43**

PROGRAM STUDI ILMU TANAH

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2013**

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wida Porweni
Nim : 0710430012-43
Jurusan / Program Studi : Tanah / Ilmu Tanah
Judul : **Respon Pertumbuhan Tanaman Jagung Di Tanah Terkontaminasi Tailing Pascafitoremediasi Dan Upaya Perbaikannya Melalui Penambahan Bahan Organik**

Menyatakan bahwa,

Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, Juli 2013

Pembuat Pernyataan,

Wida Porweni
NIM 0710430012-43

Mengetahui,

Pembimbing Pertama

Pembimbing Pendamping

Ir. Didik Suprayogo, M.Sc, P.hD.
NIP. 19600825 198601 1 002

Prof. Dr. Ir. Eko Handayanto M.Sc
NIP. 19520305 197903 1 004

Ketua Jurusan,

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS
NIP. 19540501 1981003 1 006

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : **RESPON PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG
DI TANAH TERKONTAMINASI TAILING
PASCAFITOREMEDIASI DAN UPAYA
PERBAIKANNYA MELALUI PENAMBAHAN
BAHAN ORGANIK**

Nama Mahasiswa : **WIDA PORWENI**
NIM : 0710430012 - 43
Jurusan : Tanah
Fakultas : Pertanian
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Ir. Didik Suprayogo, M.Sc, P.hD
NIP. 19600825 198601 1 002

Prof. Dr. Ir. Eko Handayanto M.Sc
NIP. 19520305 197903 1 004

Ketua Jurusan

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS
NIP. 19540501 1981003 1 006

Tanggal Persetujuan :

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS.
NIP. 19540501 1981003 1 006

Ir. Didik Suprayogo, M.Sc, Ph.D
NIP. 19600825 198601 1 002

Penguji III

Penguji IV

Prof. Dr. Ir. Eko Handayanto M.Sc
NIP. 19520305 197903 1 004

Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS
NIP. 19611109 198503 2 001

Tanggal Lulus :



RINGKASAN

Wida Porweni. 0710430012 -43. Respon Pertumbuhan Tanaman Jagung Di Tanah Terkontaminasi *Tailing* Pascafitoremediasi Dan Upaya Perbaikannya Melalui Penambahan Bahan Organik. Di bawah bimbingan Ir. Didik Suprayogo, M.Sc, Ph.D. sebagai pembimbing utama, Prof. Dr. Ir. Eko Handayanto, M.Sc. sebagai pembimbing pendamping.

Tanah pascafitoremediasi tercemar *tailing* masih memiliki kendala ketika digunakan sebagai lahan pertanian terutama tanaman pangan, karena secara kimia memiliki kandungan unsur hara yang rendah dan kemampuan menahan hara rendah juga. Disamping itu, kandungan logam berat Pb pada tanah pascafitoremediasi masih melebihi batas ambang normal bagi tanah maupun tanaman yaitu 40.9 mg.kg^{-1} . Kondisi ini menyebabkan toksik bagi tumbuhan dan menurunkan kesuburan tanah. Oleh karena itu, teknologi pengelolaan tanah yang nantinya ditujukan untuk memperbaiki kualitas tanah tercemar *tailing* sangat diperlukan. Beberapa teknologi alternatif yang perlu dicobakan antara lain : pemanfaatan mikroorganisme yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman yang dikombinasikan dengan bahan organik. Penelitian tahap pertama oleh Riyanto (2011) menunjukkan bahwa Sengon dengan perlakuan mikoriza mempunyai nilai pertumbuhan lebih baik tanpa inokulasi mikoriza. Penambahan bahan organik berupa kompos Eceng Gondok pada tanah pascafitoremediasi bermikoriza diharapkan mampu menekan kadar Pb dalam tanah serta meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman.

Penelitian ini dilakukan di Rumah kaca dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan 12 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan tersebut meliputi persentase tanah tercemar *tailing* yang sudah dilakukan pembersihan dengan teknik fitoremediasi dengan perlakuan inokulasi mikoriza maupun tanpa inokulasi mikoriza (Riyanto, 2011), serta penambahan bahan organik dengan dosis yang sama yaitu 10 ton/ha. Parameter yang diamati adalah pertumbuhan tanaman meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, berat kering tajuk dan akar, serapan Pb pasca panen tanaman jagung di tanah pascafitoremediasi tercemar *tailing*. Data dianalisis dengan uji F taraf 5 %, serta uji korelasi untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter.

Hasil penelitian menunjukkan tanaman jagung dengan perlakuan bahan organik pada tanah pascafitoremediasi bermikoriza (TBM) mempunyai pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan tanah pascafitoremediasi bermikoriza (TM), tanah pascafitoremediasi dengan penambahan bahan organik (TB) dan kontrol (T) dikeseluruhan konsentrasi *tailing* (0%, 15% dan 30% *tailing*). Penambahan bahan organik pada tanah pascafitoremediasi bermikoriza (TBM) mempunyai tingkat efektifitas yang lebih tinggi dalam mengurangi efek dari limbah berbahaya bagi tanaman dan meningkatkan kesuburan tanah.

Kata Kunci : *Tailing*, Pascafitoremediasi, Timbal (Pb), Kompos Eceng Gondok.

SUMMARY

Wida Porweni. 0710430012 -43. Response Plant Growth Of Corn in The Soil Contaminated *Tailings* Phytoremediation Post and Effort of Restoration Addition Organic Materials. Supervised by Ir. Didik Suprayogo, M.Sc, Ph.D, and Prof. Dr. Ir. Eko Handayanto, M.Sc.

Tailings contaminated soil phytoremediation post still have problems when used as agricultural land, especially food crops, because the chemical has a low nutrient content and low nutrient holding capability as well. In addition, the heavy metal content of Pb in soil phytoremediation post still exceeds the normal threshold for soil and plants is 40.9 mg.kg^{-1} . This condition causes toxic to plants and reduce soil fertility. Therefore, land management technologies that will aim to improve the quality of soil contaminated tailings is needed. Some alternative technologies need to be tested include: the use of microorganisms that can support plant growth combined with organic matter. The first phase of the study by Riyanto (2011) showed that Sengon with mycorrhizal treatment had better growth value without mycorrhizal inoculation. The addition of organic matter such as compost to the soil water hyacinth phytoremediation post with mycorrhizal inoculation expected to reduce the levels of Pb in soil and improve soil fertility and plant growth.

The research was conducted in the greenhouse using a completely randomized design (CRD) with 12 simple treatments and 3 replications. The treatment includes the percentage of tailings contaminated soil cleanup has been done with the technique of phytoremediation with mycorrhizal inoculation treatment and without mycorrhizal inoculation (Riyanto, 2011), and the addition of organic materials with the same dose of 10 tonnes / ha. The parameters measured were the growth of the plant include plant height, leaf number, leaf area, canopy and root dry weight, post-harvest crop uptake of Pb in soil after phytoremediation corn contaminated tailings. Data analysis by F test level of 5%, and the correlation test to determine the relationship between parameters.

The results showed treatment plant corn with organic matter in the soil after phytoremediation with mycorrhizal inoculation (TBM) has a better growth in comparison with the post-treatment soil phytoremediation mycorrhizal inoculation (TM), post-phytoremediation soil with the addition of organic matter (TB) and control (T) surrounding the entire tailings concentrations (0%, 15% and 30% tailings). The addition of organic matter to the soil phytoremediation post with mycorrhizal inoculation (TBM) has a higher level of effectiveness in reducing the effects of hazardous waste to crops and improve soil fertility.

Keywords: Tailings, Phytoremediation Post, Pb, Water Hyacinth Compost.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ” **Respon Pertumbuhan Tanaman Jagung Di Tanah Terkontaminasi Tailing Pascafitoremediasi Dan Upaya Perbaikannya Melalui Penambahan Bahan Organik** “. Skripsi ini merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang setulus-tulusnya penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ir. Didik Suprayogo, M.Sc, Ph.D dan Prof. Dr. Ir. Eko Handayanto M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyusun tugas akhir penelitian ini hingga selesai. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Ir. Zaenal Kusuma, MS selaku ketua jurusan serta penguji dan Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS selaku ketua program studi Agroekoteknologi serta penguji, atas nasihat, arahan dan bimbingan kepada penulis.
2. Orang tua tercinta, kakak, adik dan saudara yang telah memberikan dukungan baik materiil maupun moril hingga selesainya penyusunan tugas akhir ini.
3. Kepala Desa Kemiri dan seluruh jajarannya yang telah mengizinkan saya untuk melakukan percobaan rumah kaca di Green House Desa Kemiri
4. Dosen-dosen di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama kuliah.
5. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, atas bantuan dan informasi yang diberikan.
6. Seluruh kakak- adik seperjuangan di Tanah, terutama Soiler 2007, terima kasih atas dukungan, perhatian, bantuan, serta kenangan indah selama ini, serta semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang turut berpartisipasi atas terselesaikan skripsi ini.

Dalam segala kekurangan dan keterbatasan, penulis berharap skripsi ini memberikan manfaat bagi pembaca.

Malang, Juli 2013

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Malang, pada tanggal 02 September 1988 dan merupakan putri kedua dari tiga bersaudara dengan seorang ayah yang bernama Sunoto dan seorang ibu bernama Wiwik Chayati.

Penulis memulai pendidikan dengan menjalani pendidikan dasar di SDN Kemiri 1 (1995-2001), dan melanjutkan ke SMP Negeri 05 Kepanjen (2001-2004), SMA Negeri 01 Sumberpucung (2004-2007).

Penulis menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, program studi Ilmu Tanah, pada tahun 2007 melalui jalur SPMB.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	i
KATA PENGANTAR	ii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Hipotesis	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
1.5. Alur Pikir Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Tailing	7
2.2. Peran Mikoriza dalam mengikat logam berat dan perbaikan pertumbuhan tanaman.	9
2.3. Peran Bahan Organik dalam mengikat logam berat dan perbaikan kesuburan tanah	10
2.4. Respon Tanaman Jagung terhadap keberadaan unsur hara	14
BAB III. METODE PENELITIAN	16
3.1. Tempat dan Waktu	16
3.2. Alat dan Bahan	16
3.3. Rancangan Penelitian	17
3.4. Pelaksanaan Penelitian	18
3.5. Analisa Data	21
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1. Serapan Pb Pascapanen Pada Tanah Dan Tanaman Jagung	22
4.2. Pengaruh Tanah Pascafitoremediasi Dan Penambahan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah	24
4.3. Pengaruh Tanah Pascafitoremediasi Dan Penambahan Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan Tanaman	27
4.4. Hubungan Pb Tanah, Bahan Organik Dan Pertumbuhan Tanaman Jagung	30
4.5. Pembahasan Umum	32

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

34

5.1. Kesimpulan

34

5.2. Saran

34

DAFTAR PUSTAKA

35

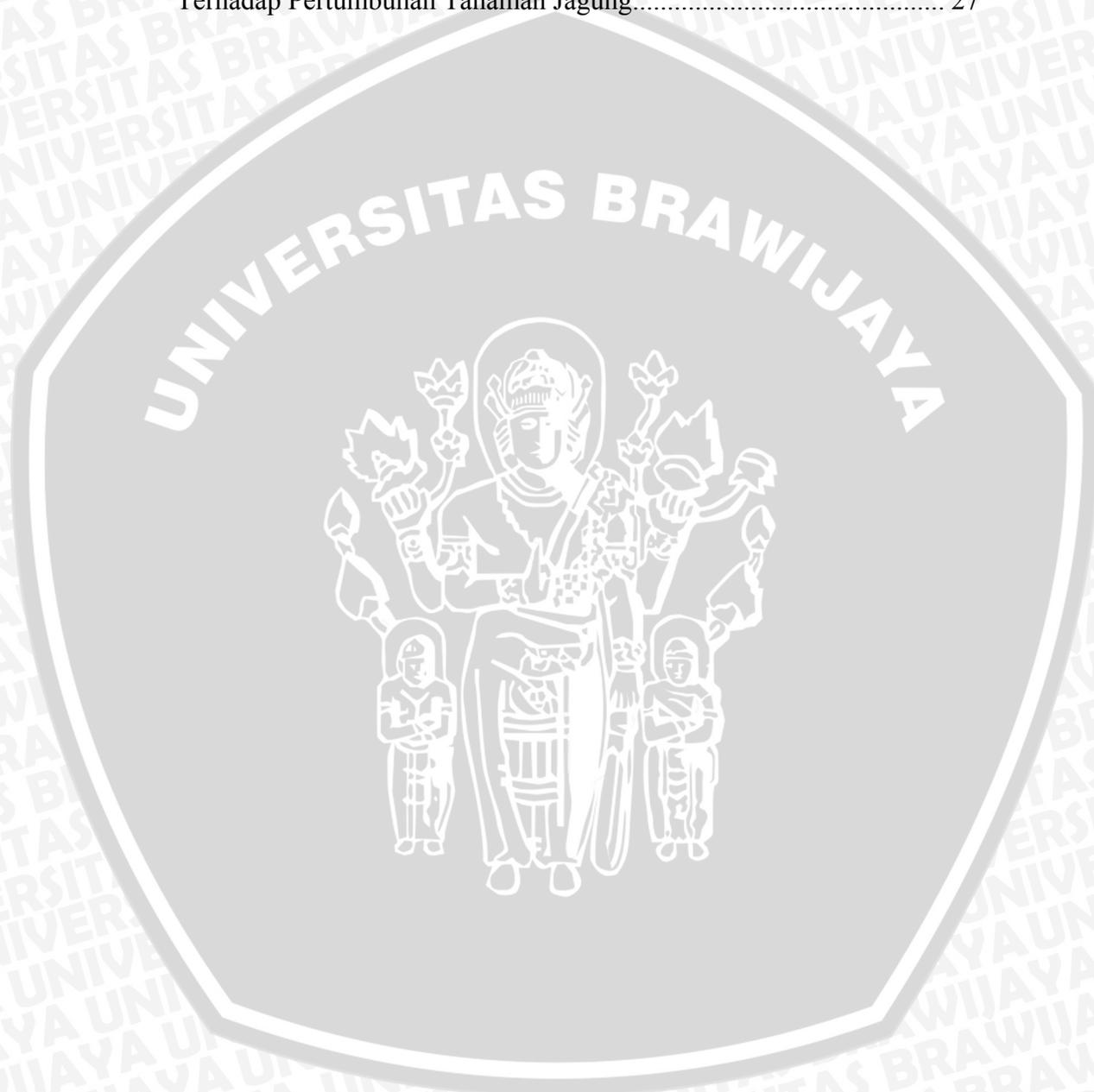
LAMPIRAN

39



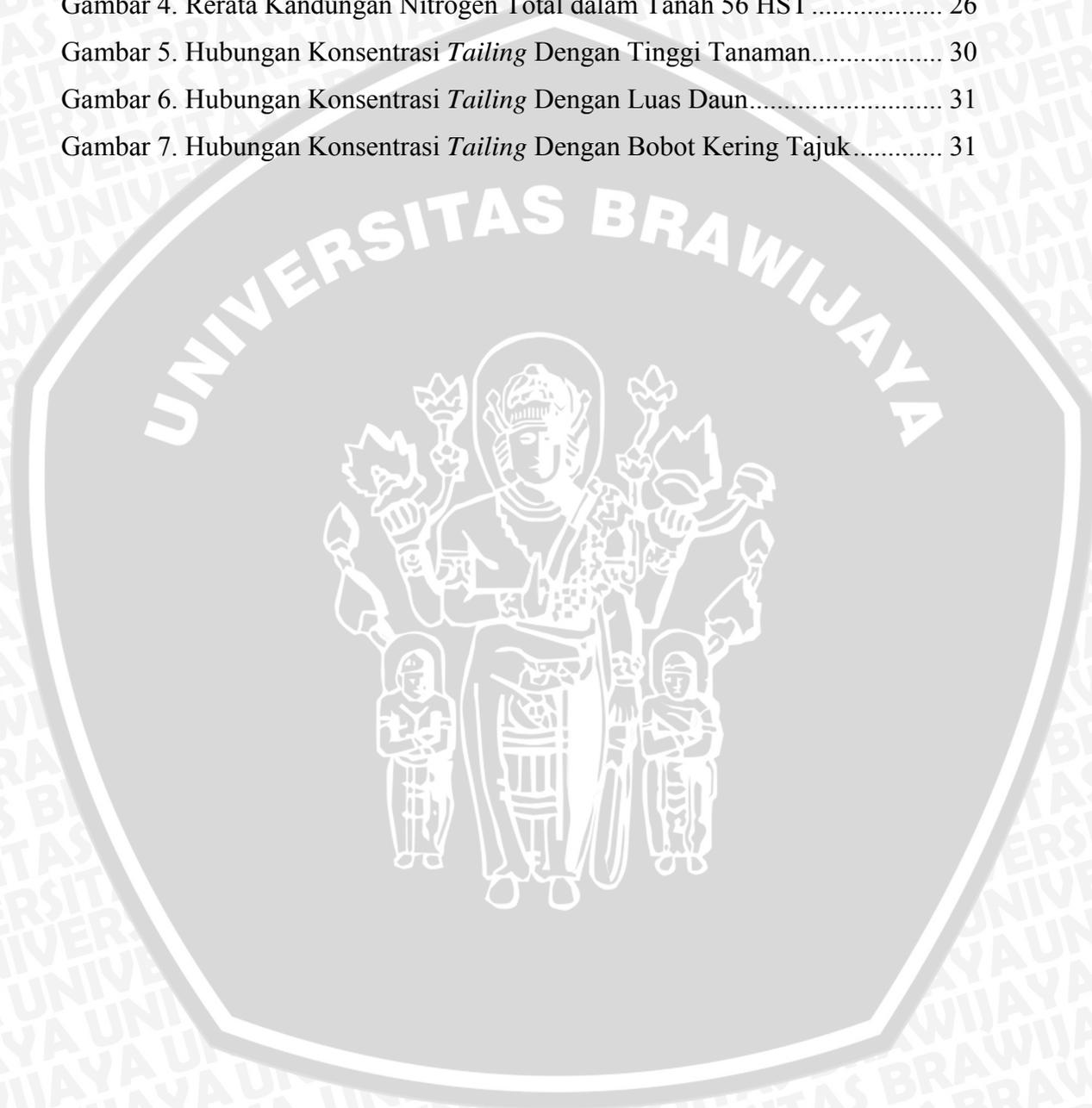
DAFTAR TABEL

Tabel 2a. Komposisi perlakuan tahap pertama	17
Tabel 2b. Komposisi perlakuan tahap ke dua	18
Tabel 3. Parameter Pengamatan dan Analisa Sampel.....	20
Tabel 4. Pengaruh Tanah Pascafitoremediasi Dan Penambahan Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung.....	27



