

PERTUMBUHANTANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L.)  
PASCAFITOREMEDIASI TANAH BEKAS *TAILING* TAMBANG  
EMAS DENGAN JUKU PAHIT (*Paspalum conjugatum* L.)

Oleh

YETI NURDIANA  
MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA LAHAN  
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI



UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH  
MALANG  
2014

**PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L.)  
PASCAFITOREMEDIASI TANAH BEKAS *TAILING* TAMBANG  
EMAS DENGAN JUKU PAHIT (*Paspalum conjugatum* L.)**

Oleh

**YETI NURDIANA**

105040200111075

**MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA LAHAN  
PROG STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

**SKRIPSI**

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

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**JURUSAN TANAH**

**MALANG**

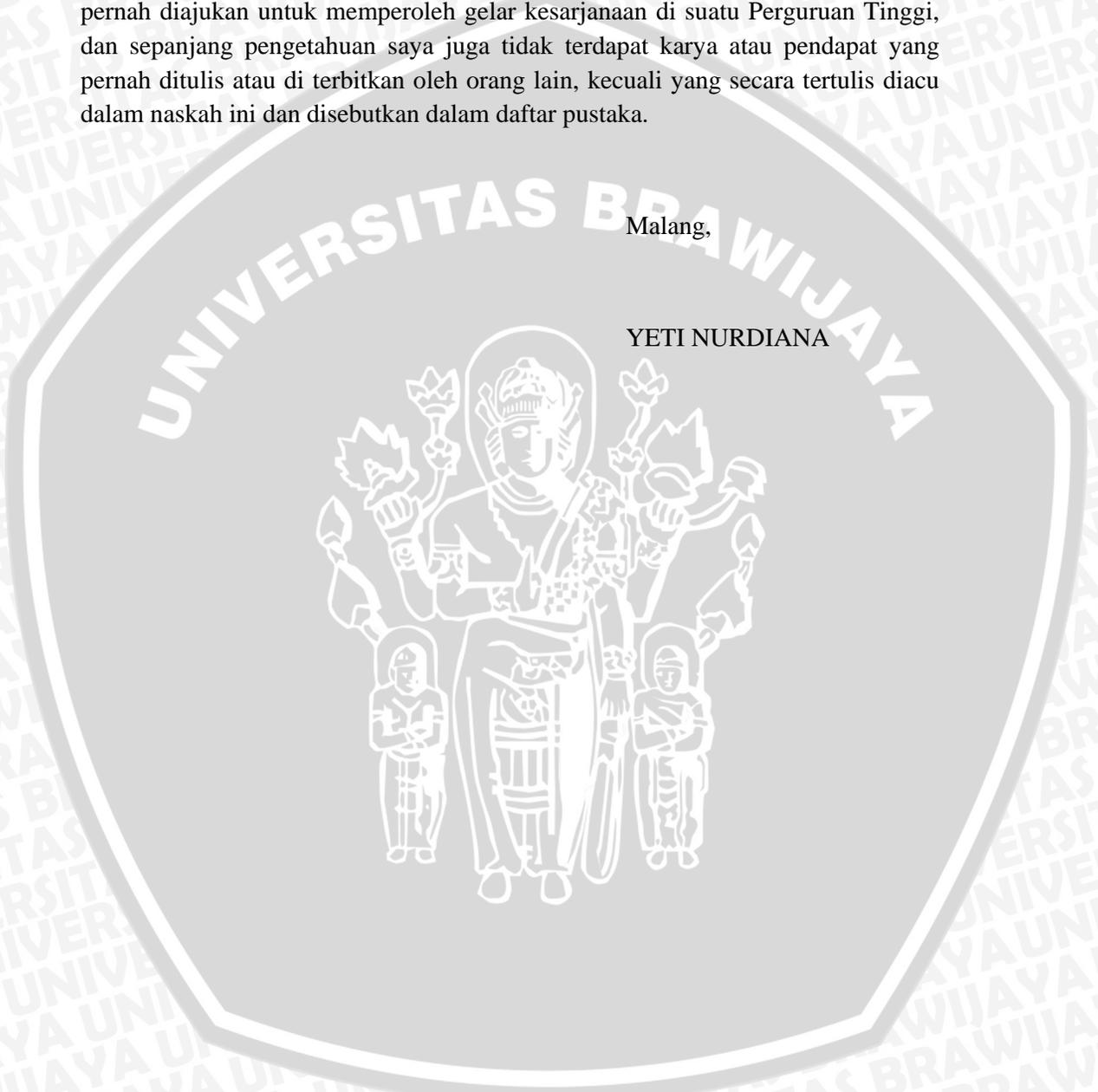
**2014**

### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang,

YETI NURDIANA



**LEMBAR PENGESAHAN**

Judul Skripsi : PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L.)  
PASCAFITOREMEDIASI TANAH BEKAS TAILING  
TAMBANG EMAS DENGAN JUKU PAHIT (*Paspalum  
conjugatum* L.)

Nama : YETI NURDIANA  
NIM : 105040200111075  
Jurusan : ILMU TANAH  
Prog studi : AGROEKOTEKNOLOGI  
Minat : Manajemen Sumber Daya Lahan  
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Prof. Ir. Eko Handayanto, M.Sc., Ph.D  
NIP. 19520305 197903 1 004

Dr. Ir. Sugeng Prijono, SU  
NIP. 19580214 198503 1 003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Tanah

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU  
NIP. 195405011981031006

**LEMBAR PENGESAHAN**

Mengesahkan

**MAJELIS PENGUJI**

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Sugeng Prijono, SU  
NIP. 19580214 198503 1 003

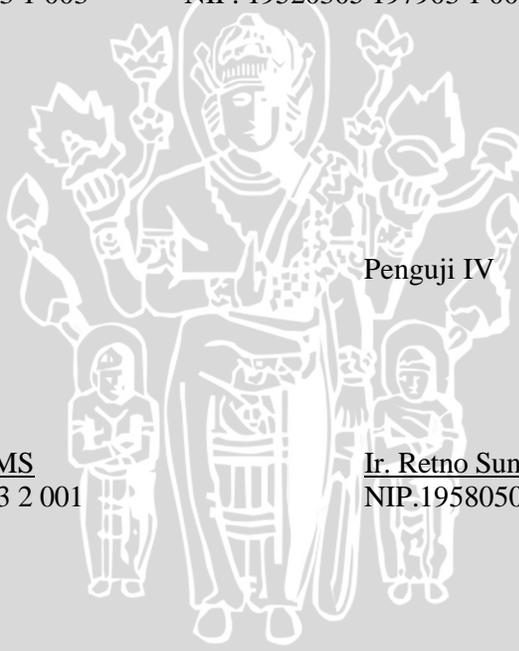
Prof. Ir. Eko Handayanto, M.Sc., Ph.D  
NIP. 19520305 197903 1 004

Penguji III

Penguji IV

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

Ir. Retno Suntari, MS  
NIP.19580503 198303 2 002



Tanggal Lulus : .....



## RINGKASAN

YETI NURDIANA. 105040200111075. Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Pascafitoremediasi Tanah Bekas *Tailing* Tambang Emas dengan Juku Pahit (*Paspalum conjugatum* L.). Dibawah bimbingan Eko Handayanto dan Sugeng Priyono

Fitoremediasi merupakan salah satu upaya penanganan lahan tercemar logam berat seperti Hg dengan menggunakan tumbuhan. Salah satu tumbuhan yang dapat digunakan sebagai fitoremediator adalah *Paspalum conjugatum* L. berdasarkan hasil penelitian fitoremediasi sebelumnya menggunakan *Paspalum conjugatum* L. tingkat pencemaran tanah *tailing* tambang emas mengandung Hg di Sekotong, Lombok Barat dapat diturunkan melalui upaya fitoremediasi. Mengacu pada penelitian tersebut perlu dilakukan uji lanjutan untuk mengetahui dampak fitoremediasi tanah bekas *tailing* tambang emas dengan *Paspalum conjugatum* L. terhadap pertumbuhan tanaman jagung atau lebih dikenal dengan istilah pascafitoremediasi. Tujuan dari penelitian ini untuk mempelajari dampak fitoremediasi tanah tercemar Hg dengan *Paspalum conjugatum* L. terhadap pertumbuhan tanaman jagung dan mengetahui pengaruh konsentrasi Hg yang terkandung dalam tanah pascafitoremediasi terhadap hasil tanaman jagung dimana hasil tersebut aman dikonsumsi atau tidak dengan melihat kadar Hg yang terkandung dalam tanaman.

Penelitian dilakukan di Rumah Plastik Lapangan, menggunakan percobaan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 8 perlakuan dan 3 kali ulangan. 6 perlakuan merupakan tanah pascafitoremediasi hasil penelitian sebelumnya yang selanjutnya dibandingkan dengan 2 perlakuan tanah *tailing* tanpa fitoremediasi. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, biomassa tanaman, berat kering akar, serapan N, konsentrasi Hg akhir tanah dan serapan Hg pada akar, batang, daun dan biji jagung. Tinggi tanaman diamati pada 7,14,21,28,35,42,49,56,63,70 dan 77 HST sedangkan parameter tanaman yang lain diamati pada waktu panen yaitu 105 HST. Data dianalisis dengan uji F taraf 5% dan perbedaan antar perlakuan dilanjutkan dengan uji BNJ.

Hasil penelitian menunjukkan pertumbuhan tanaman jagung pada tanah pascafitoremediasi lebih baik dibandingkan dengan tanah *tailing* tanpa fitoremediasi. Fitoremediasi pada penelitian sebelumnya dilakukan penambahan amonium thiosulfat yang dapat meningkatkan penyerapan Hg oleh tanaman sehingga menyebabkan konsentrasi Hg dalam tanah berkurang. Semakin tinggi konsentrasi Hg dalam tanah akan meningkatkan toksisitas tanah sehingga menghambat pertumbuhan tanaman. Konsentrasi Hg dalam tanah mempengaruhi hasil tanaman jagung. Perlakuan T2L2 (tanah + *tailing* amalgamasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media) memiliki konsentrasi Hg awal dalam tanah 9,53 ppm dan konsentrasi Hg dalam biji 0,003 ppm lebih baik dibandingkan dengan perlakuan KT2 (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi) konsentrasi Hg dalam tanah 393,6 ppm dan konsentrasi Hg dalam biji 0,02 ppm. Konsentrasi Hg dalam biji tersebut masih belum aman dikonsumsi karena masih di atas standar WHO (0,001 ppm) dan melebihi batas toleransi maksimum 0,002 ppm menurut ketentuan pemerintah.

## SUMMARY

YETI NURDIANA. 105040200111075. Plant Growth of Corn (*Zea mays* L.) Pascaphytoremediation of The Gold Mine *Tailings* former with Juku Pahit (*Paspalum conjugatum* L.).Supervised by Eko Handayanto and Sugeng Priyono

---

Phytoremediation is one of the effort's handling of land contaminated of heavy metals such as Hg by using plants. One of the plants which can be used as phytoremediator is *Paspalum conjugatum* L. based on the previous research results use of *Paspalum conjugatum* L. soil contamination levels of gold mine *tailings* contain Hg in Sekotong, Lombok Barat can be lowered through the efforts of phytoremediation. Based on previous research, needs to be advanced research to find out the impact of the gold mine *tailings* former phytoremediation with *Paspalum conjugatum* L. on plant growth of corn, or more commonly known by the term of pascaphytoremediation. The purpose of this research for studying the impact of Hg soil contaminated phytoremediation with *Paspalum conjugatum* L. on plant growth of corn and for knowing how the influence of Hg concentrations in pascaphytoremediation soils with corn crops where results are safe or not for consumption.