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alur Pikir Penelitian.....	6
Gambar 2. Rerata Kandungan Pb tanah pada 56 HST.....	22
Gambar 3. Rerata Kandungan Bahan Organik Dalam Media Tanam 56 HST.....	24
Gambar 4. Rerata Kandungan Nitrogen Total dalam Tanah 56 HST.....	26
Gambar 5. Hubungan Konsentrasi <i>Tailing</i> Dengan Tinggi Tanaman.....	30
Gambar 6. Hubungan Konsentrasi <i>Tailing</i> Dengan Luas Daun.....	31
Gambar 7. Hubungan Konsentrasi <i>Tailing</i> Dengan Bobot Kering Tajuk.....	31



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Denah Petak Percobaan	40
Lampiran 2.	Perhitungan kebutuhan bahan organik dan pupuk dasar	41
Lampiran 3.	Perhitungan kadar air tanah dan kebutuhan air untuk mencapai kapasitas lapang.	43
Lampiran 4.	Hasil Analisis Dasar	45
Lampiran 5.	Proses Pembuatan kompos Eceng Gondok	47
Lampiran 6.	Data Hasil Pengamatan Parameter Penelitian	48
Lampiran 7.	Analisis Ragam Parameter Penelitian	50
Lampiran 8.	Korelasi Antar Parameter Pengamatan.....	51



BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perluasan lahan pertanian di masa mendatang dihadapkan pada masalah produktivitas lahan yang rendah. Untuk memenuhi kebutuhan lahan pertanian akibat konversi yang sulit dihindari, ekstensifikasi menjadi salah satu pilihan terutama di luar Jawa antara lain pada lahan bekas tambang emas maupun lahan pembuangan limbah tambang emas. Namun lahan tempat pembuangan limbah tambang emas tersebut akan menjadi kendala saat petani memanfaatkan sebagai lahan pertanian tanpa diikuti pengelolaan yang tepat. Kegiatan bertani di lahan pembuangan limbah tambang seringkali dihadapkan pada kendala pencemaran logam berat yang dapat menurunkan produksi tanaman dan kualitas hasil pertanian selain dapat membahayakan kesehatan manusia melalui konsumsi pangan yang dihasilkan dari tanah yang tercemar logam berat tersebut. Hasil penelitian Subowo *et al.* (2007) menunjukkan adanya logam berat dalam tanah pertanian dapat menurunkan produktivitas pertanian dan kualitas hasil pertanian selain dapat membahayakan kesehatan manusia melalui konsumsi pangan yang dihasilkan dari tanah yang tercemar logam berat tersebut.

Kegiatan penambangan rakyat umumnya dilakukan dengan cara membuka hutan, pengikisan lapisan-lapisan tanah, pengerukan dan penimbunan sisa hasil tambang. Kegiatan tersebut dapat menimbulkan efek negatif bagi lingkungan sekitar seperti rusaknya ekosistem alam, system air, produktivitas tanah menurun dan yang paling utama adanya limbah dari hasil penambangan tersebut (*tailing*). Ketika *tailing* dibuang dalam bentuk bubur, fraksi pasir cenderung mengendap, menumpuk di titik pembuangan sedangkan lumpur akan mengendap jauh dari titik pembuangan sebagai suspensi dalam waktu yang lama. Limbah unsur pencemar kemungkinan tersebar di sekitar wilayah tersebut dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Bahaya pencemaran lingkungan mungkin terbentuk jika *tailing* mengandung unsur-unsur tersebut tidak ditangani secara tepat. Menurut Lesmanawati (2005), *tailing* mengandung unsur logam mikro dan logam berat serta senyawa beracun yang dapat meracuni baik terhadap tanaman, hewan, maupun manusia. Ditambahkan pula oleh Irawan (2005), secara kimiawi *tailing*

mengandung logam berat Pb, Cd, Hg dan Fe yang dalam dosis tinggi akan mengganggu proses fisiologis tanaman dan nantinya akan bersifat toksis bagi pertumbuhan tanaman jika tetap diserap akar tanaman. Hasil penelitian yang telah dilakukan pada lumpur *tailing* emas menunjukkan kandungan polutan berbahaya telah melebihi ambang batas yang diperbolehkan. Salah satu polutan tersebut adalah kandungan logam timbal (Pb) yang tinggi, yaitu sebesar 22,58 ppm, sedangkan batas nilai yang diperbolehkan adalah 2-20 ppm (Soepardi, 1983).

Kadar logam berat khususnya Timbal (Pb) dapat dikurangi atau dinetralkan dengan menggunakan metode yang sederhana dan ramah lingkungan yang biasanya disebut teknik fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan teknik pencucian polutan dari tanah maupun perairan menggunakan tumbuhan. Pencucian tersebut bisa berarti penghancuran, inaktivasi atau imobilisasi polutan ke bentuk yang tidak berbahaya (EPA, 2001). Menurut Schmidt (2003) konsentrasi timbal dalam tanah mempunyai pengaruh negatif terhadap panen dan pertumbuhan tanaman. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, timbal mempengaruhi proses metabolisme dan terkadang membuat tanaman mati (Schaller dan Diez, 1991).

Tanaman fitoremediator dapat berupa herba, semak bahkan pohon tanaman lokal. Secara ekologi, spesies tanaman lokal dapat mudah beradaptasi dengan iklim setempat tetapi tidak untuk kondisi tanah. Salah satu tanaman yang sudah terbukti adaptif untuk tambang karena dapat mengubah iklim mikro pada tanah adalah tanaman sengon. Menurut Setiadi (2001) tanaman sengon bermikoriza dapat meningkatkan pertumbuhannya 2-3 kali lipat dibandingkan sengon tanpa mikoriza. Hal ini menunjukkan terjadi asosiasi antara tanaman sengon dan mikoriza yang dapat digunakan dalam proses fitoremediasi. Hasil penelitian Riyanto (2011) menyatakan bahwa sengon dengan perlakuan inokulasi mikoriza mempunyai nilai pertumbuhan yang lebih baik daripada tanpa inokulasi mikoriza. Mikoriza adalah simbiosis antara fungi tanah dengan akar tanaman yang memiliki banyak manfaat di bidang pertanian, di antaranya adalah membantu meningkatkan status hara, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, penyakit, dan kondisi tidak menguntungkan lainnya (Auge, 2001; Al-Karaki *et al*, 2003). Fungsi ini dapat dijadikan salah satu alternatif teknologi untuk membantu pertumbuhan,

meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman yang ditanam pada lahan-lahan marjinal (Gupta dan Mukerji, 2000; Al-Karaki *et al*, 2003).

Dari hasil percobaan Riyanto (2011) menunjukkan bahwa tanaman sengon mampu hidup pada kandungan Pb tertinggi yaitu 40,9 mg.kg⁻¹. Namun kandungan Pb yang melebihi ambang batas normal dapat menjadi toksik bagi tanaman yang tumbuh di atasnya, terutama tanaman pangan. Oleh karena itu, teknologi pengelolaan tanah yang nantinya ditujukan untuk memperbaiki kualitas tanah tercemar *tailing* sangat diperlukan. Beberapa teknologi alternatif yang perlu dicobakan antara lain : pemanfaatan mikroorganisme yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman yang dikombinasikan dengan bahan organik. Menurut Irawan (2005), inokulasi mikoriza dan penambahan bahan organik adalah salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas tanah tercemar *tailing*. Hasil penelitian Siregar (2009) menunjukkan bahwa menambahkan pupuk kandang dan arang dapat menekan kandungan logam berat yang ada dalam *tailing*. Selain itu Siregar (2009) juga merekomendasikan apabila *tailing* akan digunakan untuk campuran media tanam, maka harus mengkombinasikan *tailing* dengan pupuk kandang, sehingga kandungan logam berat dalam *tailing* dapat ditekan oleh bahan organik yang terkandung dalam pupuk.

Penelitian ini dirancang untuk memperbaiki kesuburan tanah yang tercemar limbah berbahaya dari *tailing* dengan menambahkan bahan organik pada tanah tercemar *tailing* pascafitoremediasi mengandung Pb yang dilakukan pada penelitian tahap pertama. Dari hasil penelitian tahap pertama menunjukkan bahwa perlakuan inokulasi mikoriza juga membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman (Riyanto, 2011).

Penambahan bahan organik dalam bentuk kompos diharapkan mampu mengurangi kadar Pb dalam tanah dan menyediakan unsur hara bagi tanah yang kemudian diserap oleh tanaman (Gambar 1). Dalam hal ini kompos lambat melepaskan unsur hara, sehingga meminimalkan kehilangan unsur hara. Menurut Setyawidjaya dan Wirasmoko (1994), manfaat kompos pada tanah yaitu menambah kandungan bahan organik, memperbaiki sifat fisik tanah, daya menahan air dan meningkatkan kesuburan tanah seiring dengan meningkatnya unsur hara.

Eceng Gondok (*Eichornia crassipes* Solm) merupakan jenis gulma air yang sangat cepat tumbuh dan berkembang biak. Sisa dari penggunaan pupuk kimia oleh petani di areal persawahan dan perkebunan kemudian hanyut ke sungai dan menjadikan pertumbuhan eceng gondok semakin meningkat. Dalam industri pupuk alternatif, eceng gondok dapat dijadikan bahan baku pupuk organik. Hal ini disebabkan karena kandungan N, P, K dan bahan organik yang cukup tinggi. Dalam penelitian Resmawati *et al.* (2010), hasil uji laboratorium, pupuk eceng gondok memiliki kandungan N sebesar 1.86%, P₂O₅ sebesar 1.2%, K₂O sebesar 0.7%, rasio C/N sebesar 6.18%, bahan organik sebesar 25.16% serta C organik sebesar 19.81%. Winarno (1994), menambahkan bahwa dalam keadaan segar eceng gondok memiliki komposisi bahan organik sebesar 36.59%, C organik sebesar 21.23%, N total 0.28%, P total 0.0011% dan K total 0.016%. Dengan komposisi seperti itu, penggunaan kompos eceng gondok dalam penelitian ini diharapkan mampu memperbaiki kesuburan tanah yang tercemar *tailing*.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis efektivitas penambahan bahan organik pada tanah tercemar *tailing* pascafitoremediasi terhadap pertumbuhan tanaman.
2. Mengevaluasi pengaruh bahan organik terhadap perbaikan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman serta dampaknya terhadap serapan Pb

1.3. Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Penambahan bahan organik pada tanah tercemar *tailing* pascafitoremediasi mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman.
2. Penambahan bahan organik pada tanah tercemar *tailing* pascafitoremediasi bermikoriza mampu mengurangi kadar Pb dalam tanah dan meningkatkan kesuburan tanah.

1.4. Manfaat Penelitian

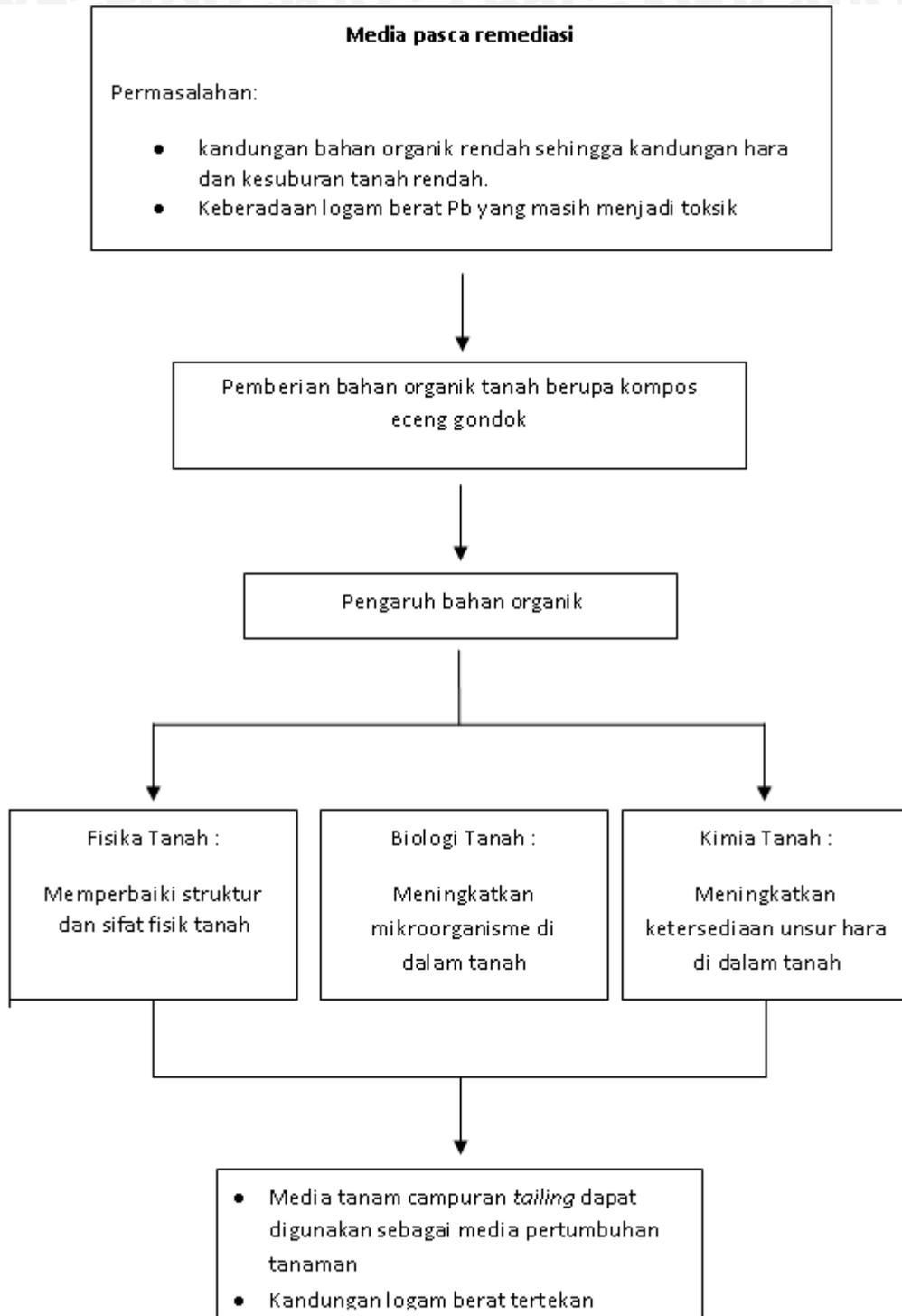
Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi tentang cara yang tepat dan murah dalam kegiatan reklamasi lahan bekas tambang emas

(*tailing*) yang mengandung bahan berbahaya melalui perbaikan sifat kimia, fisika dan biologi tanah dengan memanfaatkan tanaman lokal, bahan organik dan mikoriza, sehingga dapat digunakan sebagai media tanam yang aman bagi tanaman. Dengan demikian, timbunan *tailing* yang mencemari tanah yang dimanfaatkan petani sebagai lahan pertanian tidak membahayakan bagi tanaman, hewan dan manusia.

1.5. Alur Pikir Penelitian

Alur pikir penelitian ini di dasarkan pada hasil penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, dimana setelah dilakukan pembersihan terhadap logam berat menggunakan tanaman Sengon , ternyata kadar Pb masih melebihi ambang normal batas normal, maka dari itu diperlukan studi yang lebih detil tentang pengaruh tanah tercemar *tailing* pascafitoremediasi tersebut terhadap pertumbuhan tanaman, agar tanah tercemar *tailing* bisa dimanfaatkan sebagai media tumbuh tanam (Gambar 1).





Gambar 1. Alur Pikir Penelitian

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tailing

Tailing merupakan residu yang berasal dari pengolahan bijih logam yang mana telah terpisahkan dari target utamanya misalnya emas, perak, timah dll (Herman, 2006). Menurut Satriago (1996), *tailing* merupakan limbah yang dihasilkan dari penggerusan bijih untuk diambil mineral yang berharga. Untuk itu *tailing* adalah bahan sisa dari proses pengolahan mineral. Komposisi *tailing* pertambangan umumnya sekitar 50% lumpur batuan dan 50% air, jadi *tailing* tersebut berwujud *slurry*.

Tailing yang tersimpan tergantung pada sifat fisik dan kimiawi bijih tambang, topografi lokasi, kondisi iklim dan tempat dimana lokasi penambangan serta pabrik pengolahan berada. Pengelolaan dan penyimpanan *tailing* yang tidak tepat dapat mencemari lingkungan. Herman (2006) mengemukakan *tailing* mempunyai tingkat pelapukan kimiawi dan aktivitas biokimia yang tinggi sehingga mempercepat mobilisasi unsur-unsur berpotensi racun. Menurut Siringoringo *et al* (2001) menunjukkan kandungan *tailing* lumpur emas mengandung Cu total 1260 ppm, Fe tersedia 130 ppm, Pb total 524 ppm, P₂O₅ total 174 mg / 100 g, P₂O₅ tersedia tidak terukur, K₂O total 72 mg/100g, K₂O tersedia 51 mg/100g, C organik 0,3%, N total 0,3%, Ca_{dd} 16,6 me/100g, Mg_{dd} 3,3 me/100g, K_{DD} 2,0 ME/100g, Na_{dd} 3,0 me/100g, KTK 29 me/100g, KB 86% dan nilai pH KCL 6,8, pH H₂O 7,8. Hasil analisis kandungan *tailing* pada desa Sekotong mengandung unsur Pb 22,58 ppm, Cd 0,46 ppm dan Cn 0,150 ppm. Logam-logam tersebut masuk ke dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) sesuai dengan PP No. 19/1994.

Logam berat masih termasuk dalam golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam lainnya. Perbedaan dengan logam lainnya yaitu pengaruh yang dihasilkan bila logam berat berikatan dan atau masuk ke dalam organisme hidup. Berbeda dengan logam biasa, logam berat biasanya menimbulkan efek – efek khusus pada makhluk hidup karena beracun (Palar, 2004). Pada kadar rendah, logam berat sudah beracun bagi tanaman, hewan termasuk manusia. Pernyataan tersebut didukung oleh Connel dan Miller (1995) menyatakan bahwa

kandungan logam berat yang berlebih dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan, penurunan produktivitas tanaman serta juga menyebabkan kematian. Logam berat yang sering mencemari tanaman adalah Hg, Cr, Cd, As dan Pb.

2.2.1 Logam Timbal (Pb)

Timbal adalah unsur yang bersifat racun jika melebihi ambang batas yang ditentukan dan memiliki potensi sebagai golongan logam berat *trace elements*. Adriano (1996) dalam Notodarmojo (2005) mendefinisikan *trace elements* adalah zat kimia yang jumlahnya sedikit namun bila terdapat konsentrasi sedang hingga tinggi dapat menjadi potensi keracunan dan gangguan fisiologis pada makhluk hidup. Timbal juga digolongkan sebagai logam berat *Persistent, Bioaccumulative and Toxic* (PBT). Golongan PBT adalah bahan-bahan kimia yang tidak mudah terdegradasi, mudah terakumulasi dan beracun bagi makhluk hidup (Hill, 2004). Penyerapan unsur yang melebihi nilai ambang batas oleh tubuh manusia akan mengikat secara kuat sejumlah molekul asam amino, haemoglobin, enzim, RNA dan DNA. Hal ini akan mengarah kepada kerusakan saluran metabolik, hipertensi darah, hiperaktif dan kerusakan otak (Herman, 2006).

Kehadiran timbal Pb pada lapisan kulit bumi rata – rata pada konsentrasi 16 $\mu\text{g/g}$ tanah (Lepp, 1981 dalam Irawan, 2006) dan diketahui bahwa timbal memiliki tingkat toksisitas yang tinggi terhadap proses fisiologis tumbuhan tingkat tinggi. Menurut Tanton dan Crowdy (1971), penyerapan aktual dan asosiasi timbal oleh tanaman dipengaruhi oleh hampir semua faktor lingkungan. Timbal masuk ke akar tanaman hanya di daerah akar rambut dan endodermis akar muncul untuk membatasi pergerakan timbal dalam aliran transpirasi. Kehadiran logam Pb dalam tanah dapat dalam bentuk : emisi gas kendaraan, limbah industri plastic, baterai, cat, kertas, keramik, pestisida, industri pelapisan logam maupun bahan induk tanah (Alloway,1990). Baku mutu kandungan Pb dalam tanah untuk pertanian sebesar 150 ppm (Dalhousie University, 1992). Irawan (2006) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa konsentrasi Pb dalam tanah sebesar 200 ppm telah menyebabkan tercemarnya Caisem sebagai makan konsumsi. Dampak dari kehadiran logam Timbal (Pb) di tanah menyebabkan terblokirnya kation – kation

hara pada kompleks pertukaran kation, terhambatnya proses mineralisasi nitrogen dan fosfor (Xian, 1989).

2.2. Peran Mikoriza dalam mengikat logam berat dan perbaikan pertumbuhan tanaman.

Ada beberapa keuntungan yang dapat diperoleh tanaman dengan adanya hubungan simbiosis dengan cendawan mikoriza antara lain:

1. Peningkatan penyerapan unsur hara

Tanaman bermikoriza biasanya akan tumbuh lebih baik daripada tanaman tanpa mikoriza. Salah satu factor yang menyebabkan hal ini adalah karena mikoriza secara efektif mampu meningkatkan penyerapan unsur hara. Perbaikan penyerapan unsur hara dapat terjadi karena mikoriza menghasilkan enzim yang dapat membantu penyediaan unsur hara (P, N) dalam bentuk terikat menjadi tersedia bagi tanaman yang nantinya dapat digunakan oleh tanaman (Smits dan Read, 1997).

2. Memperbaiki struktur tanah

Mikoriza mampu memperbaiki struktur tanah dengan cara menyelimuti agregat – agregat tanah. Stabilitas agregat meningkat karena adanya gel polisakarida yang dihasilkan oleh cendawan pembentuk mikoriza. Selain itu, hifa cendawan mikoriza mampu masuk ke dalam celah dan memecah partikel tanah saat hifa tumbuh dan berkembang (Irawan, 2006).

3. Meningkatkan serapan hara P

Mikoriza juga diketahui berinteraksi sinergis dengan bakteri pelarut fosfat atau bakteri pengikat N. Inokulasi bakteri pelarut fosfat (PSB) dan mikoriza dapat meningkatkan serapan P oleh tanaman tomat (Kim et al, 1998) dan pada tanaman gandum (Madjid, 2009)

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa logam berat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan cendawan mikoriza. Seperti yang disebutkan Wilkins (1989), pemberian logam Pb pada tanaman Pinus Baskiana yang telah diinokulasi cendawan ektomikoriza hingga dosis 100 ppm menyebabkan penurunan persentase koloni mikoriza hingga 90% jika

dibandingkan dengan dosis Pb sebesar 10 μM . Pada Kondisi lingkungan yang ekstrim akan berdampak buruk pada perkembang cendawan ektomikoriza, termasuk proses infeksi terhadap akar. Sejalan dengan peningkatan dosis logam Al, Cu, Zn, Fe, Cd, Cr dan Hg maka berat kering miselia cendawan semakin berkurang bahkan tidak dapat tumbuh pada dosis 400 ppm (Tam, 1995). Namun cendawan ektomikoriza memiliki kemampuan mengikat logam berat ke dalam komponen dinding sel cendawan. Pengikatan logam berat tersebut juga dapat terjadi di dalam sel vakuola cendawan oleh ion phospat (Galli *et al*, 1994).

Mikoriza akan dapat berkembang dengan baik bila tidak ada hambatan aerasi. Hal tersebut menyebabkan mikoriza dapat berkembang lebih baik pada tanah berpasir dibandingkan pada tanah berliat atau gambut. Pertumbuhan optimal mikoriza terjadi pada pH = 4-6, bahkan ada beberapa jenis yang tumbuh baik pada pH = 3. Menurut Islami dan Utomo (1995) selain pH tanah, kondisi tanah yang mempengaruhi perkembangan mikoriza adalah drainase, ketersediaan bahan organik dan ketersediaan hara.

2.3. Peran Bahan Organik dalam mengikat logam berat dan perbaikan kesuburan tanah

Bahan organik merupakan sumber kehidupan atau kesuburan pada tanah. Tanpa bahan organik, produksi pertanian tidak akan berkelanjutan. Bahan organik merupakan semua bagian tanaman termasuk akar tanaman dan hewan baik hidup maupun mati. Menurut Simanungkalit (2006), sumber bahan organik dapat berupa kompos, pupuk hijau, pupuk kandang, sisa panen (jerami, brangkas, tongkol jagung, bagas tebu, dan sabut kelapa), limbah ternak, limbah industri yang menggunakan bahan pertanian, dan limbah kota. Menurut Hairiah (2005), bahan organik tanah adalah sisa organisme (tanaman, hewan, manusia) yang telah atau sebagian dilapuk di dalam dan permukaan tanah serta mikroorganisme baik mati maupun hidup.

Bahan organik yang berasal dari tumbuhan juga dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas lahan bekas tambang dan rehabilitasi lahan yaitu dengan berdasarkan prinsip jerapan yang dapat terjadi antara bahan organik, liat dan logam berat. Penjerapan logam-logam berat di dalam tanah oleh senyawa

organik bermula dari keberadaan senyawa organik pada misel tanah yang berasal dari penambahan bahan organik pada tanah. Adanya senyawa organik di dalam misel tanah akan mengakibatkan pembesaran ruang-ruang misel tanah. Di dalam proses penjerapan, molekul organik akan menggantikan air yang terjerap oleh liat. Sebaliknya senyawa organik yang terjerap sering dapat bertukar melalui pencucian dengan air, kecuali yang terdapat dalam ruang-ruang antar misel. Persenyawaan koordinasi mengakibatkan terbentuknya senyawa kompleks. Hal ini terbentuk oleh bahan organik sebagai penyumbang pasangan elektron yang mengikat suatu logam atau ion. Logam akan menempati pusat yang dikelilingi gugusan senyawa lain. Ion-ion logam yang membentuk kompleks dengan bahan organik ini dapat pula terikat oleh partikel-partikel liat. Logam tersebut akan membentuk suatu jembatan antar senyawa organik dan permukaan liat membentuk agregat tanah (Anonymous, 1991b).

Salam *et al* (1997) mengemukakan bahwa bahan organik umumnya memiliki berbagai jenis gugus fungsional, sehingga penambahan bahan organik pada permukaan tanah dapat meningkatkan daya jerap tanah dan menurunkan konsentrasi fraksi labil logam berat dalam tanah. Kemasaman tanah (pH) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi fraksi labil logam berat di dalam tanah. Fraksi labil logam berat menurun dengan meningkatnya pH tanah, dan penurunan ini disebabkan oleh meningkatnya daya jerap tanah sebagai akibat dehidrogenase berbagai gugus fungsional di dalam tanah yang dirangsang oleh semakin tingginya aktifitas ion OH⁻. Samosir (1994) mengemukakan bahwa bahan organik yang berasal dari bahan tanaman kaya akan asam-asam humus yang bermuatan listrik negatif karena itu humus mampu menjerap kation dari logam-logam berat yang bersifat toksik terhadap tanaman.

Liat dan humus berperan sebagai kompleks jerapan tanah, kompleks ini dapat menjerap kation dan anion dalam jumlah kecil. Terhadap ion-ion logam, liat dan humus tidak saja menjerap tetapi juga dapat membentuk senyawa kompleks atau memfiksasi ion-ion tersebut sehingga lebih sulit dipertukarkan atau dapat dibebaskan ke dalam larutan tanah. Hal ini dapat mengurangi kelarutan unsur-unsur yang meracuni tanaman (Tan, 1991).

Pembentukan senyawa kompleks adalah reaksi ion logam dengan ligan (suatu senyawa organik yang dapat memfiksasi kation logam) melalui pasangan elektron (*electron pair sharing*), menghasilkan persenyawaan koordinasi logam (*metal coordination compound*). Ion logam merupakan penerima pasangan elektron (*electron pair acceptor*). Dan ligan merupakan pemberi pasangan elektron (*electron pair donor*). Dalam pembentukan kompleks ion logam sebagai ion pusat sementara ion-ion organik dikoordinasikan disekelilingnya, seperti contoh di bawah ini (Anonymous, 1991a).

Selain menyerap logam berat, manfaat dari bahan organik tanah antara lain dapat memperbaiki struktur tanah, drainase dan daya menahan air; pelengkap nutrisi atau unsur hara; dan meningkatkan kapasitas tukar kation. Pengelolaan bahan organik dengan cara mengembalikan bahan organik pada tanah merupakan cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kesuburan tanah. Tanpa bahan organik yang cukup, unsur hara esensial terdrainase dan tidak dapat diserap tanaman atau tidak dapat ditahan oleh partikel tanah sehingga struktur tanah menjadi lemah dan tanah menjadi mudah terbawa angin maupun air (*erosi*). Simanungkalit (2006) menambahkan bahwa bahan organik juga berperan sebagai sumber energi dan makanan mikroba tanah sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikroba tersebut dalam penyediaan hara tanaman. Jadi penambahan bahan organik di samping sebagai sumber hara bagi tanaman, sekaligus sebagai sumber energi dan hara bagi mikroba.

Eceng gondok termasuk tumbuhan perennial dan merupakan tumbuhan yang dapat mengapung bebas bila air dalam dan berakar di dasar bila air dangkal. Tumbuhan tersebut berkembang biak dengan stolon (*vegetatif*) dan juga secara generatif, tiap tahun berbunga, dan setelah 20 hari terjadi penyerbukan, buah masak, lepas dan pecah, biji masuk ke dasar air. Karangan bunga berbentuk bulir, bertangkai panjang, dan terdapat 10-35 bunga; tangkai dengan 2 daun pelindung yang duduknya sangat dekat, yang terbawah dengan helaian kecil dan pelepah yang berbentuk tabung.

Hasil penelitian yang dilakukan di India, menunjukkan bahwa eceng gondok yang masih segar mengandung 95,5 % air; 3,5 % bahan organik; 0,04 % nitrogen; 1 % abu; 0,06 % fosfor sebagai P_2O_5 dan 0,20 % kalium sebagai K_2O .

Lebih lanjut dikemukakan pula bahwa percobaan analisis kimia tumbuhan eceng gondok atas dasar bahan kering menghasilkan 75,8 % bahan organik; 1,5 % nitrogen; dan 24,2 % abu. Analisis terhadap abu yang dilakukan menunjukkan 7.0 % fosfor sebagai P₂O₅; 28,7 % kalium sebagai K₂O; 1,8 % natrium sebagai Na₂O; 12,8 % kalsium sebagai CaO dan 21,0 % khlorida CCL. Hasil analisis kompos eceng gondok atas dasar bahan kering adalah 2,05 % nitrogen; nisbah karbon (C) dan nitrogen (N) adalah 13:1 ; 1,1 % fosfor sebagai P₂O₅ ; 2,5 % kalium sebagai K₂O ; 3,9 % Ca sebagai C₂O.

Penggunaan eceng gondok sebagai bahan kompos diharapkan dapat membawa perubahan yang lebih baik bagi dunia pertanian. Tujuan pemberian kompos pada suatu lahan antara lain untuk memperkaya bahan makanan bagi tanaman dan memperbaiki sifat fisika dan kimia tanah akibat pencucian. Tujuan tersebut akan terpenuhi jika bahan yang akan dikomposkan mengandung unsur-unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Kompos dibuat dengan cara membusukkan bahan sisa tumbuhan atau hewan dalam suatu tumpukan. Pengertian pengomposan menurut Murbandono (2005) adalah menumpukkan bahan-bahan organis dan membiarkan terurai menjadi bahan-bahan yang mempunyai perbandingan C/N yang rendah atau mendekati C/N tanah sebelum digunakan sebagai pupuk. Jadi dari pengertian itu dapat dikatakan bahwa prosesnya berlangsung pada keadaan yang diatur sehingga akan menghasilkan suatu produk yang berguna bagi pertanian. Pada pengomposan proses peruraian oleh kegiatan mikroorganisme ditingkatkan dengan cara mengusahakan lingkungan yang cocok untuk perbanyak mikroorganismenya serta kegiatannya.

Bahan organik yang telah terkomposkan dengan baik bukan hanya memperkaya unsur hara, tetapi terutama berperan besar terhadap perbaikan sifat-sifat tanah yaitu :

1. Mempertinggi kemampuan penampungan air, sehingga tanah dapat lebih banyak menyediakan air bagi tanaman.
2. Memperbaiki drainase dan tata udara tanah.
3. Meningkatkan pengaruh pemupukan dari pupuk-pupuk buatan.
4. Mempertinggi daya ikat tanah terhadap zat hara sehingga tidak mudah larut oleh pengairan atau air hujan.