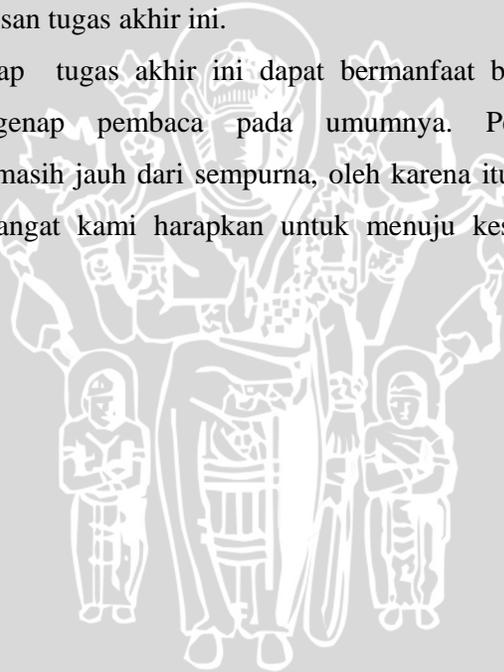
The study was conducted in the greenhouse, using Randomized Block Design (RBD) with eight treatments combined by three repetitions. Six of them are phytoremediation soil as the result of previous research were compared by two treatments of *tailings* soils without phytoremediation.. The Parameters which been were plant high, the plant biomass, dry of root, N absorbtion, final soil Hg concentration and Hg absorption of roots, stem, leafes and seeds corn. Plant high observed in 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70 and 77 days after planting, while other plant parameters observed in harvest at 105 days after planting. Data were analyzed by F test level of 5 % and BNJ test for the treatments.

The results showed the growth in corn plants on pascaphytoremediationsoil was better rather than the *tailings*soil without phytoremediation. Phytoremediation on previous research conducted addition of ammonium thiosulfat that could enhance absorption of the plant causing Hg concentrations of soil was decreases. The higher concentrations of Hg in soils will increase the toxicity of the soil so inhibit the plant growth. Hg concentrations in the soil affects crops of corn. Treatment of T2L2 (land of amalgamation*tailings*, 8 g ammonium thiosulfat/ plant media kg) had Hg concentrations in soils beginning 9,53 ppm and the concentration of Hg in the seeds was 0.003 ppm, the treatment was better than the KT2 (*tailings* of soils without phytoremediation) Hg concentrations in the soil was 393,6 and Hg concentrations in seeds was 0.02 ppm. Hg concentrations in the seed is till not safe for consumption because it is still above the standard of the WHO (0.001 ppm) and exceeds the limits of the maximum tolerance of 0.002 ppm based on the government determination.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena telah mencurahkan hidayah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Pascafitoremediasi Tanah Bekas *Tailing* Tambang Emas dengan Juku Pahit (*Paspalum conjugatum* L.).Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan besar Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing kita semua. Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulisan tugas akhir ini.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya, dan segenap pembaca pada umumnya. Penulis menyadari bahwatugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat kami harapkan untuk menuju kesempurnaan tugas akhir ini.



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lamongan, 07Oktober 1992 merupakan anak kedua dari dua bersaudara.Putri dari Bapak Saib dan Ibu Museni.

Penulis memulai pendidikan dengan menjalani pendidikan di SD Negeri Gondanglor 2 pada Tahun 1998 hingga 2004, kemudian melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 2 Sugio dari tahun 2004 hingga 2007. Pada tahun tersebut penulis melanjutkan jenjang pendidikan ke SMA Negeri 1 Kedungpring dari tahun 2007 hingga 2010, jenjang pendidikan SD hingga SMA ditempuh di Kab. Lamongan, Jawa Timur. Pada tahun 2010 penulis mendaftar ke Universitas Brawajaya melalui Seleksi Nasionan Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan diterima di Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Penulis aktif dalam bidang non akademis yaitu Ikatan Mahasiswa Pecinta Alam (IMPALA) Universitas Brawijaya pada tahun 2010 hingga 2012 dan Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah (HMIT) Fakultas Pertanian pada tahun 2013. Penulis juga aktif dalam kegiatan kepanitiaan yang diadakan di kampus skala Universitas maupun skala Fakultas.Penulis aktif dalam bidang akademis yaitu menjadi asisten praktikum.

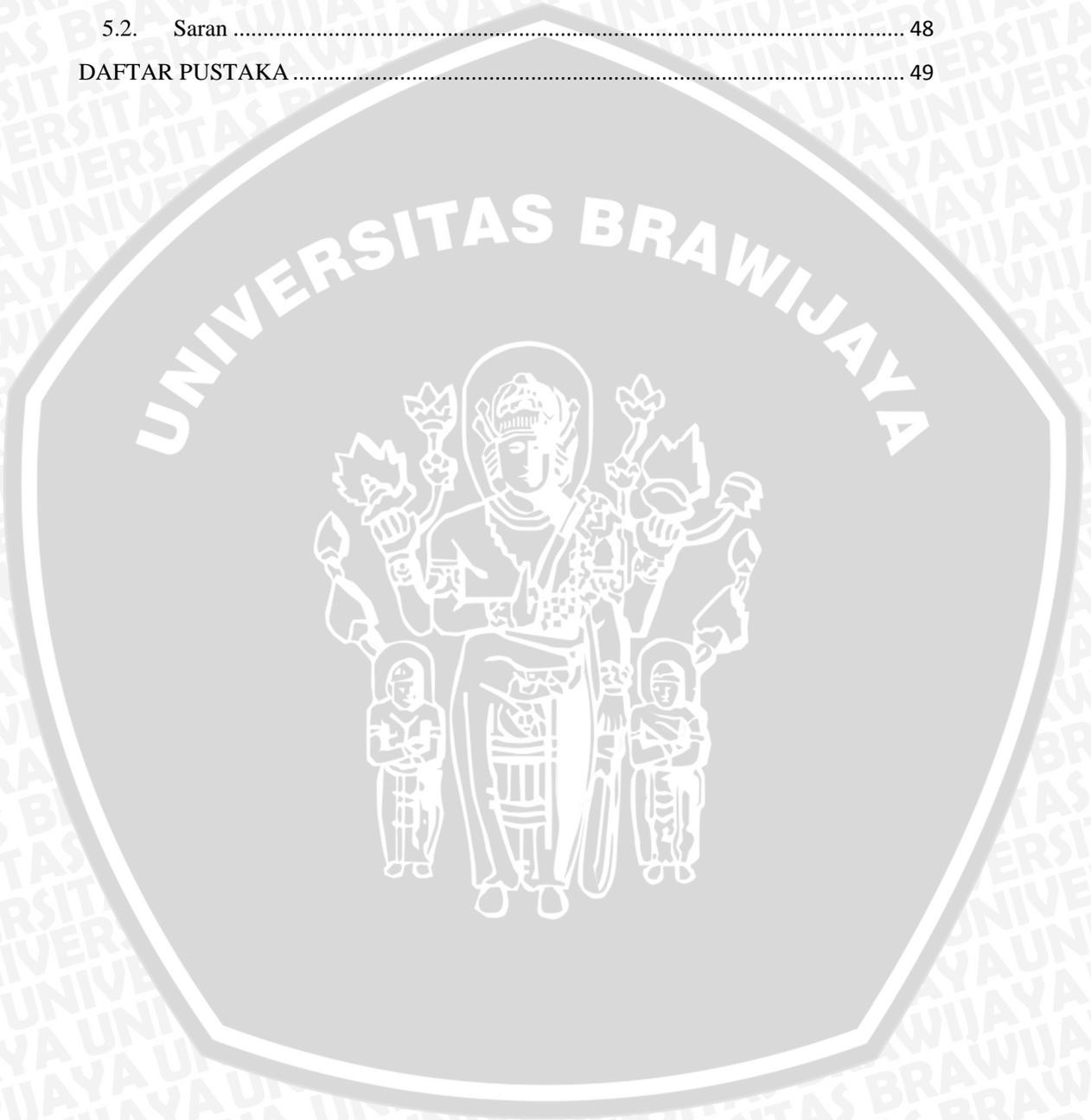
Malang, 1 Januari 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

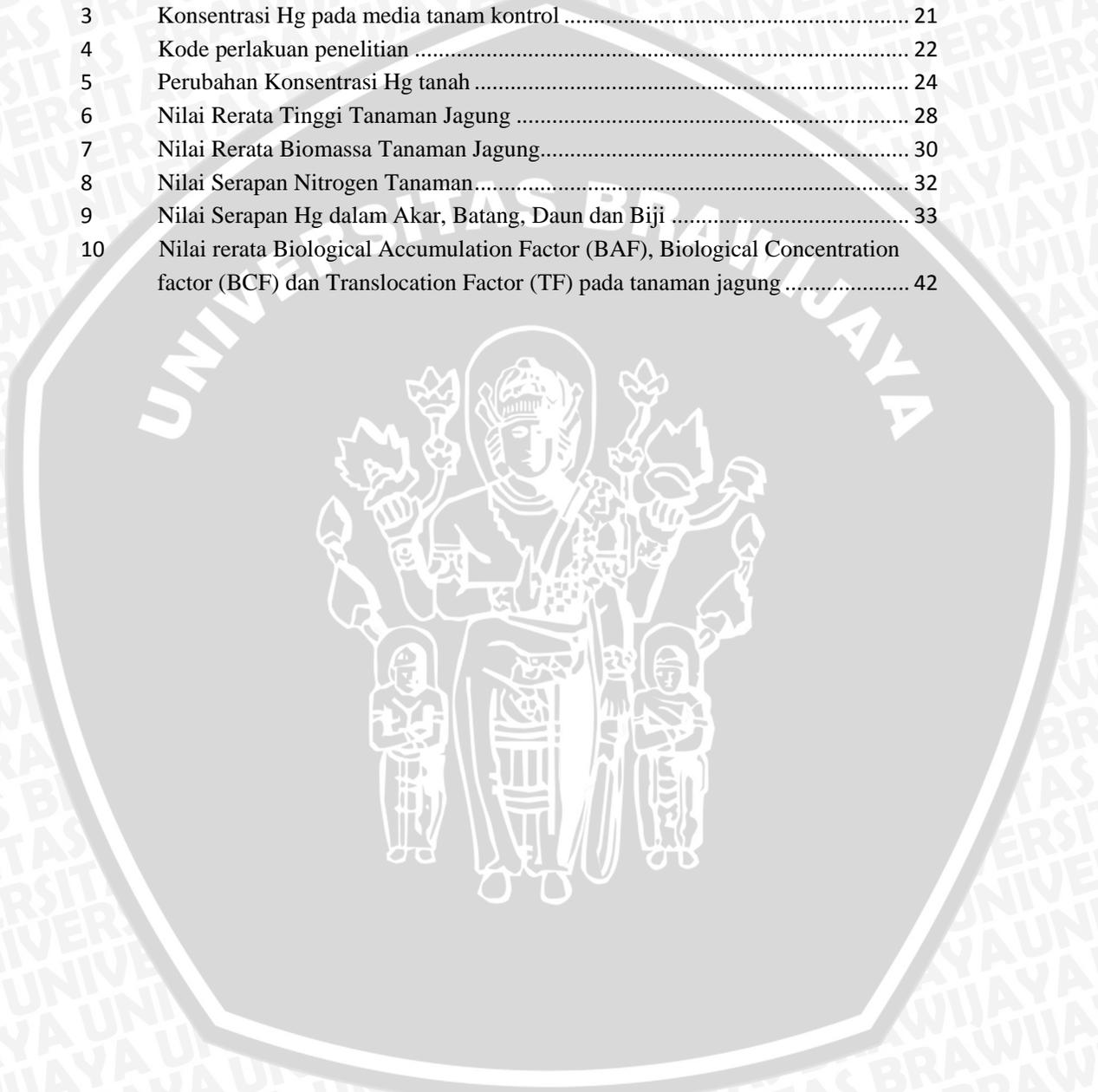
PERTUMBUHAN .....	i
PERNYATAAN .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iv
RINGKASAN .....	vi
SUMMARY .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
RIWAYAT HIDUP .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	3
1.3. Hipotesis .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Keadaan PESK di Kecamatan Sekotong Lombok Barat .....	4
2.3. Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat .....	9
2.4. <i>Paspalum conjugatum</i> L. sebagai Tanaman Hiperakumulator .....	11
2.5. Biology Accumulation Factor (BAF) .....	13
2.6. Biology Concentrate Factor (BCF) .....	15
2.7. Translocation Factor (TF) .....	16
2.8. Syarat Tumbuh Tanaman Jagung ( <i>Zea mays</i> L.) .....	16
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	18
3.2. Rancangan Penelitian .....	18
3.3. Alat dan Bahan Penelitian .....	18
3.4. Pelaksanaan Penelitian .....	20
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
4.1. Konsentrasi Hg pada Media Tumbuh .....	23
4.2. Pertumbuhan Jagung ( <i>Zea mays</i> L.) .....	25
4.3. Serapan Hg pada Tanaman jagung .....	33
4.4. Serapan Hg pada Akar dan Tajuk Tanaman Jagung .....	38

4.5. Hubungan Antara Parameter dengan Konsentrasi Hg dalam Tanah.....	43
4.6. Pembahasan Umum.....	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
5.1. Kesimpulan .....	48
5.2. Saran .....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49



**DAFTAR TABEL**

No	Judul	Halaman
1	Karakteristik Tanah Pascafitoremediasi .....	19
2	Perubahan Konsentrasi Hg Pascafitoremediasi (Wulansari, 2013).....	19
3	Konsentrasi Hg pada media tanam kontrol .....	21
4	Kode perlakuan penelitian .....	22
5	Perubahan Konsentrasi Hg tanah .....	24
6	Nilai Rerata Tinggi Tanaman Jagung .....	28
7	Nilai Rerata Biomassa Tanaman Jagung.....	30
8	Nilai Serapan Nitrogen Tanaman.....	32
9	Nilai Serapan Hg dalam Akar, Batang, Daun dan Biji .....	33
10	Nilai rerata Biological Accumulation Factor (BAF), Biological Concentration factor (BCF) dan Translocation Factor (TF) pada tanaman jagung .....	42

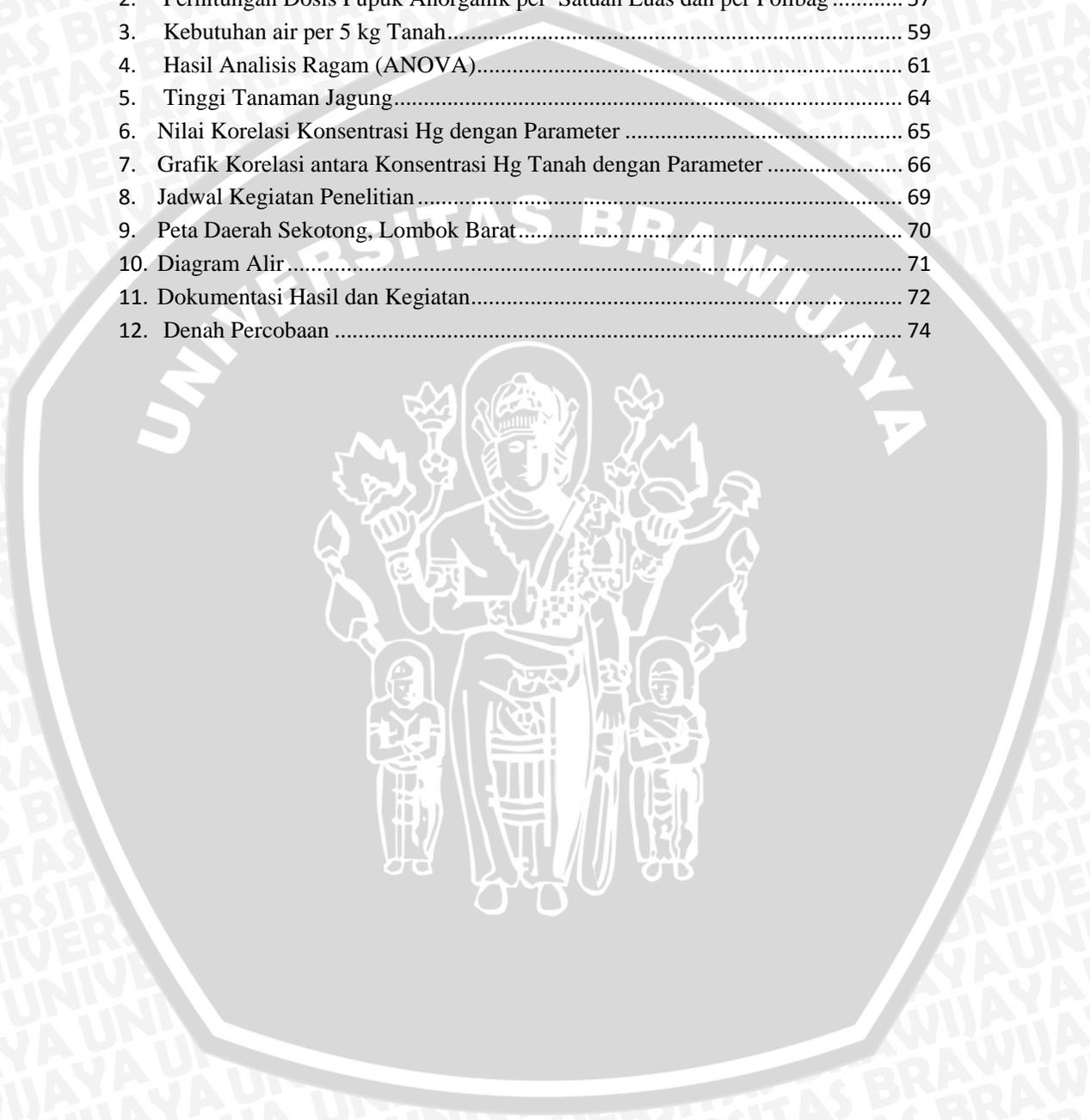


## DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
1.	Proses Pendulangan Emas di PESK Sekotong, Lombok Barat (A: proses gelondong; B dan C: hasil endapan amalgam emas-Hg; D: sisa <i>tailing</i> dibuang ke lahan pertanian) .....	6
2.	<i>Paspalum conjugatum</i> L. ....	11
3.	Cara masuknya xenobiotik .....	14
4.	Alur bioakumulasi .....	14
5.	Bioakumulasi Hg di lingkungan dan penyerapan logam beratoleh tanaman .....	15
6.	Nilai Rerata Tinggi Tanaman Jagung pada Perlakuan T1 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) .....	26
7.	Nilai Rerata Tinggi Tanaman Jagung pada Perlakuan T2 (tanah + <i>tailing</i> amalgamasi) .....	27
8.	Nilai Rerata Biomassa Tanaman Jagung pada Perlakuan T1 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) dan T2 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) .....	30
9.	Nilai Rerata Serapan N Tanaman Jagung pada Perlakuan T1 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) dan T2 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) .....	32
10.	Nilai Rerata Serapan Hg Batang pada Perlakuan T1 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) dan T2 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) .....	35
11.	Nilai Rerata Serapan Hg Daun pada Perlakuan T1 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) dan T2 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) .....	37
12.	Nilai Rerata Serapan Hg Biji pada Perlakuan T1 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) dan T2 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) .....	38
13.	Nilai Rerata Serapan Hg Tajuk dan Akar pada Perlakuan T1 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) dan T2 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) .....	40
14.	Nilai Biological Accumulation Factor (BAF), Biological Concentration Faktor (BCF) dan Translocation Factor (TF) pada T1 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) dan T2 (tanah + <i>tailing</i> sianidasi) .....	41

**DAFTAR LAMPIRAN**

No	Judul	Halaman
1.	Perhitungan Dosis Kompos per polibag.....	56
2.	Perhitungan Dosis Pupuk Anorganik per Satuan Luas dan per Polibag .....	57
3.	Kebutuhan air per 5 kg Tanah.....	59
4.	Hasil Analisis Ragam (ANOVA).....	61
5.	Tinggi Tanaman Jagung.....	64
6.	Nilai Korelasi Konsentrasi Hg dengan Parameter .....	65
7.	Grafik Korelasi antara Konsentrasi Hg Tanah dengan Parameter .....	66
8.	Jadwal Kegiatan Penelitian.....	69
9.	Peta Daerah Sekotong, Lombok Barat.....	70
10.	Diagram Alir.....	71
11.	Dokumentasi Hasil dan Kegiatan.....	72
12.	Denah Percobaan .....	74



## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kegiatan pertambangan bahan galian berharga dari lapisan bumi telah berlangsung sejak lama. Selama kurun waktu 50 tahun, konsep dasar pengolahan relatif tidak berubah, yang berubah adalah skala kegiatannya. Secara umum sektor pertambangan di Indonesia dibedakan menjadi 3 yaitu sektor pertambangan skala besar, sektor pertambangan skala sedang dan sektor pertambangan skala kecil. Secara umum di Indonesia masih banyak pertambangan rakyat yang menggunakan cara penambangan dan pengelolaan secara tradisional, namun perhatian dalam melestarikan lingkungan serta penanganan limbahnya masih sangat rendah. Salah satu daerah pertambangan emas skala kecil di Indonesia adalah desa Sekotong Tengah, Kecamatan Sekotong, Lombok Barat. Kegiatan pertambangan emas telah beroperasi di wilayah ini sejak tahun 2009. Metode yang digunakan adalah Amalgamasi merkuri (Hg) dan sianidasi merupakan metode tradisional yang digunakan oleh penambang tradisional untuk mendapatkan emas.

Tambang Skala Kecil (Artisanal and Small-scale Mining/ASM) memainkan peranan ekonomi yang penting di banyak negara berkembang. Tambang skala kecil dapat sangat membahayakan lingkungan dan seringkali menghasilkan dampak kesehatan dan resiko keselamatan yang serius bagi pekerja dan masyarakat di sekitarnya. Pengaruh kegiatan pertambangan mempunyai dampak lain berupa pencemaran air permukaan dan air tanah (Arif, 2007). Sisa proses tradisional tersebut berupa limbah (berlumpur) yang mengandung Hg dan berbagai logam berat lainnya yang mencemari lahan pertanian, karena umumnya dibuang di lahan pertanian.