2.5. Respon Tanaman Jagung terhadap keberadaan unsur hara

Tanaman akan menyerap unsur hara dalam bentuk ion positif dan ion negatif yang terlarut dalam larutan tanah. Unsur hara dapat diserap tanaman setelah melalui mekanisme yaitu: diserap langsung oleh akar bersama dengan penyerapan air dari larutan tanah, melalui proses difusi tanpa mengikutsertakan air dan melalui proses pertukaran ion. Unsur hara yang diserap tanaman berasal dari 3 sumber sebagai berikut :

1. Bahan organik; sebagian besar unsur hara terkandung dalam bahan organik
2. Mineral alami; setiap jenis batuan mineral yang membentuk tanah mengandung bermacam-macam unsur hara dan
3. Unsur hara yang terjerap atau terikat; unsur hara ini terikat di permukaan atau di antara lapisan koloid tanah dan sebagai sumber utama dari unsur hara yang dapat diatur oleh manusia (Novizan, 2002). Unsur-unsur hara yang diserap akar tanaman dari dalam tanah banyaknya berbeda-beda. Hal ini tergantung dari jenis atau spesies tanaman-tanamannya (Sutedjo, 1995).

Jagung merupakan tanaman semusim (annual). Satu siklus hidupnya diselesaikan dalam 80-150 hari. Paruh pertama dari siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan paruh kedua untuk tahap pertumbuhan generatif. Tanaman jagung dapat tumbuh pada daerah – daerah yang beriklim tropis hingga daerah beriklim sedang antara 21^oC – 30^oC (Warisno, 1998). Akan tetapi menurut Suprpto dan Marzuki (2002), tanaman jagung akan tumbuh baik khususnya jagung hibrida dengan suhu optimum 23^oC – 27^oC dan pH antara 5.5 – 7.

Menurut Triyono (2009), tanaman jagung jenis unggul membutuhkan banyak nitrogen. Nitrogen ini dapat diberikan dengan pemupukan. Dosis pupuk nitrogen secara umum yang dianjurkan sebanyak 90 – 120 kg/ha. Karena kebutuhan nitrogen untuk pertumbuhan tanaman jagung cukup besar, maka diharapkan pemberian bahan organik mampu menambah nilai nitrogen pada masing-masing media perlakuan yang ditanami jagung sehingga kebutuhan nitrogen dapat tercukupi. Ditambahkan pula oleh Sarief (1989) bahwa pada

umumnya nitrogen sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang dan akar.

Selain itu tanaman jagung juga menyerap P dari larutan tanah, tetapi tanaman jagung yang kekurangan P dapat menyerap P dari bentuk tidak tersedia. P dapat diserap tanaman tergantung dari nilai pH tanah, dapat dalam bentuk $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} , (Novizan,2002)



BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan dengan 2 percobaan. Percobaan pertama yang dilakukan oleh Riyanto (2011) meliputi : tahap pertama pengambilan tanah tercemar *tailing* yang dilaksanakan pada bulan Februari – Maret 2010 di lahan pembuangan limbah bekas tambang emas pertambangan rakyat di Desa Sekotong, Kecamatan Sekotong, Lombok Barat dan tanah jenis Alfisol di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya di Desa Jatikerto, Kec. Kromengan, Kab. Malang. Tahap kedua yaitu perbanyakan mikoriza dengan menggunakan tanaman jagung. Tahap ketiga penanaman yang dilakukan di Glass House Pertanian Universitas Brawijaya. Selanjutnya dilakukan analisa laboratorium meliputi analisa kimia, fisika dan biologi yang dilakukan di Laboratorium Jurusan Tanah (Riyanto, 2011).

Percobaan ke dua terdiri dari 3 tahapan, tahap pertama pembuatan kompos di UPT Kompos dan persiapan media dilakukan di Laboratorium Pengereng Universitas Brawijaya Malang pada bulan April-Mei 2011. Tahap ke dua penanaman tanaman jagung dilakukan di Green House Desa Kemiri Kecamatan Kepanjen pada bulan Juni-Agustus 2011. Analisis Pb, C-organik, Ph dan N total tanah dilakukan di laboratorium Laboratorium Kimia, pengukuran berat kering tanaman dilakukan di laboratorium Biologi Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang pada bulan September 2011-Januari 2012.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam percobaan pertama meliputi 18 polybag dengan kapasitas 5kg/pot, gembor untuk menyirami tanaman agar tetap dalam kondisi kapasitas lapang. Alat tulis dan penggaris untuk menghitung jumlah daun serta tinggi tanaman tiap minggu. Bahan yang digunakan dalam percobaan meliputi tanah jenis Alfisol, *tailing*, inokulasi mikoriza dan pupuk dasar (Riyanto, 2011).

Alat pada percobaan kedua sebanyak 36 polybag dengan kapasitas 2 kg/pot sebagai tempat tanah yang digunakan di dalam percobaan rumah kaca. Gembor untuk menyirami tanaman agar tetap dalam kondisi kapasitas lapang, serta alat tulis dan penggaris untuk mengukur tinggi tanaman, jumlah daun dan luas daun. Bahan pada percobaan ke dua meliputi tanah pascafitoremediasi tercemar tailing yang diinokulasi mikoriza dan tidak diinokulasi mikoriza. Kompos eceng gondok yang berperan sebagai pengikat logam berat dan memperbaiki kesuburan tanah sebanyak . Benih jagung hibrida yang digunakan sebagai tanaman indikator dalam penelitian ini dan Urea, SP₃₆, KCl sebagai pupuk dasar awal pertanaman.

3.3. Rancangan Penelitian

Percobaan pertama yang dilakukan oleh Riyanto (2011) menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah perbedaan komposisi *tailing* dengan Alfisol. Faktor kedua adalah inokulasi mikoriza dan tanpa inokulasi mikoriza (Tabel 2a). Sedangkan tanamannya menggunakan sengo (*Paraserienthes Falcataria (L) Nielsen*).

Tabel 2a. Komposisi perlakuan tahap ke pertama*

Inokulasi Mikoriza (M)	Tailing (T)		
	0 % (T ₀)	15 % (T ₁)	30 % (T ₂)
Inokulasi Mikoriza arbuskula (M ₁)	T ₀ M ₁	T ₁ M ₁	T ₂ M ₁
Tanpa Inokulasi Mikoriza arbuskula (M ₀)	T ₀ M ₀	T ₁ M ₀	T ₂ M ₀

Keterangan : * Riyanto, 2011.

Percobaan kedua menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 12 perlakuan dan 3 kali ulangan untuk masing – masing media tanam. Pada penelitian tahap ke dua, peneliti menambahkan faktor bahan organik. Komposisi perlakuan dalam percobaan ke dua dapat dilihat pada tabel 2b.

Tabel 2b. Komposisi perlakuan tahap ke dua

No	Perlakuan	Kode
1	<i>Tailing</i> (0%) + Alfisol (100%)	T ₀
2	<i>Tailing</i> (0%) + Alfisol (100%) + Mikoriza	T ₀ M
3	<i>Tailing</i> (0%) + Alfisol (100%) + BO	T ₀ B
4	<i>Tailing</i> (0%) + Alfisol (100%) + Mikoriza+ BO	T ₀ BM
5	<i>Tailing</i> (15%) + Alfisol (85%)	T ₁
6	<i>Tailing</i> (15%) + Alfisol (85%) + Mikoriza	T ₁ M
7	<i>Tailing</i> (15%) + Alfisol (85%) + BO	T ₁ B
8	<i>Tailing</i> (15%) + Alfisol (85%) + Mikoriza+ BO	T ₁ BM
9	<i>Tailing</i> (30%) + Alfisol (70%)	T ₂
10	<i>Tailing</i> (30%) + Alfisol (70%) + Mikoriza	T ₂ M
11	<i>Tailing</i> (30%) + Alfisol (70%) + BO	T ₂ B
12	<i>Tailing</i> (30%) + Alfisol (70%) + Mikoriza+ BO	T ₂ BM

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Persiapan Media

Pada percobaan tahap pertama pengambilan Alfisol di lapangan dilakukan pada lahan hutan jati dan *tailing* pada lahan pembuangan limbah tambang emas dengan metode *random sampling*, pada lapisan olah tanah (0-20cm). Semua contoh tanah diayak dengan ayakan 2 mm dan tanah yang lolos ayakan digunakan sebagai media tanam percobaan. Tanah tersebut kemudian dicampur sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. Masing-masing pot tanah berisikan 5 kg tanah setara kering udara dan kemudian dikondisikan kapasitas lapangan, sebagian tanah diambil untuk analisa dasar yaitu KTK, pH, KA, C-organik, tekstur, identifikasi mikoriza, N, P tersedia, K dapat ditukar, dan basa-basa tersedia (Ca, Mg, Na) (Riyanto, 2011).

Pada percobaan tahap ke dua, tanah pascafitoremediasi dari 1 perlakuan (3 ulangan) di homogenkan dengan cara mencampur ke tiga ulangan dalam wadah tertutup, begitu juga pada perlakuan yang lain. Tanah dikering anginkan, setelah

itu di ayak menggunakan ayakan 2 mm. Tanah yang lolos ayakan terlebih dahulu ditimbang 2 kg setara kering udara, setelah itu dimasukkan ke dalam polybag secara bertahap supaya tidak terjadi pemadatan di bagian bawah. Kemudian ditambahkan air sampai kondisi kapasitas lapang. Tanah yang sudah di polibag, ditambahkan bahan organik berupa kompos eceng gondok setara 10ton/ha untuk perlakuan dengan bahan organik (Lampiran 2), kemudian di inkubasi selama 2 minggu supaya bahan organik tercampur dengan tanah, sedangkan untuk pemberian pupuk dasar dilakukan 2 hari sebelum tanam, pupuk dasar yang diberikan setara 132 N/ha, 100kg P/ha, 50kg K/ha (Lampiran 2).

3.4.2. Pembuatan Kompos Eceng Gondok

Kompos Eceng Gondok dibuat dari tanaman eceng gondok yang diambil dari perairan sungai Brantas. Sebelum dibuat kompos, Eceng Gondok dikeringkan terlebih dahulu agar kandungan air dalam tanaman berkurang. Langkah-langkah pembuatan kompos adalah, pertama mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan kompos yaitu eceng gondok, dedak, sekam, gula/molase, EM4, karung plastik. Setelah itu cincang/giling 15 kg eceng gondok yang sudah kering sampai halus untuk mendapatkan kompos halus. Kemudian diberi 30 ml EM 4 + 30 ml molasse, dicampur (diaduk) didalam wadah yang disediakan, setelah itu campur dengan 3 L air, kemudian disiramkan secara merata ke bahan yang sudah tercampur dengan perbandingan 3:1:1, aduk sampai merata. Setelah itu masukkan bahan – bahan yang sudah dicampur tadi ke dalam karung plastik, lalu tutup karung plastik. Selanjutnya dilakukan pengamatan perubahan suhu, bau dan warna setiap 3 hari sekali selama 4 minggu. Kompos akan matang apabila suhu sudah turun seperti awal.

3.4.3. Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati dalam pengamatan pada tanah meliputi pengamatan sifat kimia. Pengamatan dilakukan di laboratorium kimia tanah Fakultas Pertanian UB, metode serta waktu pengamatan dapat dilihat pada Tabel 3. Pengamatan tanaman dilakukan secara non destruktif dan destruktif.

Pengamatan non destruktif meliputi tinggi tanaman luas daun dan jumlah daun. Pengamatan destruktif meliputi berat kering dan berat basah tanaman jagung. Metode serta waktu pengamatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Pengamatan dan Analisa Sampel

Pengamatan	Parameter	Metode	Waktu
Kompos Eceng Gondok	C-Organik	Walkey and Black	0 HST
	N total	Kjedahl	
	C/N Ratio	Perhitungan	
Tanah	C-Organik	Walkey and Black	0 dan 56 HST
	N total	Kjedahl	
	C/N Ratio	Perhitungan	
	pH	Elektrolit	
	Pb (Timbal)	AAS, dengan pereaksi HNO ₃	
Tanaman	Tinggi tanaman	Meteran	3,7,14,28 dan 56 HST
	Luas daun	Manual	
	Pb tajuk dan akar	AAS, dengan pereaksi HNO ₃	56HST
	Berat basah dan kering biomasa jagung (tajuk dan akar)	Gravimetri	56HST

3.4.4. Penanaman dan Pemeliharaan

Percobaan ini menggunakan tanaman jagung sebagai tanaman indikator percobaan. Benih jagung ditanam sebanyak 5 biji setiap polybag dengan kapasitas 2 kg tanah. Satu minggu setelah tanam dilakukan penjarangan dan dipilih 1 tanaman yang terbaik. Selama pertumbuhan, kondisi tanah dipertahankan dalam kondisi kapasitas lapangan dengan melakukan pemberian air setiap hari sesuai dengan kebutuhan air tanaman hingga panen. Penyiangan dilakukan dengan mencabuti gulma yang tumbuh disekitar tanaman.

3.5. Analisa Data

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter pengamatan digunakan analisis ANOVA dengan $\alpha = 5\%$. Perbandingan pengaruh masing-masing perlakuan dilakukan dengan uji F taraf 5%. Uji korelasi digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter pengamatan dengan menggunakan SPSS 11.

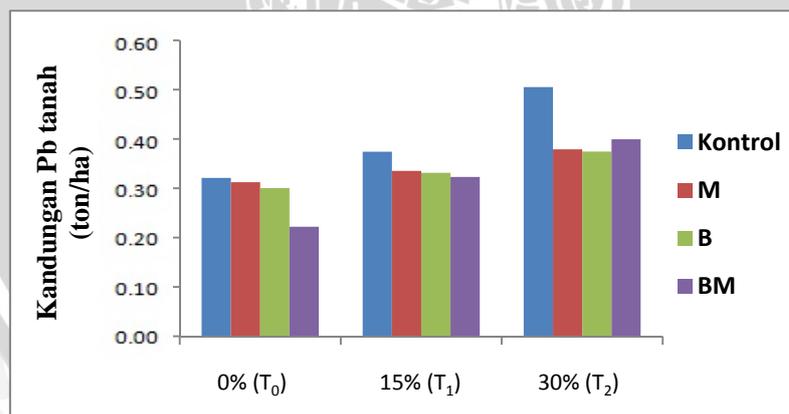


BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kandungan Pb Pada Tanah Pascafitoremediasi Dan Tanaman Jagung.

Analisa kandungan Pb dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu pada tanah pasca panen, tajuk tanaman Jagung 56 HST, dan akar tanaman jagung 56 HST. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman Jagung mampu bertahan hidup pada media tanam dengan kandungan logam berat tinggi yaitu Pb 0.51 ton/ha (konsentrasi *tailing* 30%), Pb 0.37 ton/ha (konsentrasi *tailing* 15%) (Lampiran 6b). Hal ini juga di dukung berdasarkan hasil pengamatan parameter pertumbuhan tanaman Jagung yang mampu bertahan pada konsentrasi *tailing* 30% walaupun mengalami penurunan pertumbuhan.

Umumnya pada semua perlakuan memiliki kandungan Pb yang rendah dibandingkan dengan perlakuan kontrol T₀, T₁, T₂ (tanpa inokulasi mikoriza dan bahan organik) (Gambar 2). Namun pada perlakuan kombinasi mikoriza dan bahan organik konsentrasi *tailing* 30% mengalami peningkatan dibandingkan dengan perlakuan inokulasi mikoriza dan perlakuan bahan organik.



Keterangan : T₀ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 0%) ; T₁ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 15%) ; T₂ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 30%); B (Dengan BO 10ton/ha) ; M (Tanah Pascafitoremediasi Bermikoriza) ; BM (Dengan BO 10ton/ha pada tanah Pascafitoremediasi bermikoriza) ;

Gambar 2. Rerata kandungan Pb tanah pada 56 HST

Persentase bahan organik pada tanah berhubungan terbalik terhadap kandungan Pb dalam media tanam, dimana besarnya kandungan Pb yang ada dalam media sesuai dengan perlakuan banyaknya persentase *tailing* yang diberikan. Salam *et al.*, (1997) mengatakan bahwa bahan organik umumnya memiliki berbagai jenis gugus fungsional, sehingga penambahan bahan organik dapat meningkatkan daya jerap tanah dan menurunkan konsentrasi fraksi logam berat dalam tanah. Hasil penelitian Aryanto *et al.* menyatakan bahwa dari analisa kadar logam, yang dalam hal ini logam Kromium (Cr) terjadi penurunan kadar Cr dalam tanah diikuti dengan hasil mengenai kadar bahan organik bahan organik yang lebih tinggi. Dari hasil analisa ini disimpulkan bahwa penurunan kadar Cr disebabkan karena adanya pengkhelatan bahan organik terhadap logam berat Cr. Pendapat tersebut juga diperkuat oleh Tan (1998) bahwa dengan memberikan humus pada permukaan tanah masam akan menyebabkan fraksi – fraksi logam berat mengalami pengkhelatan logam oleh bahan organik sehingga ketersediaan logam berat akan menurun.

Mikoriza di duga mampu mengikat ion – ion logam Pb, Zn dan Cu dalam dinding sel hifanya dan dapat melindungi tanaman dari ion – ion logam tersebut (Rossiana 2003; Vogel *et al.*, 2006). Galli *et al.* (1994) juga menyebutkan, koloni mikoriza pada akar tanaman melindungi akar dari logam berat, disisi lain mikoriza mampu meningkatkan daya serap akar terhadap unsur – unsur essential bagi tanaman.