Akibat lumpur yang dibuang ke lahan pertanian dapat menimbulkan dampak negatif terhadap produksi tanaman pangan karena pertumbuhan tanaman yang terhambat, bahkan tanaman mati, akibat keracunan Hg. Hasil analisis pendahuluan yang dilakukan di laboratorium tanah Universitas Mataram menunjukkan bahwa kadar Hg dalam tanah di Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat berkisar dari 25 ppm sampai 40 ppm, sedangkan konsentrasi Hg dalam biji jagung dan padi yang tumbuh dilokasi pembuangan limbah sekitar 0.20

ppm (Krisnayanti *et al.*, 2012). Bahkan di beberapa lokasi pertambangan, konsentrasi Hg dalam perairan dan sedimen dilaporkan berkisar antara 0.6 ppm sampai dengan 4 ppm, lebih tinggi 600-3000 dari standar WHO (0,001 ppm) (Yayasan Tambuhak Sinta, 2010). Konsentrasi Hg tersebut jauh melebihi konsentrasi toleransi maksimum (0.002 ppm), menurut ketentuan pemerintah. Akibat kegiatan penambangan yang dilakukan di wilayah Sekotong dilaporkan bahwa tanaman jagung yang ditanam di sekitar pertambangan, daunnya berwarna kekuningan yang akhirnya menurunkan produksi tanaman jagung. Khlorosis (tanaman menguning) merupakan gejala utama tanaman yang keracunan Hg, selain itu keracunan Hg juga menyebabkan akar tanaman berwarna coklat, jumlah dan ukuran akar menurun dan tudung akar rusak (Patra dan Sharma, 2000).

Upaya penanganan lahan tercemar logam berat belum banyak dilakukan, hal ini dikarenakan kendala biaya yang diperlukan cukup tinggi untuk memperbaiki lahan tercemar tersebut. Fitoremediasi merupakan salah satu teknologi mudah dan murah untuk mengatasi tanah tercemar logam berat seperti emas. Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan hijau ataupun mikroorganisme yang berasosiasi, untuk menyerap, memindahkan, menurunkan aktivitas unsur toksik, serta mengurangi konsentrasi senyawa toksik dalam tanah (Truu *et al.*, 2003). Mengacu pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan fitoremediasi menggunakan tanaman *Paspalum conjugatum* L. terhadap tanah bekas *tailing* tambang emas di wilayah Sekotong, maka perlu dilakukan uji lanjutan untuk mengetahui dampak fitoremediasi tanah bekas *tailing* tambang emas dengan tanaman *Paspalum conjugatum* L. terhadap pertumbuhan tanaman jagung atau lebih dikenal dengan istilah pascafitoremediasi. Sehingga penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui hasil fitoremediasi sebelumnya apakah benar benar efektif dalam serapan Hg dan mampu meningkatkan produksi tanaman jagung.

## 1.2. Tujuan

1. Untuk mempelajari dampak fitoremediasi tanah tercemar Hg dengan *Paspalum conjugatum* L. terhadap pertumbuhan tanaman jagung.
2. Untuk mempelajari pengaruh konsentrasi Hg yang terkandung dalam tanah pascafitoremediasi terhadap hasil tanaman jagung dimana hasil tersebut aman dikonsumsi atau tidak dengan melihat kadar Hg yang terkandung dalam tanaman.

## 1.3. Hipotesis

1. Fitoremediasi tanah tercemar Hg dengan *Paspalum conjugatum* L. dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman jagung.
2. Hasil tanaman jagung pada tanah pascafitoremediasi dipengaruhi oleh konsentrasi Hg yang terkandung dalam tanah pascafitoremediasi dan penambahan bahan ligand dalam proses fitoremediasi

## 1.4. Manfaat

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan akan diketahui hasil keefektifan fitoremediasi dengan tanaman *Paspalum conjugatum*L. sehingga dapat dijadikan sumber informasi bagi masyarakat sekitar Sekotong, Lombok Barat untuk melakukan upaya remediasi pada lahan tercemar merkuri (Hg) agar dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

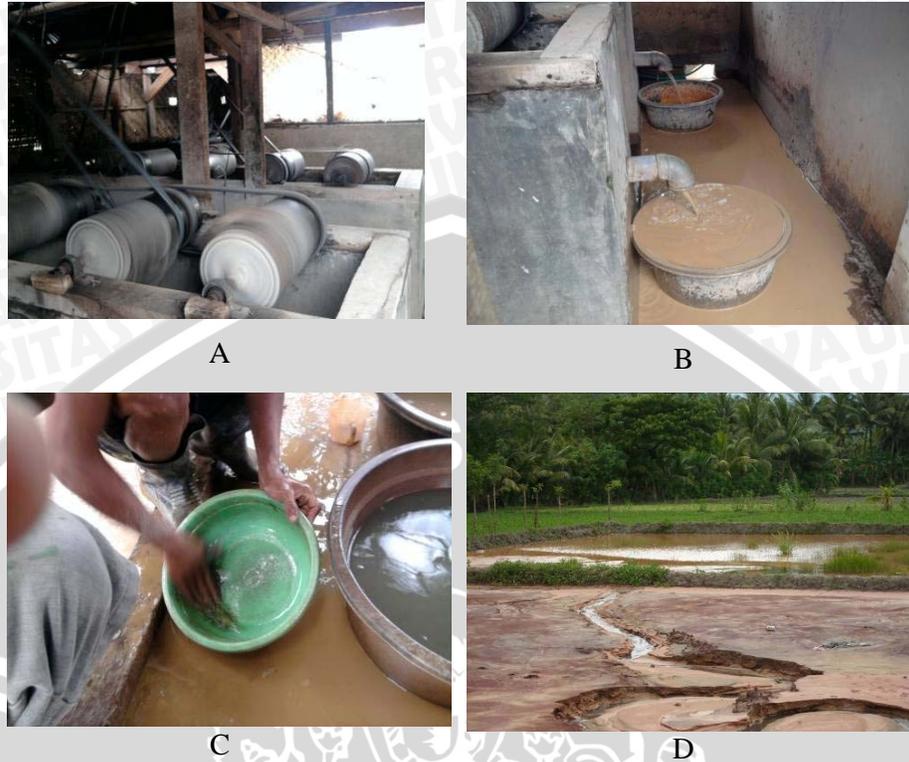
### 2.1. Keadaan PESK di Kecamatan Sekotong Lombok Barat

Kegiatan penambangan liar Sekotong berlangsung dalam 3 tahun terakhir. Berawal dari tahun 1986 berdasarkan survei yang dilakukan oleh PT. Newmont Nusa Tenggara yang berkesimpulan bahwa terdapat logam emas di daerah Sekotong. Berdasarkan pertimbangan ekonomi ternyata konsentrasi emas di daerah Sekotong tidak ekonomis untuk ditambang dan diolah oleh perusahaan sebesar PT. Newmont Nusa Tenggara. Kemudian survei dilanjutkan oleh PT. Indotan Inc. pada tahun 2004 yang menyatakan bahwa daerah prospek emas berada di “Kuta Ring Feature” Kabupaten Lombok Tengah dan di daerah Sekotong (Tembowong, Sepi dan Selodong). Namun kemudian PT. Indotan melepas daerah Sekotong ini, karena saat itu pemerintah provinsi NTB ingin melindungi pulau Lombok sebagai kawasan yang bebas dari industri pertambangan berskala besar. Seiring dengan berjalannya waktu, kawasan yang dianggap gemerlap emas, perak dan tembaga ini ramai didatangi para pemburu emas liar, illegal, atau penambang tanpa ijin (Ardha, 2010).

Berdasarkan data Tempo Mataram Februari 2012, Pada awalnya, penambang hanya melakukan penggalian di pegunungan. Namun mereka memperluas areal penggaliannya hingga ke badan jalan karena menduga terdapat bebatuan yang mengandung emas. Sejak awal tahun 2008 keberadaan tambang emas di daerah Sekotong menarik perhatian masyarakat luas, bahkan banyak yang berasal dari luar Kecamatan Sekotong. Konsentrasi emas di Kecamatan Sekotong memiliki kadar emas yang tinggi namun hanya ekonomis untuk ditambang secara tradisional (Rahmawati, 2011). Walaupun terhitung illegal minat masyarakat justru semakin bertambah. Hingga saat ini kegiatan penambangan emas di Kecamatan Sekotong masih berlangsung dan meluas hingga ke seluruh wilayah Kecamatan. Pertambangan liar ini sulit untuk dihentikan karena bagi masyarakat setempat, menambang merupakan mata pencaharian mereka saat ini. Di sisi lain, jika kegiatan penambangan terus dilakukan, maka akan semakin banyak pula Hg yang terbuang ke lingkungan dan mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan sekitar.

Desa Sekotong Tengah, Kecamatan Sekotong Lombok Barat, adalah diantara berbagai wilayah PESK di Indonesia yang yang telah beroperasi sejak tahun 2009. Amalgamasi merkuri (Hg) dan sianidasi merupakan metode tradisional yang digunakan oleh penambang PESK untuk mendapatkan emas. Sisa proses tradisional tersebut berupa limbah (berlumpur) yang mengandung Hg dan berbagai logam berat lainnya yang mencemari lahan pertanian, karena umumnya dibuang di lahan pertanian (Gambar 1).

Proses penambangan dimulai dengan membuat lubang vertikal yang digali dengan cara manual sampai kedalaman 30 m. Pada lubang tersebut diambil deposit (batuan dan tanah) yang mengandung emas. Bahan galian yang diperoleh dari lubang galian dibawa ke lokasi pemrosesan emas (disebut lokasi 'gelondong'). Pada lokasi gelondong ini, bahan galian tersebut dihaluskan dengan palu dan kemudian dimasukkan ke dalam 'gelondong' (Gambar 1). Setiap gelondong bisa menampung 30-40 kg bahan galian, kemudian di putar selama 3-4 jam. Pada setiap jam putaran, sebanyak 1 kg Hg ditambahkan kedalam gelondong untuk proses amalgamasi. Setelah putaran selesai, air disemprotkan ke dalam gelondong sehingga terbentuk lumpur yang ditampung dalam tempayan besar, amalgam emas-Hg mengendap dan sisa lumpur dibuang ke lahan pertanian (Gambar 1). Dalam setiap g emas yang dihasilkan, terdapat sekitar 1-3 gHg yang terlepas ke lingkungan dari proses amalgamasi konsentrat (Telmer, 2007), dimana sebagian terlepas di udara dan sebagian lagi terlepas ke perairan bersama dengan lumpur hasil pencucian. Suatu penelitian pada PESK di Filipina menunjukkan bahwa hanya 10% emas yang dapat diperoleh dengan metode amalgamasi Hg tersebut (Hylander *et al.*, 2007).



**Gambar 1.**Proses Pendulangan Emas di PESK Sekotong, Lombok Barat (A: proses gelondong; B dan C: hasil endapan amalgam emas-Hg; D: sisa tailing dibuang ke lahan pertanian) (Wulansari, 2013)

## 2.2. Pengaruh Hg Terhadap Tanaman

Hg adalah logam berat berbentuk cair, berwarna putih perak, serta mudah menguap pada suhu ruangan. Hg akan memadat pada tekanan 7.640 Atm. Hg dapat larut dalam asam sulfat atau asam nitrit, tetapi tahan terhadap basa. Hg memiliki nomor atom 80, titik lebur  $-38,9^{\circ}\text{C}$  dan titik didih  $356,6^{\circ}\text{C}$ .

Kelimpahan Hg di bumi menempati urutan ke-67 di antara elemen lainnya pada kerak bumi. Hg jarang didapatkan dalam bentuk bebas di alam, tetapi berupa bijih cinnabar ( $\text{HgS}$ ). Untuk mendapatkan Hg dari cinnabar, dilakukan pemanasan bijih cinnabar di udara sehingga menghasilkan logam Hg (Widowati *et al.*, 2008). Hg dapat berada dalam bentuk oksidasi, yakni  $\text{Hg}^+$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  dan  $\text{Hg}^{2+}$ . Sebagian Hg dalam air/tanah/sedimen dan biota berada dalam bentuk garam Hg anorganik dan organomercuri (Slowey, 2010). Hg dijumpai pada berbagai mineral, namun aktivitas manusia dapat meningkatkan pelepasan Hg ke lingkungan. Penggunaan limbah tercemar Hg, atau pupuk dalam budidaya

pertanian juga dapat menyebabkan keracunan pada tanaman (Patra dan Sharma, 2000). Logam ini dihasilkan dari bijih sinabar (HgS) yang mengandung unsur Hg antara 0,1% - 4%. atau Hg sangat beracun, karena sifatnya yang sangat beracun, maka U.S. Food and Administration (FDA) menentukan pembakuan atau nilai ambang batas kadar Hg yang ada dalam jaringan tubuh badan air, yaitu sebesar 0,005 ppm. Nilai ambang batas yaitu suatu keadaan dimana suatu larutan kimia, dalam hal ini Air raksa/Hg dianggap belum membahayakan bagi kesehatan manusia. Bila dalam air, kadar Hg sudah melampaui nilai ambang batas, maka air yang diperoleh dari tempat tertentu dinyatakan berbahaya.

Pembuangan lumpur sisa proses amalgamasi maupun gelondong yang masih mengandung Hg ke lahan pertanian mengganggu pertumbuhan dan produksi tanaman, serta membahayakan kesehatan manusia melalui konsumsi pangan yang dihasilkan dari tanah yang tercemar logam berat tersebut (Subowo *et al.*, 2007). Logam berat yang banyak di dalam *tailing* adalah merkuri (Hg), cadmium (Cd), plumbum (Pb), cuprum (Cu) dan mineral lain seperti chromium (Cr). Sebagian mineral seperti Cu, Fe, Zn dibutuhkan oleh makhluk hidup seperti tanaman (Jones dan Jacobsen, 2005) maupun manusia dan hewan (Aubusson *et al.*, 1997) dalam jumlah tertentu. Logam berat Pb dan Hg termasuk dalam kategori sangat beracun untuk makhluk hidup maupun lingkungan. Kedua logam ini merupakan racun yang terakumulasi (UNEP, 2002). Pada industri pertambangan biasanya logam berat berasal dari mineral yang ditambang atau sebagai bahan yang digunakan untuk memisahkan mineral yang ditambang.

Hg yang diserap tanaman dapat menyebabkan tidak aktifnya beberapa enzim karena penggabungan Hg ke dalam kelompok sulfidril dan enzim-enzim penting (Ling *et al.*, 2010). Hg juga meningkatkan aktivitas peroksida melalui pembentukan senyawa yang reaktif pada oksigen, seperti superoksida ( $O_2$ ), radikal hidroksi (OH) dan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) (Ali *et al.*, 2000). Pembentukan radikal toksik tersebut mengganggu fungsi enzim yang selanjutnya menyebabkan perubahan metabolisme pada tingkat sel. Pada tanaman perairan dan daratan, toksisitas Hg menyebabkan penurunan produksi biomassa tanaman, aktivitas fotosintesis, total klorofil, maupun konsentrasi nitrogen, fosfor dan kalium (Ling *et al.*, 2010). Peningkatan konsentrasi Hg dalam jaringan tanaman

jagung menyebabkan peningkatan prolin, yaitu asam amino yang biasanya berasosiasi dengan adaptasi cekaman dan toleransi Hg (Ling *et al.*, 2010). Akumulasi Hg dalam jaringan tanaman dapat juga diikuti dengan gejala cekaman oksidatif (Ali *et al.*, 2000). Fitokelatin tersusun atas kelompok peptida yang mampu mengkhelat unsur logam yang disintesis oleh tanaman sebagai respon terhadap cekaman logam berat. Peptida tersebut merupakan komponen utama tanaman tingkat tinggi dalam detoksifikasi logam berat (Bhargava *et al.*, 2012). Fitokelatin juga disebut sebagai non-protein thiol karena berada dalam kelompok sulfhidril dengan konsentrasi yang tinggi (Nagajyoti *et al.*, 2010).

Di dalam tanaman, Hg bersifat meracun dan menyebabkan kerusakan enzim, polinukleida, sistem transportasi hara dan mengganggu integritas membran sel (Patra dan Sharma, 2000). Akar yang memanjang seringkali digunakan sebagai indikasi pertama pada tanaman yang mengalami keracunan unsur Hg (Prasad, 2001). Gejala keracunan Hg pada umumnya adalah pertumbuhan biji dan akar yang terhambat dan terjadi hambatan proses fotosintesis yang selanjutnya menurunkan produksi tanaman (Kabata Pendias dan Pendias, 2000).

Hg yang dibuang ke tanah umumnya ditahan oleh padatan tanah melalui absorpsi pada sulfida, partikel liat dan bahan organik (Wuana dan Okieimen, 2011). Bentuk Hg tersebut bersifat tidak larut, sehingga relatif tidak mobile di dalam tanah. Namun demikian, reaksi pertukaran yang terjadi dalam larutan tanah dapat menyebabkan peningkatan kelarutan dan mobilitas Hg dalam tanah (Chen and Yang, 2012). Hg mempunyai afinitas kuat dengan kelompok thiol, terutama kompleks sulfide dan bisulfida (Moreno *et al.*, 2004). Asam humat-fulvat telah terbukti mampu memacu ketersediaan Hg di dalam tanah dan serapan Hg oleh organisme (Hinton, 2002).

Larutan mengandung sulfur telah digunakan untuk memacu akumulasi Hg dalam jaringan tanaman (Moreno *et al.*, 2004). Misalnya, *Brassica juncea* dapat mengkonsentrasikan Hg sampai 40 mg/kg dalam jaringan tajuk tanaman setelah aplikasi amonium thiosulfat ( $[\text{NH}_4]_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) pada limbah tambang yang terkontaminasi dengan 2.8 mg Hg/kg. Oleh karena itu amonium thiosulfat sering digunakan oleh beberapa peneliti sebagai suatu strategi yang potensial untuk remediasi lingkungan tercemar Hg. Dari uraian di atas, apabila suatu tanaman

tidak mengakumulasi suatu logam berat yang berada pada *tailing* maka polutan (logam berat) tersebut masih berada dalam lingkungan, dapat dalam bentuk teroksidasi yang sudah kurang toksis atau dalam bentuk tidak mudah bergerak.

### 2.3. Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat

Pada teknologi konvensional, remediasi adalah dengan menggali tanah yang terkontaminasi dan memindahkan ke lokasi lain atau menutup area yang terkontaminasi tersebut. Sehingga teknologi ini sebetulnya hanya memindahkan kontaminan dari satu tempat ke tempat lain dan berbahaya saat penggalian, penanganan dan transpor material tersebut (Vidali, 2001). Teknologi tersebut lebih cocok untuk daerah yang sudah sangat tercemar. Metode konvensional tersebut juga dapat menyebabkan degradasi lingkungan ikutan dan sangat mahal jika diterapkan pada wilayah yang luas (Ensley, 2001). Biaya tinggi penggunaan teknologi tersebut akan sulit terpenuhi oleh negara-negara berkembang seperti Indonesia.

Memperhatikan kondisi alam dan meluasnya kontaminasi logam berat, serta mahalnya biaya yang diperlukan untuk remediasi, beberapa tahun terakhir ini telah dikembangkan teknologi bioremediasi (melibatkan mikroorganisme) dan fitoremediasi (melibatkan tanaman) untuk digunakan sebagai upaya remediasi tanah dan air yang tercemar limbah organik dan anorganik dengan biaya murah dan ramah lingkungan (Pilon-Smits, 2005). Fitoremediasi juga merupakan teknologi penambah penghasilan, terutama jika unsur logam yang diserap dari tanah dapat digunakan sebagai 'bio-ore' diekstrak sebagai logam berharga, yakni phytomining (Angle *et al.*, 2000) dan energi dapat dihasilkan dari pembakaran biomasa tanaman (Li *et al.*, 2003).

Fitoremediasi adalah salah satu teknologi yang menggunakan tanaman untuk menghilangkan (memindahkan) kontaminan dari tanah dan air (Pivetz, 2001). Dalam usaha penggunaan cara fitoremediasi untuk meremediasi suatu lingkungan yang tercemar diperlukan pemahaman proses yang terjadi, pemilihan tanaman dan usaha yang harus dilakukan agar tanaman tumbuh. Fitoremediasi memerlukan komitmen sumber daya dan waktu, walau begitu memerlukan biaya yang relatif murah, ramah lingkungan dibandingkan dengan teknologi

konvensional (Pivetz, 2001). Ada beberapa mekanisme fitoremediasi yaitu fitoekstraksi, fitotransformasi (fitodegradasi, rizodegradasi), fitostabilisasi dan fitofiltrasi (Vidali, 2001). Fitoremediasi terdiri atas empat jenis teknologi berbasis tanaman, yakni:

- 1) Rhizofiltrasi; melibatkan penggunaan tanaman, terutama tanaman perairan, untuk menyerap logam dan bahan pencemar lain dalam lingkungan perairan (Kumar and Chandra, 2004; Liao dan Chang, 2004);
- 2) Fitostabilisasi; melibatkan penggunaan tanaman untuk stabilisasi dan reklamasi wilayah daratan yang tercemar (Berti dan Cunningham, 2000);
- 3) Fitovolatilisasi; melibatkan penggunaan tanaman untuk menyerap unsur beracun dan kemudian mengkorvesi dan melepaskannya dalam bentuk kurang beracun ke atmosfer (Meagher *et al.*, 2000; Rugh, 2004);
- 4) Fitoekstraksi; penggunaan tanaman untuk menyerap unsur logam dan bahan pencemar lain dari tanah (Chandra Sekhar *et al.*, 2005). Fitoekstraksi merupakan metode yang paling banyak digunakan jika tanaman yang digunakan dapat mentranslokasi unsur logam ke dalam tajuk tanaman dan unsur logam tersebut dapat dipanen melalui teknologi phytomining.

Semua teknik fitoremediasi paling baik diterapkan pada wilayah yang tingkat pencemarannya rendah-sedang (Glass, 2000). Selain itu, kedalaman tanah yang harus dibersihkan ditentukan oleh kemampuan dan penyebaran akar tanaman, yang berkisar dari beberapa sentimeter sampai beberapa meter (Rascio dan Navari-Izzo, 2011). Tanaman yang digunakan dalam fitoremediasi sebaiknya tanaman lokal di sekitar lokasi yang tercemar, karena jenis tanaman tersebut telah teradaptasi dengan kondisi tercemar (Wolfe dan Bjornstad, 2002). Keberhasilan fitoekstraksi tergantung pada berbagai karakteristik tanaman, diantaranya adalah kemampuan tanaman dalam menyerap sejumlah besar unsur logam dalam waktu yang cepat (Pilon-Smits, 2005). Tanaman untuk fitoekstraksi harus mampu tumbuh di luar area asalnya, mempunyai sistem perakaran yang stabil dan mampu mengangkut unsur logam ke dalam tajuknya (Thangavel dan Subhuram, 2004).

#### 2.4. *Paspalum conjugatum*L. sebagai Tanaman Hiperakumulator



Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Subdivisio	: Angiospermae
Class	: Monocotyledoneae
Ordo	: Poales
Family	: Poaceae
Genus	: Paspalum
Spesies	: <i>Paspalum conjugatum</i> L.
Nama daerah	: Juku Pahit

**Gambar 2.** *Paspalum conjugatum* L.(Achmad, 2010)

*Paspalum conjugatum* L. (nama lokal: Juku Pahit) tergolong gulma tahunan. Dengan ciri daun berbentuk garis atau lanset, permukaan dan tepian daun berbulu, lidah daun pendek. Perbungaan bulir, umumnya bercabang dua. *Paspalum conjugatum* L. Berkembang biak dengan biji dan stek batang. Rumput tumbuh berumpun, buluh menjalar, rimpang tunggal atau bercabang, hingga 75 cm. *Paspalum conjugatum* L. Merupakan jenis rumput yang mampu tumbuh dengan baik di tempat yang miskin hara bahkan di tempat yang banyak mengandung Hg (Hidayati *et al.*, 2009). *Paspalum conjugatum* L. Tumbuh dari dekat permukaan laut sampai ketinggian 1700 m di tempat cukup terbuka untuk berbayang. Hal ini disesuaikan dengan iklim lembab. Hal ini ditemukan tumbuh di sepanjang tepi sungai, pinggir jalan dan di daerah terganggu (Achmad, 2010). Menurut Leps dan Smilauer (1999) *Paspalum conjugatum* L. Merupakan jenis rumput yang mampu tumbuh dengan baik di tempat yang miskin hara bahkan di tempat yang mengandung banyak Hg.