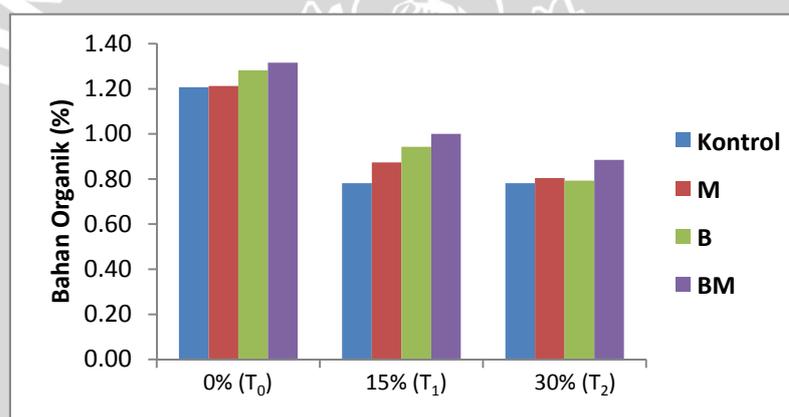
Pada semua perlakuan, analisa kandungan logam berat Pb menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*), pada tajuk dan akar tanaman Jagung ternyata tidak terdeteksi. Ada 2 kemungkinan dari hasil penelitian ini: pertama kandungan dari logam berat Pb sangat rendah yaitu kurang dari 0.009 ppm. Kedua mungkin saja karena pH tanah tidak dalam keadaan masam, sehingga Pb tidak larut ke dalam tanah. Perpindahan Pb dari tanah ke tanaman tergantung komposisi dan pH tanah, serta KTK. Tanaman dapat menyerap logam Pb pada saat kondisi kesuburan tanah, kandungan bahan organik serta KTK tanah rendah. Pada keadaan ini logam berat Pb akan terlepas dari ikatan tanah dan berupa ion yang bergerak bebas pada larutan tanah. Jika logam lain tidak mampu menghambat keberadaannya, maka akan terjadi serapan Pb oleh akar tanaman.

Hal ini di tunjang oleh pernyataan Soepardi (1983) bahwa Pb tidak akan larut ke dalam tanah jika tanah tidak terlalu masam.

4.2. Pengaruh Tanah Pascafitoremediasi Dan Penambahan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah

4.2.1. Bahan Organik

Ketersediaan C-organik yang tinggi di dalam tanah menunjukkan ketersediaan bahan organik yang tinggi pula di dalam tanah. Untuk mempertahankan keberadaannya maka penambahan bahan organik dari luar diharapkan dapat mempertahankan ketersediaannya di dalam tanah. Pengaruh tailing dan penambahan bahan organik terhadap persentase bahan organik di tanah dari tiap perlakuan disajikan pada gambar 3.



Keterangan : T₀ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 0%) ; T₁ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 15%) ; T₂ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 30%); B (Dengan BO 10ton/ha) ; M (Tanah Pascafitoremediasi Bermikoriza) ; BM (Dengan BO 10ton/ha pada tanah Pascafitoremediasi bermikoriza) ;

Gambar 3. Rerata Kandungan Bahan Organik Dalam Media Tanam 56 HST

Berdasarkan hasil analisa ragam bahan organik (Lampiran 7b) menunjukkan bahwa perlakuan media tanam memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan bahan organik di dalamnya. Pada konsentrasi 0% *tailing* perlakuan kontrol (T₀) tidak berbeda nyata dengan perlakuan T₀M (inokulasi mikoriza) namun berbeda nyata dengan perlakuan T₀B (bahan organik) dan T₀BM (inokulasi mikoriza dan bahan organik) (Gambar 3). Terjadi peningkatan bahan organik dari perlakuan kontrol T₀ terhadap perlakuan T₀BM sebesar 8,2%

(Gambar 3). Walaupun terjadi peningkatan bahan organik, namun masih dalam kriteria bahan organik yang sama (rendah). Peningkatan bahan organik juga terjadi pada perlakuan konsentrasi *tailing* 15% dari perlakuan kontrol (T₁) terhadap perlakuan T₁M (perlakuan inokulasi mikoriza) sebesar 11.76%, T₁B (perlakuan bahan organik) sebesar 20.59%, dan T₁BM (perlakuan inokulasi mikoriza dan bahan organik) sebesar 27.94%. Pada perlakuan konsentrasi *tailing* 30%, perlakuan kontrol T₂ tidak berbeda nyata dengan perlakuan inokulasi mikoriza (T₂M) dan perlakuan bahan organik (T₂B), namun berbeda nyata dengan perlakuan kombinasi inokulasi mikoriza dan bahan organik (T₂BM) (Gambar 3). Peningkatan bahan organik dari perlakuan kontrol T₂ terhadap perlakuan kombinasi mikoriza dan bahan organik (T₂BM) sebesar 7.86% (Lampiran 6a).

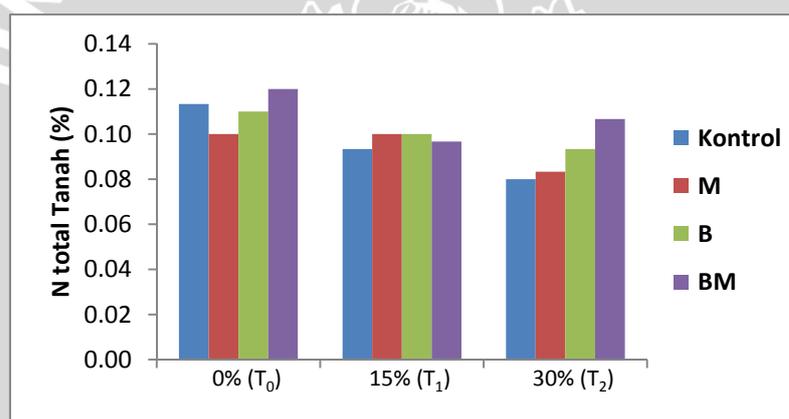
Peningkatan bahan organik ini dikarenakan penambahan bahan organik berupa kompos *Eceng Gondok* pada beberapa perlakuan dan juga di sebabkan oleh proses dekomposisi bahan organik. Terjadinya penurunan bahan organik dapat disebabkan akibat perubahan C-Organik menjadi CO₂ dan senyawa lainnya, selain itu juga terjadi karena diserap tanaman dan dapat juga terjadi perubahan C-organik menjadi bentuk CO₂ dan senyawa lain yang mudah menguap.

Penambahan bahan organik ke dalam tanah juga akan mempengaruhi peningkatan kadar C-organik tanah. Semakin banyak bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah, semakin banyak pula C-organik yang dilepaskan ke dalam tanah.

4.1.2. N Total Tanah

N total tanah menunjukkan jumlah total dari nitrogen yang terdapat dalam bentuk organik dan anorganik meliputi protein, asam amino, amina dan N mineral. Gambar 4 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kandungan nitrogen dalam tanah sejalan dengan peningkatan konsentrasi *tailing*. Hal ini dapat disebabkan oleh rendahnya kandungan hara pada *tailing* sehingga tidak memberikan masukan hara ketika *tailing* itu dikombinasikan sebagai media tanam. Namun dengan perlakuan inokulasi mikoriza serta bahan organik, dapat memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap kandungan Nitrogen dalam tanah.

Pada konsentrasi *tailing* 0%, nilai N total tanah terbesar pada perlakuan kombinasi mikoriza dan bahan organik (T₀BM) yaitu sebesar 0.12% sedangkan nilai terendah yaitu pada perlakuan inokulasi mikoriza (T₀M) sebesar 0.10% (Gambar 4). Peningkatan nilai N tertinggi yaitu pada perlakuan kontrol T₀A₁ terhadap perlakuan kombinasi mikoriza dan bahan organik T₀BM sebesar 5.88% (Lampiran 6b). Nilai N total tanah pada konsentrasi *tailing* 15% tidak mengalami perbedaan yang signifikan, nilai N total secara berturut-turut yaitu 0.093%; 0.10%; 0.10%; dan 0.097%. Pada konsentrasi *tailing* 30% terjadi perbedaan yang nyata antara perlakuan kontrol T₂, T₂M, T₂B dan T₂BM yaitu dengan nilai N total secara berturut-turut 0.080%; 0.083%; 0.093%; 0.107%. Peningkatan nilai N tertinggi yaitu pada perlakuan kontrol T₂ terhadap perlakuan kombinasi mikoriza dan bahan organik T₂BM sebesar 33.33% (Lampiran 6b).



Keterangan : T₀ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 0%) ; T₁ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 15%) ; T₂ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 30%); B (Dengan BO 10ton/ha) ; M (Tanah Pascafitoremediasi Bermikoriza) ; BM (Dengan BO 10ton/ha pada tanah Pascafitoremediasi bermikoriza) ;

Gambar 4. Rerata kandungan Nitrogen Total dalam Tanah 56 HST

Menurut Nuraini dan Nanang (2003), besar kecilnya nitrogen dalam tanah berpengaruh pada tingkat persaingan mikroorganisme dalam tanah untuk kelangsungan hidupnya. Bila kadar nitrogen dalam tanah rendah maka akan terjadi persaingan dengan tanaman (immobilisasi) sehingga hara menjadi tidak tersedia bagi tanaman maupun kompetisi antara sesama mikroorganisme.

Menurut Hardjowigeno (2003), bahwa hilangnya N dalam tanah dapat disebabkan oleh : a) diserap tanaman; b) digunakan oleh mikroorganisme; c) N dalam bentuk amonium (NH₄⁺) diikat oleh mineral liat illit sehingga tidak dapat

digunakan oleh tanaman; d) N dalam bentuk nitrat (NO_3^-) mudah tercuci oleh air hujan; dan e) pada tempat yang tergenang, berdrainase buruk dan bertata udara jelek dapat terjadi proses denitrifikasi dan volatilisasi dalam bentuk NH_3^+ .

4.3. Pengaruh Tanah Pascafitoremediasi Dan Penambahan Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Hasil pengamatan pengaruh pemberian bahan organik di tanah terkontaminasi tailing pascafitoremediasi terhadap pertumbuhan Jagung menunjukkan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, luas daun, bobot kering tajuk dan bobot kering akar, akan tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun (Tabel 4).

Tabel 4. Pengaruh Tanah Pascafitoremediasi Dan Penambahan Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung 56 HST.

Perlakuan	Tinggi Tanaman 56HST	Luas Daun cm^2	Jumlah daun helai	BK tajuk g/tanaman	BK akar g/tanaman
T ₀	128.99 de	2015.86 d	12 b	31.23 d	7.97 abc
T ₀ M	130.27 e	2241.01 ef	12 b	33.37 e	8.07 abc
T ₀ B	130.24 e	2410.57 f	12 cd	34.53 e	8.03 abc
T ₀ BM	135.73 f	2441.07 f	13 d	36.70 f	9.10 bcd
T ₁	125.69 c	1714.55 abc	11 a	29.03 bc	7.63 ab
T ₁ M	129.29 de	1790.33 bc	13 d	34.67 e	8.27 abcd
T ₁ B	128.60 d	2064.10 de	12 bc	33.63 e	9.10 bcd
T ₁ BM	129.31 de	2234.85 ef	14 e	34.67 e	9.80 d
T ₂	120.26 a	1545.99 a	12 b	24.26 a	7.20 a
T ₂ M	122.71 b	1614.18 ab	12 b	29.20 bc	7.67 ab
T ₂ B	125.83 c	1772.79 bc	12 a	28.67 b	7.33 a
T ₂ BM	125.60 c	1874.81 cd	12 b	30.67 cd	9.37 cd

Keterangan : Angka rata-rata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Duncan taraf 5%. T₀ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 0%); T₁ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 15%); T₂ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 30%); B (Dengan BO 10ton/ha); M (Tanah Pascafitoremediasi Bermikoriza); BM (Dengan BO 10ton/ha pada tanah Pascafitoremediasi bermikoriza);

Perlakuan kombinasi media tanam dengan mikoriza dan bahan organik memiliki pertumbuhan Jagung yang lebih baik daripada perlakuan media tanam tanpa inokulasi mikoriza maupun bahan organik (Tabel 4). Rerata pertumbuhan tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi *tailing* 0% dengan inokulasi

mikoriza dan kombinasi bahan organik (T_0BM), baik itu tinggi tanaman (135.73 cm), luas daun (2441.07 cm^2), jumlah daun (13 helai), dan bobot kering tajuk (36.70 g/tanaman). Rerata tinggi tanaman, luas daun, jumlah anakan daun, bobot kering tajuk dan bobot kering akar pada perlakuan kontrol konsentrasi *tailing* 0%, tanpa inokulasi mikoriza dan bahan organik (T_0) berturut-turut yaitu 128.99 cm; 2015.86 cm^2 ; 12 helai daun; 31.23 g/tanaman dan 7.97 g/tanaman .

Hasil pengamatan pada perlakuan *tailing* 15% menunjukkan adanya peningkatan pertumbuhan jagung jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol T_1 (tanpa inokulasi mikoriza dan bahan organik). Rerata tinggi tanaman, luas daun, jumlah anakan daun, bobot kering tajuk dan bobot kering akar pada perlakuan *Tailing* 15%, Alfisol 85%, Bahan Organik dan Mikoriza (T_1BM) berturut-turut yaitu 129.31 cm; 2234.85 cm^2 ; 14 helai daun; 34.67 g/tanaman ; 9.80 g/tanamana . Pada perlakuan *tailing* 15% tanpa inokulasi mikoriza dan bahan organik menunjukkan nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan perlakuan dengan inokulasi mikoriza dan bahan organik (T_1BM) yaitu berturut-turut 125.69 cm, 1714.55 cm^2 ; 11 helai daun; 29.03 g/tanaman ; 7.63 g/tanaman .

Pada perlakuan kombinasi *tailing* 30% dengan inokulasi mikoriza dan bahan organik menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan kombinasi *tailing* tanpa inokulasi mikoriza dan bahan organik, hal tersebut ditunjukkan dengan rerata tinggi tanaman, luas daun, bobot kering tajuk tanaman dan bobot kering akar pada perlakuan *tailing* 30% dengan inokulasi mikoriza dan bahan organik (T_2BM) sebesar 125.60 cm; 1874.81 cm^2 ; 30.67 g/tanaman , dan 9.37 g/tanaman . Rerata pada perlakuan *tailing* 30% tanpa inokulasi mikoriza dan bahan organik (T_2) berturut-turut yaitu 120.25 cm; 1545.99 cm^2 ; 24.26 g/tanaman ; 7.20 g/tanaman .

Dari Tabel 4 terlihat bahwa perlakuan konsentrasi *tailing* 30% secara nyata menghambat pertumbuhan tanaman Jagung. Sedangkan perlakuan konsentrasi *tailing* 15% menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi *tailing* 30%. Untuk lebih jelas adanya perbedaan antar perlakuan konsentrasi *tailing* pada umur 56 hari setelah tanam dapat dilihat pada Tabel 4. Hal ini dapat disebabkan dengan bertambahnya konsentrasi *tailing* pada media tanam, pertumbuhan jagung semakin menurun. Connell dan Miller (1995)

mengatakan bahwa kadar logam berat yang berlebihan dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman dan produktivitas tanaman menurun, bahkan dapat menyebabkan kematian pada tanaman. Selain itu dengan adanya logam berat dalam tanah dapat menyebabkan terbatasnya jumlah fosfor, kalium dan besi yang ada di jaringan akar dan akibatnya pertumbuhan akar dan perkembangan jaringan meristem akan terhambat. Hal itu di dukung dengan pernyataan Fitter dan Hay (1991), bahwa ion – ion logam dapat mengganggu kerja enzim dan akan mengganggu proses metabolisme tanaman serta berpengaruh terhadap pembentukan sel – sel jaringan tanaman.

Pada perlakuan kombinasi *tailing*, inokulasi mikoriza dan bahan organik (TBM) menunjukkan nilai pertumbuhan yang lebih baik daripada perlakuan tunggal tanpa inokulasi mikoriza dan bahan organik (T), kombinasi *tailing* – mikoriza (TM), maupun *tailing* – bahan organik (TB) di keseluruhan konsentrasi *tailing* (0%, 15% dan 30%) (tabel 4). Namun perlakuan tunggal inokulasi mikoriza (TM) dan bahan organik (TB) sudah lebih baik jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol tanpa inokulasi mikoriza dan bahan organik (T) di keseluruhan konsentrasi *tailing*. Hal ini menunjukkan bahwa mikoriza yang dikombinasikan dengan bahan organik akan meningkatkan pertumbuhan tanaman Jagung, dimana mikoriza akan meningkatkan penyerapan unsur hara dan bahan organik akan berperan dalam meningkatkan permeabilitas sel dan membran guna meningkatkan kemudahan penyerapan dan ketersediaan unsur hara.

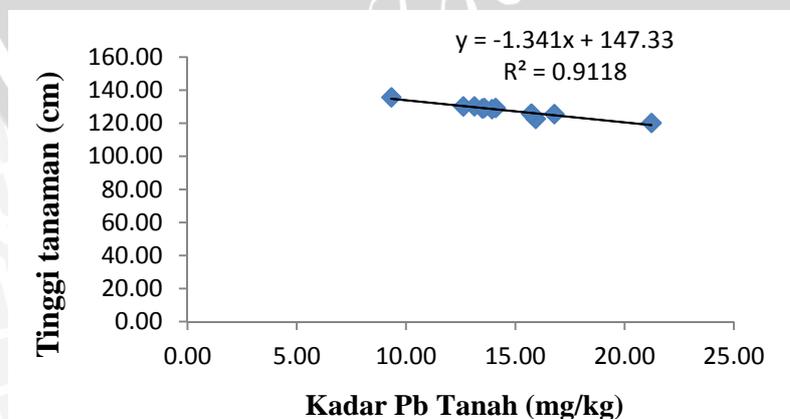
Rendahnya nilai pada perlakuan kontrol (T) dapat disebabkan karena pada perlakuan kontrol tidak memperoleh tambahan bahan organik, sehingga nutrisi atau hara yang dibutuhkan tanaman kurang tersedia dan hasil yang di dapatkan menjadi rendah. Masukan bahan organik memberikan sumbangan unsur hara ke dalam tanah, semakin tinggi bahan organik yang diberikan ke dalam tanah, maka dapat mempertinggi unsur hara di dalam tanah tersebut. Dalam hal ini diduga mikoriza juga dapat membantu dalam penyerapan unsur – unsur hara dan air serta merangsang secara aktif pertumbuhan sehingga menghasilkan sel – sel baru pada bagian titik tumbuh tanaman dan meningkatkan laju pertumbuhan vegetatif (Rossiana, 2003). Dengan adanya pertumbuhan sel – sel yang baik pada bagian titik tumbuh tanaman (batang, daun dan akar), maka akan meningkatkan biomasa

tanaman, hal ini sesuai dengan pernyataan Dwijoseputro (1994) yang menyatakan bahwa pertumbuhan organ – organ tanaman seperti akar, batang dan daun akan meningkatkan bobot kering tanaman.

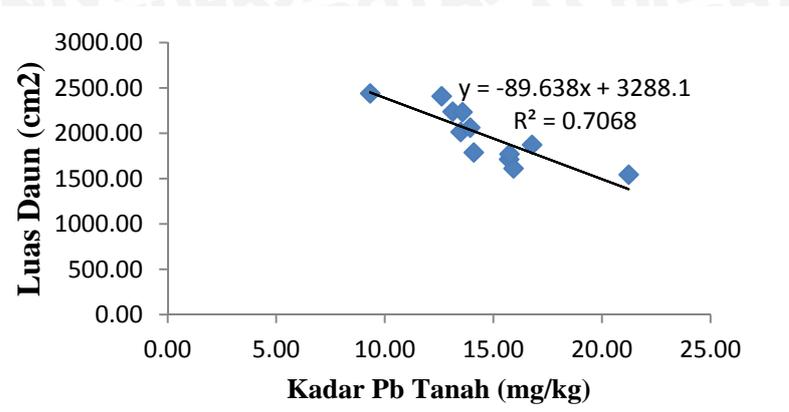
Pada perlakuan konsentrasi *tailing*, konsentrasi *tailing* 15% (T₁) menunjukkan pertumbuhan tanaman yang lebih rendah daripada perlakuan kontrol namun lebih baik daripada perlakuan konsentrasi *tailing* 30% (T₂) (Tabel 4). Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak logam berbahaya yang masuk ke dalam tanah akan menghambat pertumbuhan tanaman. Kandungan logam berat yang berlebih dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan tanaman, penurunan produktivitas tanaman serta dapat menyebabkan kematian. Selain itu menurut Barber dalam Conell dan Miller (1995) logam berat yang berlebihan dapat menyebabkan jumlah posfor, besi dan kalium yang ada di jaringan akar menjadi terbatas dan akan menghambat pertumbuhan akar dan perkembangan jaringan meristem.

4.4. Hubungan Pb Tanah, Bahan Organik Dan Pertumbuhan Tanaman Jagung

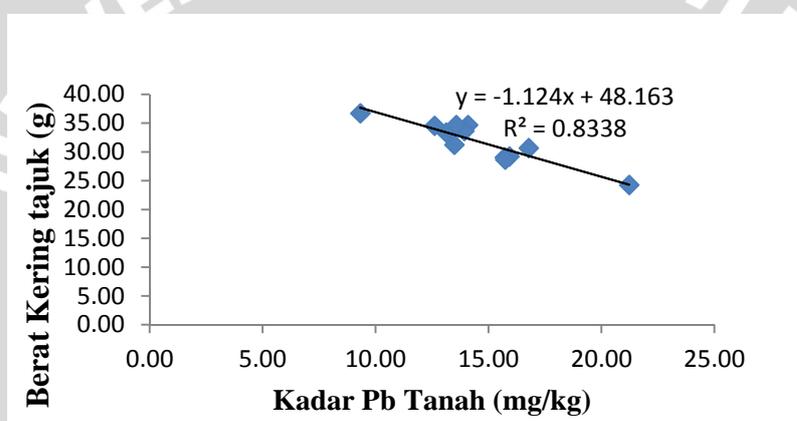
Dari hasil korelasi (Lampiran 8) didapatkan hasil korelasi negatif antara kadar Pb tanah terhadap tinggi tanaman ($r = -0.836^{**}$), luas daun ($r = -0.809^{**}$), bobot kering tajuk ($r = -0.807^{**}$). Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kadar Pb dalam tanah maka pertumbuhan tinggi tanaman (Gambar 5), luas daun (Gambar 6) dan bobot kering tajuk (Gambar 7) akan semakin menurun. Kadar Pb dalam tanah menunjukkan banyaknya unsur Pb per mg satuan berat tanah.



Gambar 5. Hubungan Kadar Pb Tanah Dengan Tinggi Tanaman



Gambar 6. Hubungan Kadar Pb Tanah Dengan Luas Daun



Gambar 7. Hubungan Kadar Pb Tanah Dengan Bobot Kering Tajuk

Hubungan korelasi negatif juga terjadi pada kadar Pb tanah terhadap Bahan Organik ($r = -.700^{**}$), C-organik ($r = -.700^{**}$), N total tanah ($r = -.611^{**}$). Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar limbah berbahaya bagi tanah, maka produktivitas tanah akan semakin menurun. Dari tabel korelasi (Lampiran 8) menunjukkan adanya korelasi positif antara persentase bahan organik dengan tinggi tanaman, luas daun, dan bobot kering tajuk yaitu berturut – turut ($r = 0.792^{**}$), ($r = 0.850^{**}$), ($r = 0.665^{**}$). Semakin besar bahan organik dalam tanah maka akan di ikuti dengan peningkatan tinggi tanaman, luas daun dan bobot kering tajuk tanaman. Dengan penambahan bahan organik berupa kompos eceng gondok, dapat meningkatkan nilai C-organik tanah yang menaikkan nilai bahan organik tanah dan hara tanah, salah satunya N total tanah yang membantu

pertumbuhan tanaman jagung pada masa pertumbuhan vegetatif, meliputi peningkatan jumlah daun dan tinggi tanaman jagung.

Bobot kering akar tidak menunjukkan nilai korelasi yang signifikan pada level 5% terhadap parameter lain. Bobot kering tajuk tanaman berkorelasi positif terhadap tinggi tanaman ($r = 0.888^{**}$), luas daun ($r = 0.773^{**}$) dan jumlah daun ($r = 0.613^{**}$) (Lampiran 8). Hal ini menunjukkan bahwa tinggi tanaman, luas daun dan jumlah daun memberikan pengaruh yang cukup baik terhadap peningkatan bobot kering tajuk tanaman. Dengan meningkatnya tinggi tanaman akan meningkatkan bobot kering tajuk tanaman, namun peningkatan jumlah daun tidak memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan bobot kering tanaman. Antara masing – masing perlakuan memiliki hubungan positif yang berarti peningkatan salah satu parameter akan meningkatkan parameter yang lain.

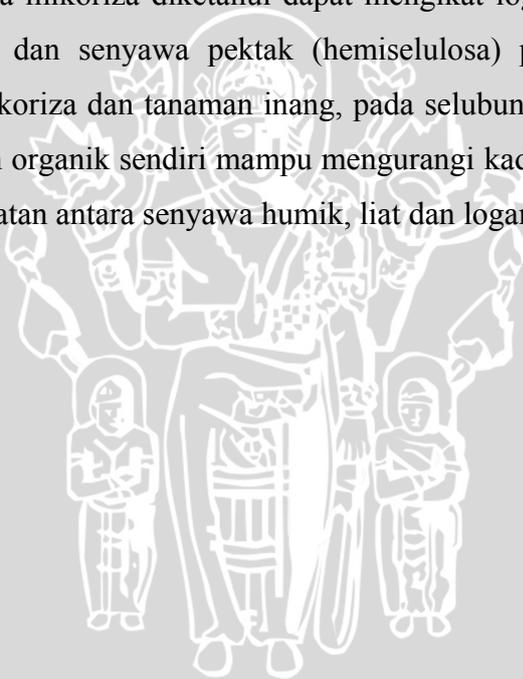
4.5. Pembahasan Umum

Tailing berpotensi menurunkan tingkat kesuburan tanah dan menghambat pertumbuhan bagi tanaman sehingga sulit bagi tanaman untuk tumbuh. Sebagai media tumbuh tanaman, bahan *tailing* mempunyai banyak kendala baik fisik maupun kimia. Secara fisik bahan *tailing* relatif bertekstur kasar, berbutir tunggal tidak membentuk agregat seperti tanah, akibatnya daya menahan air sangat rendah. Secara kimia, bahan *tailing* tidak mengandung koloid sama sekali, akibatnya kapasitas tukar kation (KTK) sangat rendah, kandungan unsur hara rendah, kemampuan menahan hara juga rendah. Disamping itu, unsur logam mikro tinggi karena merupakan bahan sisa tambang, yang kemungkinan dapat meracuni baik terhadap tumbuhan hewan, maupun manusia. Kondisi ini menyebabkan aktivitas mikroorganisme rendah (Lesmanawati, 2005).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan bahan organik berupa kompos eceng gondok pada media pascafitoremediasi yang tercemar *tailing* positif terhadap pertumbuhan tanaman, hal ini dapat dilihat dari hasil pengamatan pertumbuhan tinggi tanaman, luas daun dan berat kering tajuk tanaman. Dengan penambahan bahan organik berupa kompos eceng gondok, dapat meningkatkan nilai C-organik tanah yang menaikkan nilai bahan organik tanah dan hara tanah, salah satunya N total tanah yang membantu pertumbuhan tanaman jagung pada

masa pertumbuhan vegetatif, meliputi peningkatan jumlah daun dan tinggi tanaman jagung.

Secara umum penambahan bahan organik pada tanah pascafitoremediasi bermikoriza memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman jagung. Berdasarkan uji korelasi (Lampiran 8) terdapat korelasi yang positif antara Bahan Organik dengan tinggi tanaman, luas daun, dan berat kering tajuk ($r = 0.792^{**}$, $r = 0.890^{**}$, dan $r = 0.665$). Hal ini menunjukkan bahwa inokulasi mikoriza dan bahan organik mampu mengurangi efek negatif dari logam berat yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Galli *et al* (1994), menyatakan bahwa mikoriza memegang peranan penting dalam melindungi akar tanaman dari unsur beracun, diantaranya yaitu logam berat. Hal tersebut di dukung pernyataan Suryatama *et al*, bahwa mikoriza diketahui dapat mengikat logam berat tersebut pada gugus karboksil dan senyawa pektak (hemiselulosa) pada matrik antar permukaan kontak mikoriza dan tanaman inang, pada selubung polisakarida dan dinding sel hifa. Bahan organik sendiri mampu mengurangi kadar Pb dalam tanah dengan proses pengkelatan antara senyawa humik, liat dan logam berat.



BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Tanaman jagung dengan perlakuan bahan organik pada tanah pascafitoremediasi bermikoriza mempunyai pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan perlakuan bahan organik pada tanah pascafitoremediasi tanpa mikoriza.
2. Penambahan bahan organik pada tanah pascafitoremediasi bermikoriza (TBM) mempunyai tingkat efektifitas yang lebih tinggi dalam mengurangi efek dari limbah berbahaya bagi tanaman dan meningkatkan kesuburan tanah.

5.2. Saran

1. Seharusnya proses Fitoremediasi pada percobaan pertama dilakukan 3-4 kali penanaman atau waktu tanam di perpanjang hingga tanaman fitoekstraktor mampu mengurangi kadar logam berat dalam tanah agar tidak membahayakan bagi tanaman.
2. Perlu dilakukan penelitian dilapangan untuk mengetahui dampak negatif bagi tanaman dan mengetahui apakah kandungan Pb terdapat di dalam jaringan tanaman sehingga akan menyebabkan residu pada ternah dan manusia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1991a. Kimia Tanah. DIKTI. Depdikbud Lampung
- Anonymous, 1991b. *Kesuburan Tanah*. DIKTI. Depdikbud Palembang
- Alloway, B. J. 1995. Soil Processes And The Behavior Of Metal. Blackie Glasgow and London Halsted Press. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Al-Karaki, G., B. McMichael, and J. Zak. 2002. *Field Response of Wheat to Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Drought Stress*. *Mycorrhiza* Doi 10.1007/s00572-003-0265-2.
- Auge, R.M. 2001. *Water Relations, Drought and Vesicular Arbuscular Mycorrhizal symbiosis*. *Mycorrhiza* 10:3-42.
- Connel, D.W. dan G.J. Miller. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Jakarta. UI Press.
- Dwidjoseputro, D. 1994. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- EPA. 2001. *A Citizen's Guide to Phytoremediation*. Available at <http://www.cluin.org/download/citizens/citphyto.pdf>.
- Fitter, A.H dan Hay, R.K.M. 1991. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Terjemahan oleh Sri Andani dan E.D. Purbayanti. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Galli, A., Schuepp, H, dan Brunold, C. 1994. *Heavy Metal Binding by Mycorrhizal Fungi*. *Physiol. Plantarum*, 92 : 364-368.
- Gupta, R., and K.G. Mukerji. 2000. The Growth of VAM Fungi Under Stress Conditions, In M.A. Sigh, ed. *Mycorrhizal Biology*. Kluwer Academic. New York. Boston. Dordrecht. London. Moscow.
- Hairiah, Kurniatun. 2005. Pengelolaan Bahan Organik Tanah. Materi Kuliah. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang
- Hardjowigeno, Sarwono. 2003. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno, Sarwono. 1993. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Akademika Pressindo. Jakarta
- Herman, D.Z. 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 : 31-36.
- Hidayati N, et al. 2009. *Mercury and Cyanide Contaminations in Gold Mine Environment and Possible Solution of Cleaning Up by Using Phytoextraction*. *HAYATI Journal of Biosciences* Vol. 16, No. 3 September 2009, p 88-94

- Hill, M.K. 2004. *Understanding Environmental Pollution*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Irawan, U.S. 2005. *Aplikasi Ektomikorhiza dan Pupuk Organik untuk Memperbaiki Pertumbuhan Tanaman Pada Media Tailing*. Sekolah Pasca Sarjana. IPB Bogor.
- Islami, T. dan Utomo, W.H. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. IKIP Semarang Press, Semarang.
- Khan, A.G., C. Kuek., T.M. Caundry., C.S. Khoo dan W.J. Hayes. 2000. *Role of Plants, Mycorrhizae and Phytochelators in Heavy Metal Contaminated Land Remediation*. Faculty of Informatics, Science and Technology. University of Western Sydney, Macarthur, Campbelltown NSW 2560. Australia.
- Kohar I, *et al.* *Studi Kandungan Logam Pb dalam Batang dan Daun Kangkung (Ipomoea Reptans) Yang Direbus dengan Penambahan Nacl dan Asam Asetat*. Makara, sains, vol. 8, no. 3, desember 2004: 85-88
- Lesmanawati, I. R. 2005. *Pengaruh Pemberian Kompos, Thiobacillus dan Penanaman Gmelina Serta Sengon pada Tailing Emas Terhadap Biodegradasi Sianida dan Pertumbuhan kedua Tanaman*. Sekolah Pasca Sarjana. IPB Bogor. (abstr.)
- Murbandono. 2005. *Membuat Kompos (edisi revisi)*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Notodarmojo, S. 2005. *Pencemaran Tanah dan Air Tanah*. Penerbit ITB. Bandung.
- Novizan. 2002. *Petunjuk Pemupukan Yang Efektif*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Nuraini, Y dan Nanang Setya Adi. 2003. *Pengaruh Pupuk Hayati Dan Bahan Organik Terhadap Sifat Kimia Dan Biologi Tanah Serta Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jagung (Zea mays L.)*. Habitat Vol XIV No.3 : 139-145
- Palar. H, 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineke Cipta, Jakarta.
- Riyanto, B.A.Y. 2011. *Sengon Bermikoriza Untuk Fitoremediasi Timbale (Pb) Dalam Media Tanam Tanah Tercemar Tailing Tambang Emas Rakyat*. [Skripsi]. Malang. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya.
- Resmawati, M. B. 2010. *Pengaruh Penambahan Pupuk Enceng Gondok (Eichonia crassipes) dengan Dosis Berbeda pada Kultur Nannochloropsis oculata*. Surabaya. Universitas Airlangga.
- Rossiana, N. dan Titin, S. 2003. *Fitoremediasi Lumpur Minyak Bumi Dengan Tanaman Sengon (Paraserianthes falcataria (L) Nielsen) Bermikoriza Skala Rumah Kaca*. Dalam Seminar dan Pameran Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-Ektomikoriza Untuk Pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan. Bandung
- Rossiana, N. 2005. *Penurunan Kandungan Logam Berat Dan Pertumbuhan Tanaman Sengon (Paraserianthes Falcataria L (Nielsen) Bermikoriza*