Akar juku pahit (*Paspalum conjugatum* L.) merupakan akar serabut (*radix adventica*) yang halus. Berwarna putih hingga kekuning-kuningan dengan arah tumbuh ke pusat bumi (*geotrop*) mencapai 20 cm di dalam tanah. Selain itu, akar terbentuk seperti benang (*filiformis*) serta tidak memiliki ruas ruas dan tudung akar (*calyptra*) (Nasution, 1986). Batang juku pahit (*Paspalum conjugatum* L.) agak pipih (*phyllocladium*) dengan tinggi 20-75 cm, serta tidak berbulu. Warnanya

hijau bercorak ungu, tumbuh tegak (*erectus*) dan termasuk batang rumput (*calmus*). Permukaan batang berusuk (*costatus*) dimana terdapat rigi-rigi yang membujur. Daun juku pahit (*Paspalum conjugatum* L.) memiliki helai daun berbentuk pita (*ligulatus*) dengan ujung daun runcing (*acutus*). Serta berbulu di sepanjang tepinya dan permukaannya. Pangkal daun membulat (*rotundatus*), dengan panjang daun berkisar 2,5-37,5 cm dan lebar 6-16 mm. Selain itu, tepi daun nampak berombak (*repandus*) (Steenis, 1972). Bunga Juku Pahit (*Paspalum conjugatum* L.) termasuk tumbuhan berbunga tunggal (*planta uniflora*) yang tumbuh pada ujung batang (*flosterminalis*). Selain itu, ibu tangkai bunga tidak bercabang-cabang, sehingga bunga langsung terdapat pada ibu tangkainya (Tjitrosoepomo, 2001).

*Paspalum* adalah genus agak besar yang memiliki hampir 400 spesies (Chase, 1929). Karakter yang luar biasa adalah kemampuan membentuk stolon yang kuat sehingga dengan cepat dapat menutup permukaan tanah. *Paspalum conjugatum* L. Diduga berasal dari Amerika Serikat (Florida samapi Texas) dan Amerika Latin (Peru, Bolivia dan Argentina) sampai dengan ketinggian 1500 m di atas permukaan laut. *Paspalum conjugatum* L. Dapat tumbuh dengan cepat pada musim hujan, pada tanah masam yang miskin unsur hara, namun demikian jenis rumput ini kurang disukai oleh ternak karena rasa asamnya dapat mengganggu pencernaan (Alberts dan Garcia, 1943; Beetle, 1974). Karena toleransi tinggi terhadap naungan dan sifat tumbuhnya yang agresif, *Paspalum conjugatum* L. Sering digunakan sebagai tanaman penutup tanah di areal perkebunan, antara lain perkebunan abaka (*Musa textilis*), savana sawit (*Acrocomia sclerocarpa*), karet (*Hevea brasiliensis*), pisang (*Musa paradisiaca*) dan kelapa (*Cocos nucifera*).

Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam ke dalam biomasnya dalam kadar yang luar biasa tinggi. Kebanyakan tumbuhan mengakumulasi logam, misalnya nikel, sebesar 10 mg/kg berat kering (BK) (setara dengan 0,001%). Tetapi tumbuhan hiperakumulator logam mampu mengakumulasi hingga 11% BK. Batas kadar logam yang terdapat di dalam biomassa agar suatu tumbuhan dapat disebut hiperakumulator berbeda-beda bergantung pada jenis logamnya (Baker, 1999). Dalam hubungannya dengan pemanfaatan tumbuhan sebagai agen

pemulihan lingkungan tercemar, mengutip laporan Departemen Energi AS, (Watanabe *et al.*, 1997) mengemukakan prasyarat, yaitu:

- 1) laju akumulasi harus tinggi, bahkan di lingkungan yang berkadar kontaminan rendah
- 2) kemampuan mengakumulasi kontaminan dengan kadar tinggi
- 3) kemampuan mengakumulasi beberapa macam logam tumbuh cepat
- 4) produksi biomassa tinggi
- 5) tahan hama dan penyakit

Beberapa spesies tanaman yang dijumlah di lokasi tambang emas di Jawa Barat memiliki potensi toleran Hg, yakni *Lindernia crustacean* yang mengakumulasi sampai dengan 89.13 ppm Hg, *Digitaria radicata* yang mengakumulasi sampai dengan 50.93 ppm Hg, *Zingiber sp* yang mengakumulasi sampai dengan 49.33 ppm Hg, *Paspalum conjugatum* L. yang mengakumulasi sampai dengan 1.78 ppm Hg, *Cyperus sp* yang mengakumulasi sampai dengan 0.77 ppm Hg dan *Caladium sp* yang mengakumulasi sampai dengan 9.12 ppm Hg (Hidayati *et al.*, 2009).

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa Tanaman *Lindernia crustacean*, *Digitaria radicata*, *Zingiber purpurium*, *Paspalum conjugatum* L., *Cyperus kyllingia* dan *Caladium bicolor* mampu mengakumulasi Hg 2,96; 1,65; 0,85; 8,82; 3,97; dan 0,14 mg/kg selama pertumbuhan 9 minggu. Berdasarkan kemampuan di atas, tanaman *Paspalum conjugatum* L., *Cyperus kyllingia* dan *Lindernia crustacean* merupakan tiga spesies tanaman liar yang berpotensi untuk digunakan sebagai fitoremediator Hg pada lahan pertanian yang tercemar Hg. Penambahan bahan ligand mengandung S, yaitu thiosulfat, pada tanah tercemar Hg meningkatkan pelarutan Hg dalam tanah dan peningkatan serapan Hg oleh *Paspalum conjugatum* L. (Handayanto *et al.*, 2012)

## 2.5. Biology Accumulation Factor (BAF)

Bioakumulasi adalah penumpukan dari zat-zat kimia seperti pestisida, metilmerkuri dan kimia organik lainnya di dalam atau sebagian tubuh organisme. Dasar pengertian bioakumulasi dikembangkan oleh ilmuwan tahun 1870-an yang menemukan fenomena prinsip perilaku bahan-bahan kimia dalam lingkungan dan

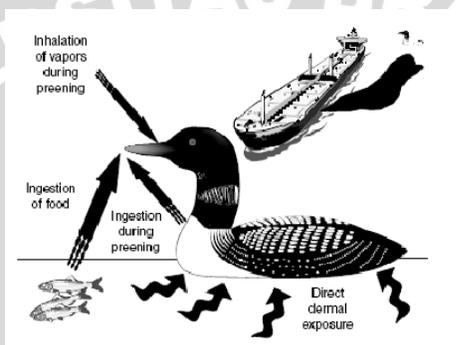
mahluk hidup. Bioakumulasi adalah jumlah dari dua proses: biokonsentrasi dan biomagnifikasi (Beek, 2000).

Penyebab Bioakumulasi

Bioakumulasi dalam tubuh makhluk hidup, akan berbahaya tergantung beberapa faktor, antara lain:

1. Cara penerimaan xenobiotik

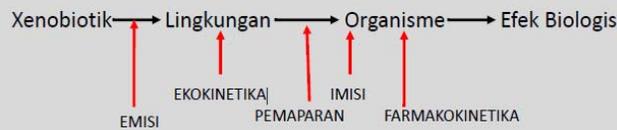
Bioakumulasi xenobiotik dalam makhluk hidup masuk ke dalam tubuh melalui 3 cara, yaitu: sentuhan kulit, inhalasi dan oral. Xenobiotik masuk ke dalam sel dan mempengaruhi kinerja sel tersebut.



Gambar 3. Cara masuknya xenobiotik (Newman, 2008)

2. Distribusi xenobiotik

Xenobiotik yang masuk ke dalam tubuh, terdistribusi dan bertumpuk pada jaringan yang rentan diserangnya. Sifat reaktif zat xenobiotik dan jumlah xenobiotik yang terkumpul mempengaruhi lamanya zat tersebut akan berpengaruh pada makhluk hidup.

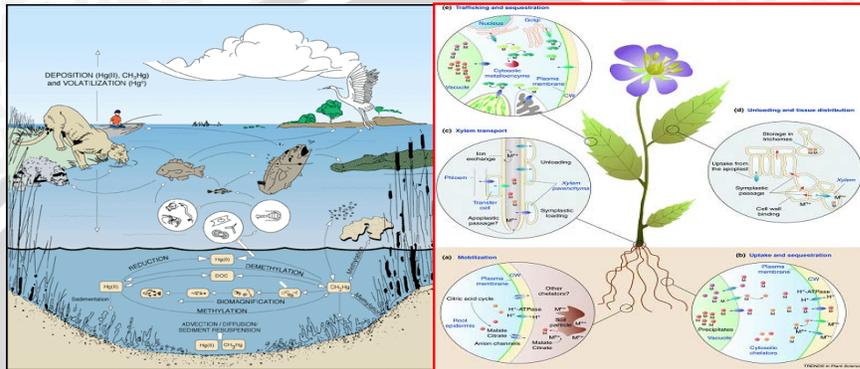


Gambar 4. Alur bioakumulasi (Newman, 2008)

Xenobiotik merupakan bahan asing bagi tubuh organisme. Sumbernya ada dua macam yaitu alami dan buatan. Sumber alami seperti racun dari benda hidup (*Clostridium botulinum*, aflatoksin, tanaman beracun, hewan beracun) sedangkan

sumber buatan/ abiotik seperti dari racun logam. *Biology accumulation factor* memiliki persamaan sebagai berikut :

$$BAF = \frac{\text{Konsentrasi logam dalam tajuk tanaman}}{\text{Konsentrasi logam awal di dalam tanah}}$$



**Gambar 5.** Bioakumulasi Hg di lingkungan (kiri) dan penyerapan logam berat oleh tanaman (kanan). (Newman, 2008)

### 2.6. Biology Concentrate Factor (BCF)

Bioakumulasi sangat tergantung oleh besarnya biokonsentrasi suatu senyawa dalam sel. Biokonsentrasi adalah perpindahan senyawa kimia xenobiotik dari berbagai sumber dari lingkungan hidup sekitar ke dalam organisme yang menghasilkan suatu kepekatan yang umumnya lebih tinggi dalam organisme tersebut dibanding pada sumbernya. Jadi biokonsentrasi adalah banyaknya konsentrasi polutan yang ada di lingkungan sekitar yang kemudian akan diserap oleh suatu organisme. Sehingga meningkatkan kadar bioakumulasi dalam suatu organisme. Salah satu konsekuensi dari pelepasan dan penyebaran substansi pencemar di lingkungan adalah penangkapan (*uptake*) dan penimbunan (*accumulation*) oleh makhluk hidup mengikuti alur rantai makanan (*food chain*). Umumnya relasi antara konsentrasi substansi pencemar di lingkungan dan di dalam jaringan makhluk hidup dinyatakan dalam parameter faktor biokonsentrasi ( $BCF = \text{bioconcentration factor}$ ). Parameter ini merupakan nisbah antara konsentrasi suatu senyawa di lingkungan dan konsentrasi senyawa yang sama dalam jaringan makhluk hidup (Beek, 2000). Bioakumulasi faktor ini memiliki persamaan yaitu:

$$\text{BCF} = \frac{\text{Konsentrasi logam dalam akar tanaman}}{\text{Konsentrasi logam awal di dalam tanah}}$$

### 2.7. Translocation Factor (TF)

Translokasi meliputi gerakan berbagai materi dalam sistem tumbuhan termasuk gas-gas, air, mineral, karbohidrat terlarut dan hormon. faktor lingkungan yang mempengaruhi translokasi adalah cahaya, air dan suhu. Faktor translokasi (TF) atau rasio mobilisasi (Barman *et al.*, 2000; Gupta *et al.*, 2008) dihitung untuk menentukan relative translokasi logam dari tanah ke bagian lain (akar dan tunas) dari spesies tanaman. Dimana TF (Translokasi Faktor) memiliki persamaan yaitu

$$\text{TF} = \frac{\text{Konsentrasi logam dalam tajuk tanaman}}{\text{Konsentrasi logam dalam Akar}}$$

Dimana dari hasil data yang sudah ada pada perhitungan BAC, BAF dan TF bisa langsung diklasifikasi jika hasil perhitungan  $> 1$  dikatakan "Fitoekstraksi" dan  $< 1$  dikatakan "Fitostabilisasi". Dimana Fitoekstraksi; penggunaan tanaman untuk menyerap unsur logam dan bahan pencemar lain dari tanah dan dapat mentranslokasi unsur logam ke dalam tajuk tanaman dan unsur logam tersebut dapat dipanen melalui teknologi phytomining (Chandra Sekhar *et al.*, 2005). Dan Fitostabilisasi; melibatkan penggunaan tanaman untuk stabilisasi dan reklamasi wilayah daratan yang tercemar (Berti dan Cunningham, 2000).

### 2.8. Syarat Tumbuh Tanaman Jagung (*Zea mays L.*)

Tanaman jagung merupakan salah satu tanaman yang termasuk tanaman palawija dimana tanaman yang mampu tahan terhadap kekeringan yang amat panjang, jagung sendiri merupakan tanaman yang bersal dari daerah tropis yang mampu beradaptasi dengan lingkungan disekitarnya (Syafuddin, 2002). untuk mengoptimalkan pertumbuhan jagung diperlukan beberapa syarat yang dikehendakinya yaitu :

### 2.8.1. Iklim

1. Jagung dapat tumbuh di daerah sedang hingga daerah beriklim sub-tropis/tropis yang basah. Letak geografis antara 0-50°LU hingga 0-40°LS.
2. Pada lahan yang minim irigasi jagung membutuhkan curah hujan kurang lebih 85-200 mm/bulan.
3. Untuk pertumbuhan tanaman jagung yang optimum memerlukan suhu yang optimum pula yaitu 23-27°C.

### 2.8.2. Media tanam

1. Dalam pertumbuhannya jagung tidak memerlukan syarat tanah yang khusus untuk mampu tumbuh secara optimum.
2. Jenis tanah yang dapat ditanami jagung yaitu: Andosol, Latosol, Vertisol. Untuk tanah Vertisol ini membutuhkan pengolahan yang intensif dalam proses pemeliharannya, sedangkan untuk tanah jenis Latosol merupakan salah satu jenis tanah terbaik untuk tanaman jagung.
3. Tingkat keasaman yang baik untuk tanaman jagung yaitu dengan pH antara 5,6-7,5.
4. Aerasi yang terjaga juga dibutuhkan tanaman jagung dalam pengaruh kelembaban dan ketersediaan air dalam tanah.
5. Jagung yang sesuai ditanam dengan tingkat kelerengan kurang dari 8% karena minimnya terjadinya erosi dan *run off* cukup kecil.

### 2.8.3. Ketinggian tempat

Pertumbuhan jagung yang optimum adalah apabila jagung itu ditanam dengan ketinggian 0-600 mdpl pada dataran rendah dan 1000-1800 mdpl pada dataran tinggi.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang dan rumah plastik lapangan di lahan percobaan Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang, pada bulan November 2013 - Februari 2014.

#### 3.2. Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 8 perlakuan dan 3 kali ulangan. Enam perlakuan merupakan perlakuan tanah *tailing* bekas tambang emas pascafitoremediasi pada penelitian fitoremediasi sebelumnya yang selanjutnya dibandingkan dengan dua perlakuan tanah *tailing* bekas tambang emas tanpa fitoremediasi.

#### 3.3. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Polybag dengan kapasitas 5kg (1), Gembor untuk menyiram tanaman jagung (2), Cetok untuk mengemburkan tanah (3), Alat tulis (penggaris, pensil, buku, penghapus) digunakan untuk mengamati pertumbuhan jagung (4), Kamera untuk dokumentasi (5), timbangan analitik untuk menimbang pupuk (6).

Bahan utama yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah tanah pascafitoremediasi dengan *Paspalum conjugatum* L. dan jagung (*Zea mays* L.) varietas NK33 sebagai tanaman indikator yang digunakan. Pupuk Urea (N), pupuk P (SP 36), pupuk KCl (K), kompos dantanah jenis inceptisols. Karakteristik tanah pascafitoremediasi tersebut disajikan pada Tabel 1. Tanah yang digunakan dalam kegiatan fitoremediasi sebelumnya diperoleh dari lahan pertanian yang tercemar limbah tambang emas di Desa Sekotong, Kecamatan Sekotong Tengah, Kabupaten Lombok Barat. Konsentrasi Hg tanah sebelum fitoremediasi dan pascafitoremediasi disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Karakteristik Tanah Pascafitoremediasi

Perlakuan	pH (H <sub>2</sub> O)	C organik (%)	Sifat Kimia			Hg (ppm)
			Ntotal (%)	P tersedia (ppm)	K total (%)	
<b>Sebelum fitoremediasi</b>						
MT 1	8,43	0,67	0,01	4,94	0,59	327
MT 2	7,59	0,87	0,009	2,79	0,11	393,6
<b>Setelah fitoremediasi selama 8 minggu</b>						
PCT1L0	6,29	1,40	0,09	46,33	0,43	37,80
PCT1L4	5,31	1,17	0,10	52,05	0,41	15,87
PCT1L8	5,07	1,25	0,21	60,03	0,45	24,87
PCT2L0	7,15	1,40	0,09	48,54	0,48	16,13
PCT2L4	6,00	0,78	0,14	57,54	0,55	14,60
PCT2L8	6,00	1,16	0,18	64,27	0,39	9,53

**Keterangan :**

MT1	Media tumbuh 1 (campuran 70% tanah dan 30% <i>tailings</i> ianidasi)
MT2	Media tumbuh 2 (campuran 70% tanah dan 30% <i>tailings</i> amalgamasi)
PCT1L0	media tumbuh 1 pascafitoremediasi dengan <i>Paspalum conjugatum</i> L. tanpa penambahan amonium thiosulfat (0 g amonium thiosulfat/kg media)
PCT1L1	media tumbuh 1 pascafitoremediasi dengan <i>Paspalum conjugatum</i> L. dengan penambahan 4 g amonium thiosulfat/kg media
PCT1L2	media tumbuh 1 pascafitoremediasi dengan <i>Paspalum conjugatum</i> L. dengan penambahan 8 g amonium thiosulfat/kg media
PCT2L0	media tumbuh 2 pascafitoremediasi dengan <i>Paspalum conjugatum</i> L. tanpa penambahan amonium thiosulfat
PCT2L1	pada media tumbuh 2 pascafitoremediasi dengan <i>Paspalum conjugatum</i> L. dengan penambahan 4 g amonium thiosulfat/kg media
PCT2L2	media tumbuh 2 pascafitoremediasi dengan <i>Paspalum conjugatum</i> L. dengan penambahan 8 g amonium thiosulfat/kg media

**Tabel 2.** Perubahan Konsentrasi Hg Pascafitoremediasi (Wulansari, 2013)

Perlakuan	Hg akhir (mg/5kg)	Penurunan	
		(mg/5kg)	%
T1L0	37,8	289,2	88,4
T1L1	15,87	311,13	95,15
T1L2	24,87	302,13	92,4
T2L0	16,13	377,47	95,9
T2L1	14,6	379	96,29
T2L2	9,53	384,07	97,57

### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1. Penelitian sebelumnya

Pada penelitian sebelumnya “Penggunaan Amonium Thiosulfat untuk Memacu Fitoekstraksi Merkuri (Hg) oleh Juku Pahit (*Paspalum conjugatum* L.) pada Tanah Tercemar Tailing Emas Skala Kecil”, semai dari spesies tumbuhan *Paspalum conjugatum*L. ditanam pada 5 kg media tanam yaitu campuran 70% tanah dan 30% *tailing* dari proses amalgamasi (proses gelondong) atau proses sianidasi (proses tong) yang ditempatkan dalam plot plastik yang diberi alas (tatakan) untuk menampung air lindi dari pot. Untuk memacu serapan Hg ditambahkan amonium thiosulfat dengan dosis 0, 4 dan 8 g/kg media (Wang *et al.*, 2012).Berdasarkan hal diatas, maka terdapat 18 perlakuan (2 jenis media tanam dan 3 dosis ammonium thiosulfat).Setiap perlakuan diulang 3 kali, dan percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok.Untuk memaksimalkan pertumbuhan, semua media tanam di dalam pot diberi pupuk dasar N, P dan K dengan dosis setara 100kg N (urea)/ha, 50kg K (KCl)/ha, dan 50kg P (SP36)/ha, serta kompos dengan dosis 10 ton/ha.Penambahan ammonium sulfat (untuk dosis 4 dan 8 g/kg media) dalam bentuk larutan, dilakukan setelah tumbuhan berumur 6 minggu, atau 2 minggu sebelum panen.

Selama percobaan, pemberian air dilakukan setiap hari untuk menjaga kecukupan pasokan air untuk pertumbuhan tanaman.Dua minggu setelah penambahan ammonium sulfat, tumbuhan dipanen (umur 8 minggu). Pada saat panen, tajuk dan akar dipisahkan, di cuci, ditimbang dan di keringkan selama 48 jam pada 60°C untuk analisis serapan unsur Hg. Untuk mengukur kandungan Hg dalam tanaman, 1 g tajuk dan akar (berat kering oven) di masukkan ke dalam 50 ml gelas ukur dan ditambah dengan 15 ml larutan HNO<sub>3</sub> dan HCl pada rasio 1:3. Selanjutnya sampel di larutkan dalam bak air pada 80°C selama 1 jam, dan fitrat dilarutkan menjadi 50 mL dengan air bebas ion. Pengukuran kadar Hg dilakukan dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer, type A Analyst 50, PerkinElmer, UK. di laboratorium tanah Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. (Wulansari, 2013)

### 3.4.2. Penelitian selanjutnya

Tanah dalam pot bekas penelitian di atas (disebut tanah pascafitoremediasi), digunakan untuk menanam tanaman jagung sampai masa panen. Perlakuan untuk masing masing spesies tumbuhan adalah sama dengan perlakuan penelitian sebelumnya, yaitu 6 perlakuan (merupakan perlakuan tanah *tailing* tambang emas pascafitoremediasi dengan 2 jenis media tanam dan 3 dosis amonium thiosulfat pada penelitian sebelumnya), ditambah dengan 2 perlakuan kontrol yaitu perlakuan tanah *tailing* tambang emas tanpa fitoremediasi. Perlakuan kontrol adalah 2 media tanam, yaitu campuran 70% tanah dan 30% *tailing* amalgamasi dan campuran 70% tanah dan 30% *tailing* sianidasi), konsentrasi Hg tanah pada perlakuan kontrol disajikan pada Tabel 3. Dengan demikian, terdapat 8 perlakuan (6 perlakuan penelitian sebelumnya dan 2 kontrol). Masing-masing perlakuan diulang 3 kali, sehingga terdapat 24 pot untuk tiap spesies tumbuhan (Tabel 4). Setiap pot diberi pupuk dasar setara 100kg N/ha, 50kg P/ha dan 50kg K/ha. Delapan perlakuan untuk masing-masing spesies tumbuhan disusun dalam rancangan acak kelompok dengan 3 ulangan. Selama percobaan, konsentrasi air tanah dipertahankan pada kondisi 80% kapasitas lapangan dengan menambahkan/menyiram air secara periodik. Pada saat panen, dilakukan pengamatan yang meliputi, berat basah dan berat kering tanaman jagung, berat dan jumlah tongkol jagung, berat biji jagung, konsentrasi Hg dalam tanaman jagung dan konsentrasi Hg dalam tanah. Data yang diperoleh selanjutnya dilakukan analisis ragam (Anova) dilanjutkan dengan uji BNJ 5% dan analisis korelasi untuk keamatan hubungan antar parameter.