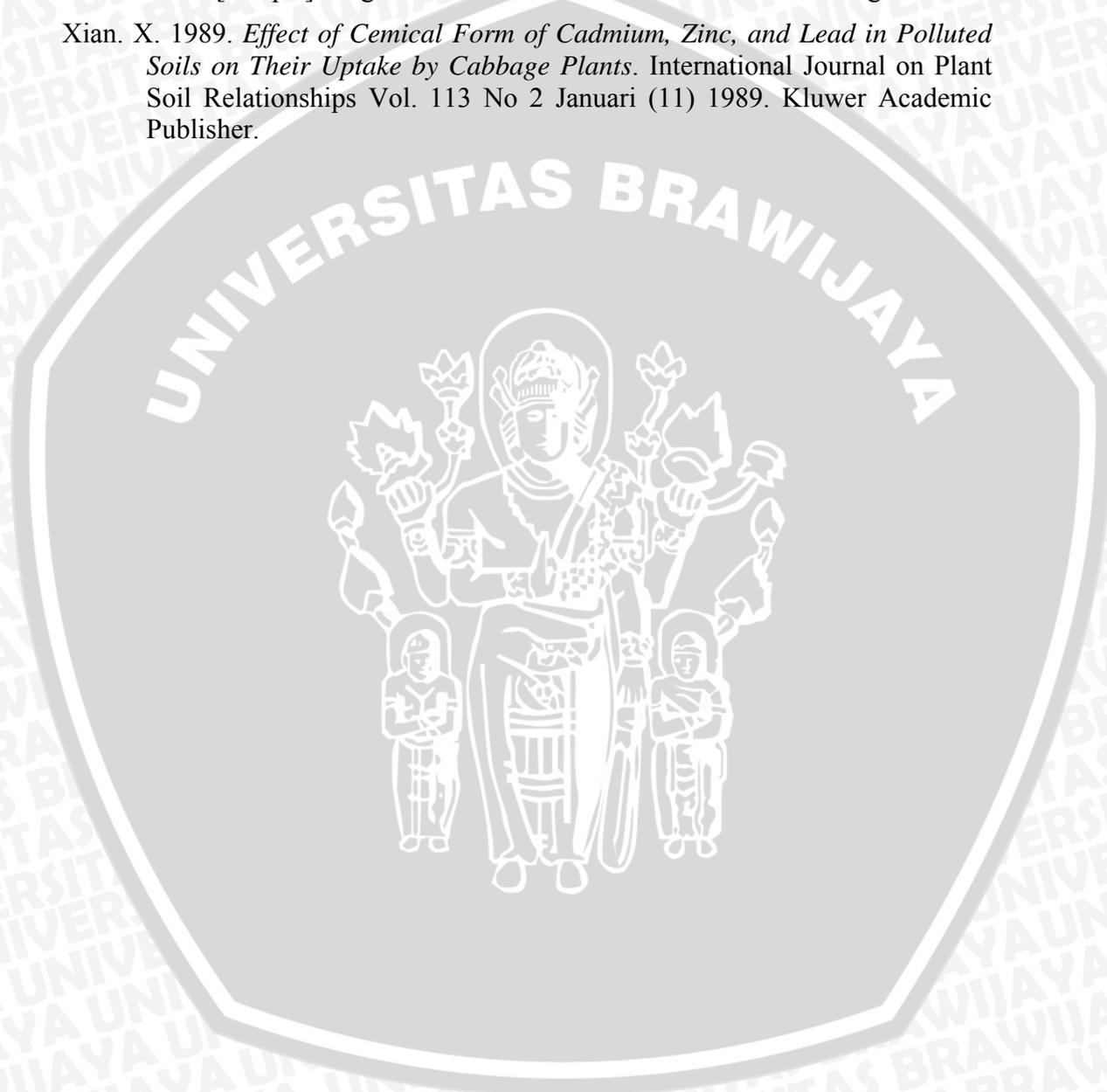
- Dalam Medium Limbah Lumpur Minyak Hasil Ekstraksi*. Bandung. Diakses tanggal 09 Nopember 2010.
- Salam, *et al.* 1997. *Perubahan Fraksi Labil Tembaga Asal Limbah cair Industri dalam beberapa jenis tanah tropika akibat perlakuan lumpur dan Kompos daun Singkong*. Jurnal tanah Tropika. Fapertahut Universitas Lampung.
- Samosir, S.S.R., 1994. *Kimia tanah*. Fakultas Pertanian dan kehutanan. Universitas Hasanuddin.
- Sarief, Saefuddin. 1989. *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian*. Pustaka Buana. Bandung.
- Satriago, Handry. 1996. *Himpunan Istilah Lingkungan untuk Manajemen*. Jakarta. PT. Gramedia Pustaka Utama
- Schaller, A., dan Diez, T. (1991). *Plant Specific Aspects of Heavy Metal Uptake and Comparison with Quality Standards for Food and Forage Crops* (In German.). Germany, pp. 92-125.
- Setyawidjaja, D., Wirasmoko. 1994. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Universitas Terbuka. Jakarta.
- Simanungkalit, R. D. M. 2000. *Effectiveness of 10 species of arbuscular myccorrhizal fungi on maize and soybean*. Penelitian Tanaman Pangan. Volume 19 No. 1
- Siregar, Chairil A. 2009. *Teknik Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang Emas Melalui Perbaikan Kesuburan Tanah* (Lanjutan). Ringkasan Hasil Penelitian .
- Siringoringo, H.H, *et al.* 2001. *Inventarisasi Lahan Kritis di KW Eksploitasi PT. Aneka Tambang Tbk Unit Bisnis Pertambangan Emas Pongkor*. (Laporan Kegiatan Kerjasama). Bogor : PT. Aneka Tambang Tbk Unit Bisnis Pertambangan Emas dan Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam, Balai Taman Nasional Gunung Halimun, PT. Perhutani KPH Bogor dan Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Bogor.
- Smith. S.E. dan D.J Read. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition. Academic Press. California USA
- Soepardi, G.1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian.
- Subowo, M., S. Widodo dan A. Nugraha. 2007. *Status dan Penyebaran Pb, Cd, dan Pestisida pada Lahan Sawah Intensifikasi di Pinggir Jalan Raya*. Prosiding. Bidang Kimia dan Bioteknologi Tanah, Puslittanak, Bogor. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sutedjo, M. M. 1995. *Pupuk Dan Cara Pemupukan*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Tam, Paul C.F. 1995. *Heavy Metal Tolerance by Ectomycorrhizal Fungi and Metal Amelioration by Phisolitus lincrotius* 5: 181- 187
- Tan, KH. 1991. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Gadjah Mada University, Yogyakarta

Tanton. T. W. dan S. H. Crowdy. 1971. *The Distribution of Lead Chelate in the Transpiration Stream of the Higher Plants*. Pest. Scie. 2 : 211-13.

Warisno. 2005. *Budidaya jagung hibrida*. Kanisius. Yogyakarta. pp. 43-52

Windyaningrum, Ratih. 2008. *Pengaruh Pemberian Mikoriza (Cma), Asam Humik Serta Mikroorganisme Tanah Potensial Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Setaria Splendida Stapf pada Latosol Dan Tailing Tambang Emas*. [Skripsi]. Bogor. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Xian. X. 1989. *Effect of Cemical Form of Cadmium, Zinc, and Lead in Polluted Soils on Their Uptake by Cabbage Plants*. International Journal on Plant Soil Relationships Vol. 113 No 2 Januari (11) 1989. Kluwer Academic Publisher.

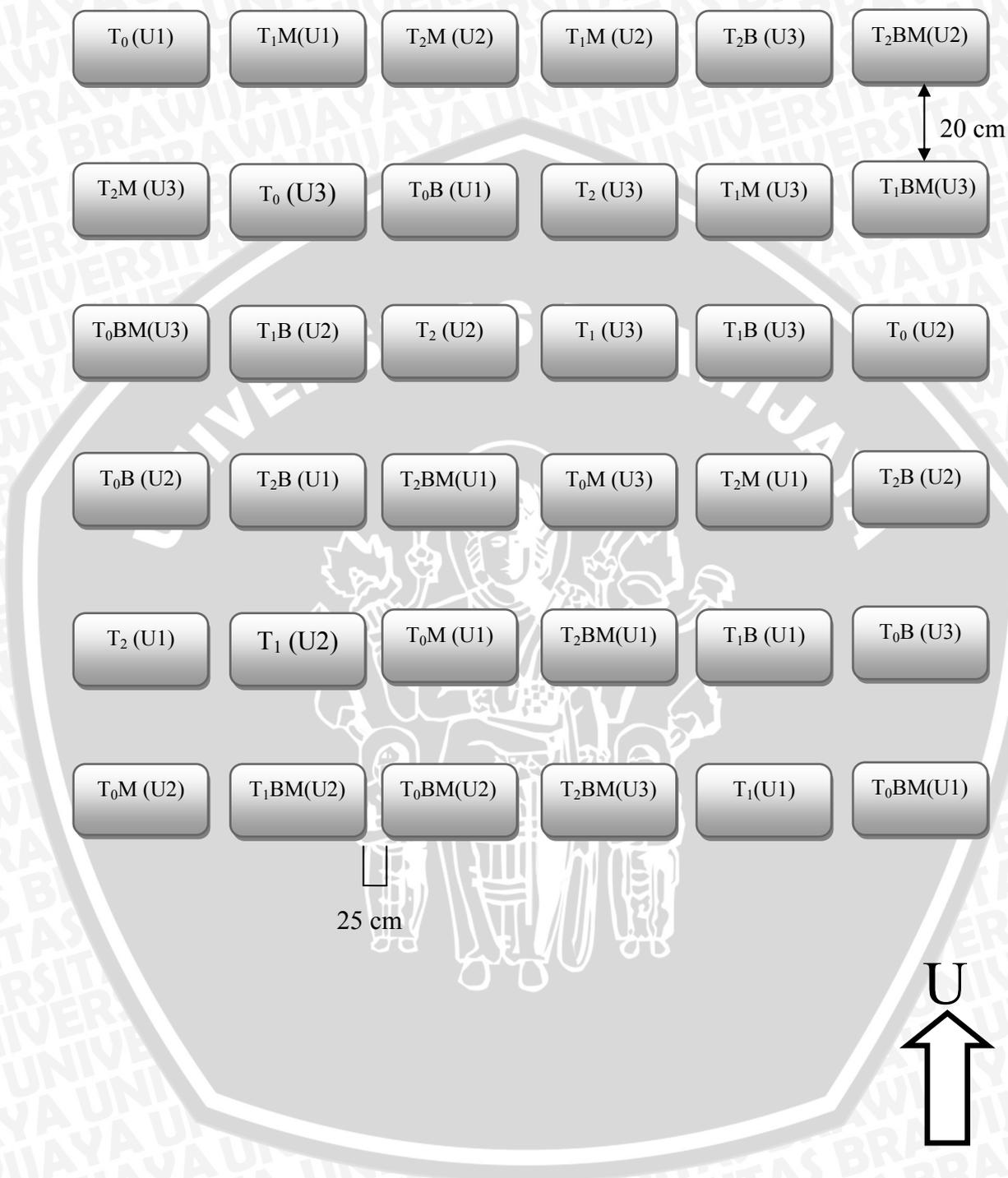


UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN



Lampiran 1. Denah Petak Percobaan



Lampiran 2. Perhitungan kebutuhan bahan organik dan pupuk dasar

$$\begin{aligned} \text{HLO} &= \text{kedalaman olah} \times \text{BI} \times \text{luas 1 ha} \\ &= 20 \text{ cm} \times 1,19 \text{ g.cm}^{-3} \times 10^8 \text{ cm}^2 \\ &= 2,38 \cdot 10^9 \text{ g} = 2,38 \cdot 10^6 \text{ kg} \end{aligned}$$

1. Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ / 2 kg polibag

$$\text{N yang dibutuhkan} = 130 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ (46\% N)}$$

Maka :

$$\begin{aligned} 100 \text{ kg } \text{CO}(\text{NH}_2)_2 &= 46 \text{ kg N} \\ \text{X} &= 130 \text{ kg N} \\ \text{X} &= \frac{130 \text{ kg} \times 100 \text{ kg}}{46 \text{ kg}} = 282,61 \text{ kg.ha}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } 130 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ Nitrogen} &= 282,61 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ Urea} \\ \text{CO}(\text{NH}_2)_2 \text{ yang dibutuhkan dalam 2 kg polibag} &= \frac{2 \text{ kg} \times 282,61 \text{ kg.ha}^{-1}}{2,38 \cdot 10^6 \text{ kg}} \\ &= 237,49 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 0,237 \text{ g} \end{aligned}$$

2. SP_{36} / 2 kg polibag

$$\text{P}_2\text{O}_5 \text{ yang dibutuhkan} = 100 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ (36\% P}_2\text{O}_5\text{)}$$

Maka :

$$\begin{aligned} 100 \text{ kg } \text{SP}_{36} &= 100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \\ \text{X} &= 100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \\ \text{X} &= \frac{100 \text{ kg} \times 100 \text{ kg}}{36 \text{ kg}} = 277,78 \text{ kg.ha}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } 100 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5 &= 277,78 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ SP}_{36} \\ \text{SP}_{36} \text{ yang dibutuhkan dalam 2 kg polibag} &= \frac{2 \text{ kg} \times 277,78 \text{ kg.ha}^{-1}}{2,38 \cdot 10^6 \text{ kg}} \\ &= 233,43 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 0,233 \text{ g} \end{aligned}$$

3. KCl / 2 kg polibag

$$\text{K}_2\text{O yang dibutuhkan} = 50 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ (50\% K}_2\text{O)}$$

Maka :

$$\begin{aligned} 100 \text{ kg KCl} &= 50 \text{ kg K}_2\text{O} \\ \text{X} &= 50 \text{ kg K}_2\text{O} \\ \text{X} &= \frac{50 \text{ kg} \times 100 \text{ kg}}{50 \text{ kg}} = 100 \text{ kg.ha}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } 50 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O} &= 100 \text{ kg.ha}^{-1} \text{ KCl} \\ \text{SP}_{36} \text{ yang dibutuhkan dalam 2 kg polibag} &= \frac{2 \text{ kg} \times 100 \text{ kg.ha}^{-1}}{2,38 \cdot 10^6 \text{ kg}} \\ &= 84,03 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 0,08 \text{ g} \end{aligned}$$

4. Bahan Organik / 2 kg polibag

BO yang dibutuhkan = $10.000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

Maka :

BO yang dibutuhkan dalam 2 kg polibag $= \frac{2 \text{ kg}}{2,38 \cdot 10^6} \times 10.000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$
 $= 8.403 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 8,4 \text{ g}$



Lampiran 3. Perhitungan kadar air tanah dan kebutuhan air untuk mencapai kapasitas lapang.

$$\text{BTKL} = 802.89 \text{ g}$$

$$\text{BTKU} = 581.79 \text{ g}$$

$$\text{BKO} = 555.62 \text{ g}$$

$$\text{BI} = 1.19 \text{ g cm}^{-3}$$

1. KAKU (kadar air kering udara)

$$\text{KAKU} = \frac{\text{BTKU} - \text{BKO}}{\text{BKO}} \times 100\%$$

$$= \frac{581.79 - 555.62}{555.62} \times 100\%$$

$$= 4.71 \%$$

2. KAKL (kadar air kapasitas lapang)

$$\text{KAKL} = \frac{\text{BTKL} - \text{BKO}}{\text{BKO}} \times 100\%$$

$$= \frac{802.89 - 555.62}{555.62} \times 100\%$$

$$= 44.50 \%$$

Untuk Tanah 2 kg per polybag

1. KAKU tanah 2 kg

$$\text{KAKU} = \frac{\text{BTKU} - 2 \text{ kg}}{2 \text{ kg}} \times 100\%$$

$$4.71\% = \frac{\text{BTKU} - 2 \text{ Kg}}{2 \text{ Kg}} \times 100 \%$$

$$9.42 = 100 \text{ BTKU} - 200 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{BTKU} &= 9.42 \text{ Kg} + 200 \text{ Kg} \\ &= \frac{209.42}{100} \\ &= 2.0942 \text{ Kg} \sim 2.09 \text{ Kg} \end{aligned}$$

2. KAKL tanah 2 kg

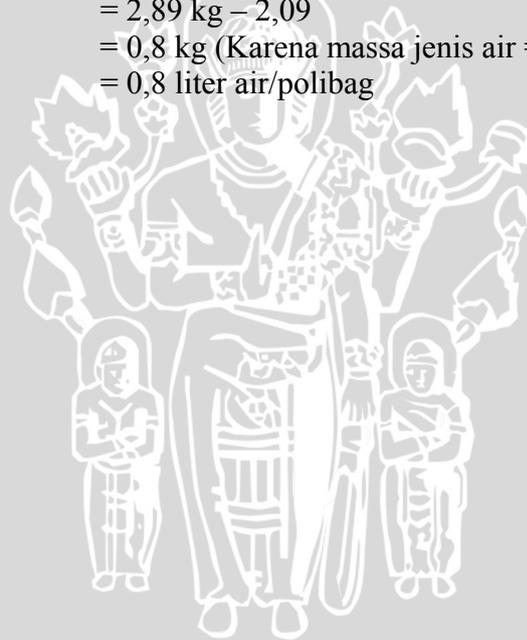
$$\text{KAKL} = \frac{\text{BTKL} - 2 \text{ Kg}}{2 \text{ kg}} \times 100 \%$$

$$44.50\% = \frac{\text{BTKL} - 2 \text{ Kg}}{2 \text{ Kg}} \times 100 \%$$

$$89.00 = 100 \text{ BTKL} - 200 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{BTKL} &= \frac{89.00 \text{ Kg} + 200 \text{ kg}}{100} \\ &= 2.89 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air yang diberikan} &= \text{BTKL} - \text{BTKU} \\ &= 2.89 \text{ kg} - 2.09 \\ &= 0.8 \text{ kg (Karena massa jenis air} = 1 \text{ g cm}^{-3}\text{)} \\ &= 0.8 \text{ liter air/polibag} \end{aligned}$$



Lampiran 4. Hasil Analisis Dasar

Lampiran 4a. Hasil Analisa Dasar Tanah**

No	Parameter	Hasil Analisa	Kriteria*
1.	pH	6,4	netral
2.	C-organik	0.65 %	Sangat rendah
3.	N total	0,09 %	Sangat rendah
4.	K- dd	0.8	Tinggi
5.	Na-dd	0.29 me/100g	Rendah
6.	Ca	6.06 me/100g	Sedang
7.	Mg	1.01 me/100g	Sedang
8.	KTK	22.31 me/100g	Sedang
9.	BO	1,12 %	Rendah
10.	C/N	8%	Rendah

Lampiran 4b. Hasil Analisis Dasar *tailing* tambang emas **

No	Parameter	Hasil Analisa	Kriteria*
1.	pH	9.15	Sangat tinggi
2.	C-organik	0.41 %	Sangat rendah
3.	N total	0,13 %	Sangat rendah
4.	K- dd	0.11	Tinggi
5.	Na-dd	0.26 me/100g	Rendah
6.	Ca	4.3 me/100g	Sedang
7.	Mg	0.42 me/100g	Sedang
8.	KTK	13 me/100g	Sedang
9.	C/N	12%	Rendah

Lampiran 4c. Hasil Analisis Media Perlakuan (Tanah dan *Tailing*) **

Perlakuan	Pb tanah (mg kg ⁻¹)
T ₀	20.57
T ₁	32.62
T ₂	41.09

Lampiran 4d. Hasil Analisis Kandungan Pb pada tanah pascafitoremediasi**

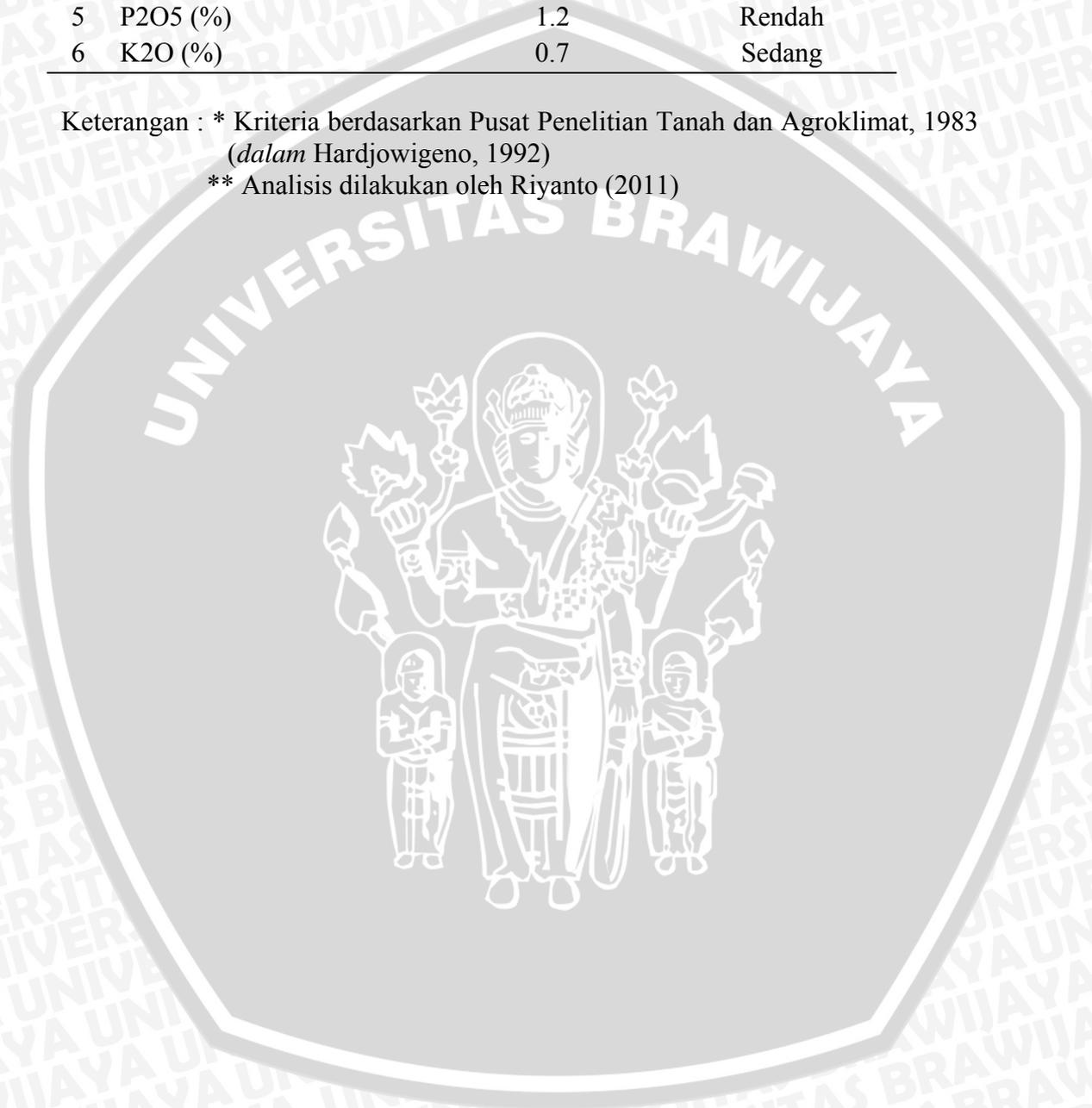
Perlakuan	Pb tanah (mg kg ⁻¹)
T ₀ M ₀	20.47
T ₀ M ₁	20.46
T ₁ M ₀	32.50
T ₁ M ₁	32.48
T ₂ M ₀	41.04
T ₂ M ₁	40.97

Lampiran 4e. Hasil Analisa Dasar kompos

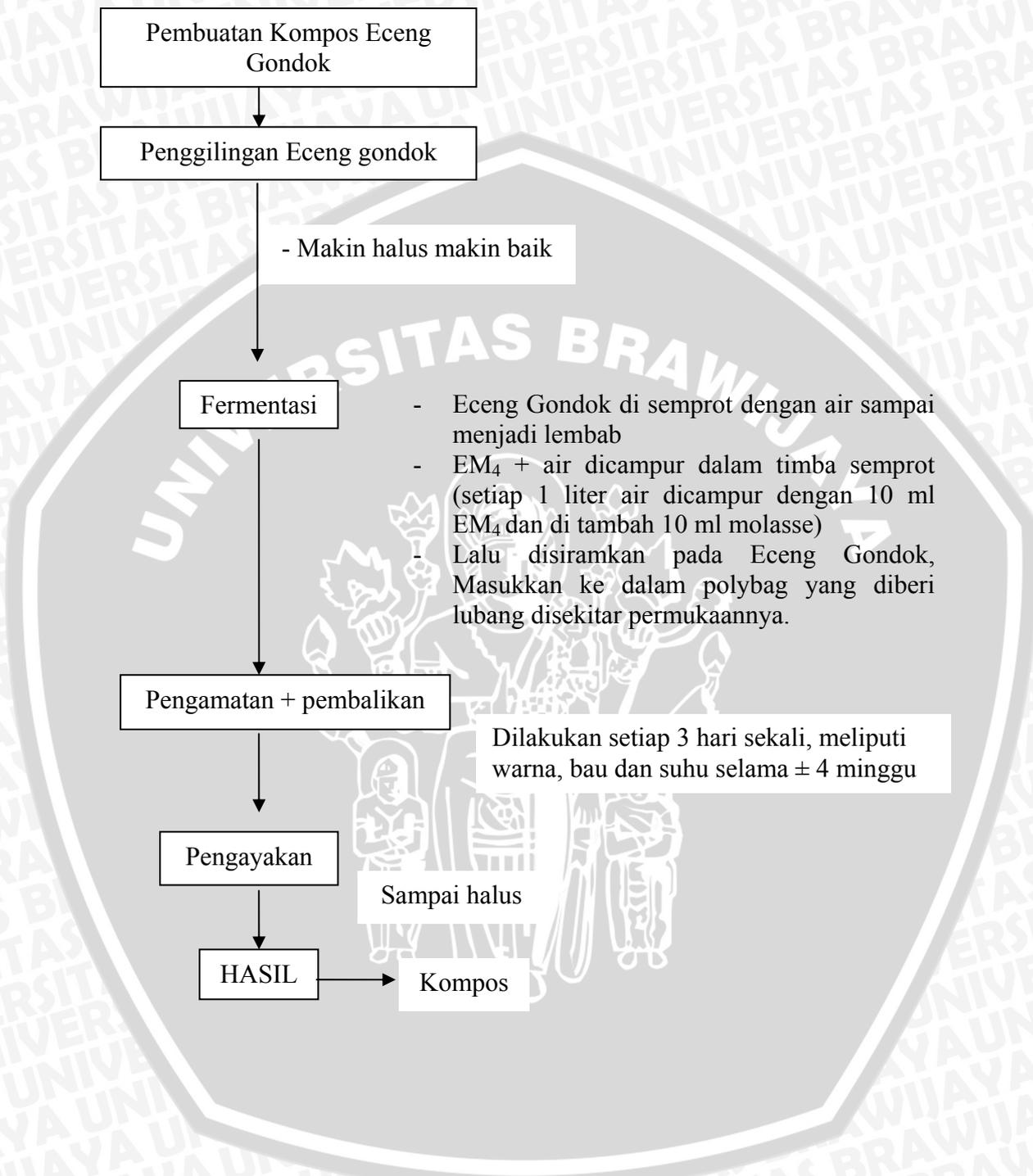
No	Macam Analisa Dasar	Hasil	Kriteria *
1	pH	7.3	Netral
2	C-organik (%)	19.81	Rendah
3	N-total (%)	1.86	Sedang
4	C/N	6.18	Rendah
5	P2O5 (%)	1.2	Rendah
6	K2O (%)	0.7	Sedang

Keterangan : * Kriteria berdasarkan Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1983
(dalam Hardjowigeno, 1992)

** Analisis dilakukan oleh Riyanto (2011)



Lampiran 5. Proses Pembuatan kompos Eceng Gondok



Lampiran 6. Data Hasil Pengamatan Parameter Penelitian

Lampiran 6a. Pengaruh Tanah Pascafitoremediasi Dan Penambahan Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung 56 HST

Perlakuan	N total	% Perubahan	Corg	% Perubahan	C/N Ratio	% Perubahan	% BO	% Perubahan
T ₀	0.11 ef		0.70 e		6.19 cde		1.2 d	
T ₀ M	0.10 cde	-11.76	0.70 e	0.48	7.08 e	14.38	1.2 d	0.48
T ₀ B	0.11 def	-2.94	0.74 f	6.19	6.76 de	9.22	1.3 e	6.19
T ₀ BM	0.12 f	5.88	0.76 f	9.05	6.40 cde	3.44	1.3 e	9.05
T ₁	0.09 abc		0.45 a		4.86 a		0.8 a	
T ₁ M	0.10 cde	7.14	0.51 b	11.76	5.07 ab	4.27	0.9 b	11.76
T ₁ B	0.10 cde	7.14	0.55 c	20.59	5.47 abc	12.50	0.9 c	20.59
T ₁ BM	0.10 bcd	-3.33	0.58 d	27.94	6.02 bcd	23.86	1.0 c	27.94
T ₂	0.08 a		0.45 a		5.76 abc		0.8 a	
T ₂ M	0.08 ab	4.17	0.47 a	2.88	5.61 abc	-2.50	0.8 a	1.86
T ₂ B	0.09 abc	16.67	0.46 a	1.48	4.94 a	-14.16	0.8 a	0.90
T ₂ BM	0.10 cdef	33.33	0.51 b	13.24	4.89 a	-15.04	0.9 b	7.86

Keterangan : Angka rata-rata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Duncan taraf 5. T₀ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 0%) ; T₁ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 15%) ; T₂ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 30%); B (Dengan BO 10ton/ha) ; M (Tanah Pascafitoremediasi Bermikoriza) ; BM (Dengan BO 10ton/ha pada tanah Pascafitoremediasi bermikoriza) ;

Lampiran 6b. Nilai Pengamatan Pb Pada Tanah Dan Tanaman Jagung

Perlakuan	Pb media tanam mg kg ⁻¹	Pb media tanam ton/ha	Pb Tajuk mg kg ⁻¹	Pb Akar mg kg ⁻¹
T ₀	13.49 bc	0.32 bc	ttd	ttd
T ₀ M	13.12 bc	0.31 bc	ttd	ttd
T ₀ B	12.62 b	0.30 b	ttd	ttd
T ₀ BM	9.33 a	0.22 a	ttd	ttd
T ₁	15.72 bcd	0.37 bcd	ttd	ttd
T ₁ M	14.10 bcd	0.34 bcd	ttd	ttd
T ₁ B	13.93 bcd	0.33 bcd	ttd	ttd
T ₁ BM	13.58 bc	0.32 bc	ttd	ttd
T ₂	21.23 e	0.51 e	ttd	ttd
T ₂ M	15.93 d	0.37 d	ttd	ttd
T ₂ B	15.74 bcd	0.37 bcd	ttd	ttd
T ₂ BM	16.78 d	0.40 d	ttd	ttd

Keterangan : Angka rata-rata yang didampingi huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji Duncan taraf 5%. T₀ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 0%) ; T₁ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 15%) ; T₂ (Tanah tercemar limbah *Tailing* sebanyak 30%); B (Dengan BO 10ton/ha) ; M (Tanah Pascafitoremediasi Bermikoriza) ; BM (Dengan BO 10ton/ha pada tanah Pascafitoremediasi bermikoriza) ;



Lampiran 7. Analisis Ragam Parameter Penelitian

		JK	db	KT	F hitung	F tabel 5%	F tabel 1%
Tinggi 56HST	Perlakuan	532.008	11	48.364	76.447**	2.22	3.09
	Galat	15.184	24	0.633			
	Total	547.192	35				
Luas Daun	Perlakuan	3066802.420	11	278800.220	19.031**		
	Galat	351586.874	24	14649.453			
	Total	3418389.293	35				
Jumlah daun	Perlakuan	21.222	11	1.929	23.152**		
	Galat	2.000	24	0.083			
	Total	23.222	35				
BK tajuk	Perlakuan	408.730	11	37.157	40.597**		
	Galat	21.967	24	0.915			
	Total	430.696	35				
BK akar	Perlakuan	23.686	11	2.153	3.103**		
	Galat	16.653	24	0.694			
	Total	40.339	35				
N total	Perlakuan	0.004	11	0.000	7.009**		
	Galat	0.001	24	0.000			
	Total	0.006	35				
Corg	Perlakuan	0.479	11	0.044	124.487**		
	Galat	0.008	24	0.000			
	Total	0.488	35				
Ph	Perlakuan	3.096	11	0.281	5.590**		
	Galat	1.208	24	0.050			
	Total	4.304	35				
C/N Ratio	Perlakuan	18.634	11	1.694	5.863**		
	Galat	6.934	24	0.289			
	Total	25.568	35				
% BO	Perlakuan	1.427	11	0.130	122.904**		
	Galat	0.025	24	0.001			
	Total	1.452	35				
Pb tanah	Perlakuan	269.749	11	24.523	9.161**		
	Galat	64.242	24	2.677			
	Total	333.991	35				

Keterangan : * Berbeda nyata pada peluang 5%
 ** Berbeda sangat nyata pada peluang 1%
 tn Tidak nyata

Lampiran 8. Korelasi Antar Parameter Pengamatan

	Pb Tanah	BO	C	N	PH	Tinggi Tanaman	Luas Daun	Jumlah Daun	Bobot kering tajuk	Bobot Kering Akar
Pb Tanah	1									
Bahan Organik	-.700(**)	1								
C-Organik	-.700(**)	1.000(**)	1							
N-Total	-.611(**)	.683(**)	.681(**)	1						
pH	.469(**)	-.732(**)	-.731(**)	-.435(**)	1					
Tinggi Tanaman	-.836(**)	.792(**)	.792(**)	.718(**)	-.503(**)	1				
Luas Daun	-.809(**)	.850(**)	.851(**)	.606(**)	-.601(**)	.816(**)	1			
Jumlah Daun	-.386(*)	.376(*)	.377(*)	.251	.013	.468(**)	.521(**)	1		
Bobot kering tajuk	-.807(**)	.665(**)	.666(**)	.670(**)	-.374(*)	.888(**)	.773(**)	.613(**)	1	
Bobot Kering Akar	-.217	.271	.269	.293	-.055	.414(*)	.336(*)	.489(**)	.500(**)	1

** Correlation is significant at the 0.01 level

* Correlation is significant at the 0.05 level