**Tabel 3.** Konsentrasi Hg pada media tanam kontrol

No.	Media Tanam	Konsentrasi Hg (ppm)
1.	Media tanam 1: 70% tanah lapisan atas (20cm) dan 30% <i>tailing</i> sianidasi	327
2.	Media tanam 2: 70% tanah lapisan atas (20cm) dan 30% <i>tailing</i> amalgamasi	393,6

**Tabel 4.** Kode perlakuan penelitian

No	Perlakuan	Media Tumbuh
1	KT 1	Media tanam 1 tanpa fitoremediasi
2	KT 2	Media tanam 2 tanpa fitoremediasi
3	PCT1L0	Media tanam 1 pascafitoremediasi dengan <i>Paspalum conjugatum</i> L. tanpa penambahan amonium thiosulfat (0 g amonium thiosulfat/kg media)
4	PCT1L1	Media tanam 1 pascafitoremediasi dengan <i>Paspalum conjugatum</i> L. dengan penambahan 4 g amonium thiosulfat/kg media
5	PCT1L2	Media tanam 1 pascafitoremediasi dengan <i>Paspalum conjugatum</i> L. dengan penambahan 8 g amonium thiosulfat/kg media
6	PCT2L0	Media tanam 2 pascafitoremediasi dengan <i>Paspalum conjugatum</i> L. tanpa penambahan amonium thiosulfat
7	PCT2L1	Media tanam 2 pascafitoremediasi dengan <i>Paspalum conjugatum</i> L. dengan penambahan 4 g amonium thiosulfat/kg media
8	PCT2L2	Media tanam 2 pascafitoremediasi dengan <i>Paspalum conjugatum</i> L. dengan penambahan 8 g amonium thiosulfat/kg media



## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Konsentrasi Hg pada Media Tumbuh

Tanah yang tercemar Hg dapat menyebabkan produktivitas tanah menurun sehingga pertumbuhan tanaman akan terganggu. Akumulasi Hg yang berlebihan pada tanah akan meningkatkan konsentrasi Hg pada tanaman sehingga dapat menurunkan kualitas pertumbuhan dan hasil tanaman. Konsentrasi Hg pada tanah tercemar dapat diturunkan dengan cara melakukan fitoremediasi, logam berat yang terkandung dalam tanah diserap oleh tanaman melalui akar dan diakumulasikan ke bagian tanaman yang lain.

Pada Tabel 5 disajikan perubahan konsentrasi Hg pascafitoremediasi. Konsentrasi Hg pada tanah *+tailing* pascafitoremediasi lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi Hg pada tanah *+tailing* tanpa fitoremediasi. Terdapat variasi konsentrasi Hg pada tanah tercemar limbah *tailing* sebelum dilakukan fitoremediasi dan pascafitoremediasi. Pada Tabel 5 konsentrasi Hg pada tanah pascafitoremediasi *tailing* amalgamasi (T2) lebih rendah dibandingkan dengan *tailing* sianidasi (T1). Sedangkan konsentrasi Hg pada tanah tanpa fitoremediasi *tailing* amalgamasi (T2) lebih tinggi dibandingkan dengan *tailing* sianidasi (T1).

Perbedaan konsentrasi Hg dipengaruhi oleh pengolahan emas. Dalam proses amalgamasi ditambahkan Hg 1 kg setiap jamnya untuk menangkap emas dan perak, sedangkan pada sianidasi sudah mengalami homogenitas yang dicampur dengan karbon aktif yang dapat menyerap logam berat. Sehingga konsentrasi Hg pada *tailing* sianidasi lebih sedikit dari *tailing* amalgamasi pada tanah tanpa fitoremediasi, sedangkan pada tanah pascafitoremediasi konsentrasi Hg sudah mengalami penurunan akibat terserap oleh tumbuhan *Paspalum conjugatum* L. pada fitoremediasi sebelumnya.

**Tabel 5.**Perubahan Konsentrasi Hg tanah

Perlakuan	Konsentrasi Hg Tanah (mg/kg)					
	Awal	9 minggu *)			15 minggu **)	
	Hg A	Hg B	% B dari A	Hg C	% C dari B	% C dari A
PCT1LO	327,00	37,80	-88,44 %	8,10	-78,57 %	-9,75 %
PCT1L1	327,00	15,87	-95,15 %	5,32	-66,48 %	-3,44 %
PCT1L2	327,00	24,87	-92,39 %	6,12	-75,39 %	-6,33 %
KT1	327,00	-	-	76,25	-76,68 %	-76,68 %
PCT2LO	393,60	16,13	-95,90 %	5,93	-63,24 %	-2,04 %
PCT2L1	393,60	14,60	-96,29 %	5,62	-61,51 %	-2,36 %
PCT2L2	393,60	9,53	-97,58 %	4,16	-56,35 %	-0,87 %
KT2	393,60	-	-	87,11	-77,87 %	-77,87 %

Keterangan: \*) = fitoremediasi selama 9 minggu dengan *Paspalum conjugatum* L. (Wulansari, 2013), \*\*) = penanaman jagung pada tanah pascafitoremediasi, selama 17 minggu, Hg A = konsentrasi Hg awal pada limbah sianidasi (T1) dan Limbah Amalgamai (T2), Hg B = konsentrasi Hg pada tanah (pascafitoremediasi) setelah 9 minggu fitoremediasi dengan *Paspalum conjugatum* L., Hg C = konsentrasi Hg pada tanah pascafitoremediasi yang ditanami jagung selama 15 minggu, (-) = tidak dilakukan perlakuan kontrol pada fitoremediasi sebelumnya.

Konsentrasi Hg awal tanah pascafitoremediasi berdampak terhadap pertumbuhan tanaman. Konsentrasi Hg yang besar berdampak terhadap pertumbuhan tanaman yang semakin terganggu, Hg bersifat racun dan menyebabkan kerusakan enzim dan mengganggu integritas membran sel (Patra dan Sharma, 2000). Konsentrasi Hg dalam tanah akan meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi Hg yang diberikan. Berdasarkan Tabel 5, tanaman jagung yang ditanam memiliki kemampuan menurunkan konsentrasi Hg dalam tanah melalui penyerapan oleh akar tanaman ke dalam tanah. Sesuai pernyataan Soemirat (2003) dalam Panjaitan, G.C. (2009), menyatakan bahwa proses absorpsi dapat terjadi lewat beberapa bagian tumbuhan, yaitu : 1. Akar, terutama untuk zat anorganik dan zat hidrofilik, 2. Daun bagi zat yang lipofilik, 3. Stomata untuk masukan gas.

Berdasarkan Tabel 5, terdapat variasi penurunan Hg pada setiap perlakuan. Hal ini dapat terjadi karena setiap tanaman memiliki tingkat toleransi penyerapan yang berbeda sehingga konsentrasi Hg yang terserap juga bervariasi. Pada Tabel 5 ditunjukkan bahwa tanaman jagung memiliki kemampuan menyerap Hg sehingga konsentrasi Hg dalam tanah berkurang melalui penyerapan oleh akar ke dalam

tajuknya. sesuai dengan hasil penelitian (Alvarez *et al.*, 2005) bahwa tanaman jagung memiliki kemampuan untuk menyerap unsur toksik seperti Hg ke dalam tajuknya. Menurut (Knox *et al.*, 2000) ketersediaan unsur logam dan penyerapannya oleh tanaman ditentukan oleh konsentrasi total dan bentuk dari logam tersebut di dalam tanah selain faktor geokimia pada zona perakaran. Sesuai hasil penelitian (Mojiri, 2011) bahwa jagung memiliki kemampuan melakukan fitoremediasi terhadap tanah tercemar logam berat. Jagung memiliki kemampuan menyerap logam berat dari tanah melalui akar dan mengakumulasi ke dalam tajuknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jagung merupakan tanaman akumulator efektif dalam fitoremediasi tanah tercemar logam berat. Menurut (Alloway, 1995) kisaran normal logam berat merkuri dalam tanah yakni 0,01 – 0,3 ppm dan konsentrasi kritis pada kisaran 0,3-0,5 ppm. Berdasarkan Tabel 5. Konsentrasi Hg akhir tanah masih diatas standar normal konsentrasi kritis Hg dalam tanah.

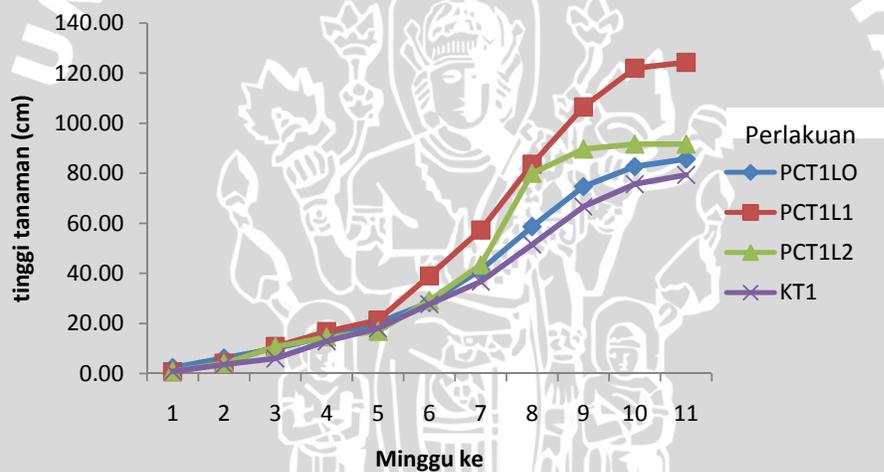
## 4.2. Pertumbuhan Jagung (*Zea mays L.*)

### 4.2.1. Tinggitanaman

Tinggi tanaman merupakan salah satu parameter yang diamati di lapangan dengan tujuan mengetahui pertumbuhan tanaman setiap minggunya terhadap perlakuan yang diterapkan. Pengukuran tinggi tanaman jagung dilakukan selama sebelas minggu (fase vegetatif) yang dilakukan pada 7, 14, 21, 28, 35, 42, 56, 63, 70, 77 dan 84 HST (Hari Setelah Tanam). Analisis tumbuh tanaman digunakan untuk memperoleh ukuran kuantitatif dalam mengikuti dan membandingkan pertumbuhan tanaman, dalam aspek fisiologis maupun ekologis, baik secara individu maupun pertanaman.

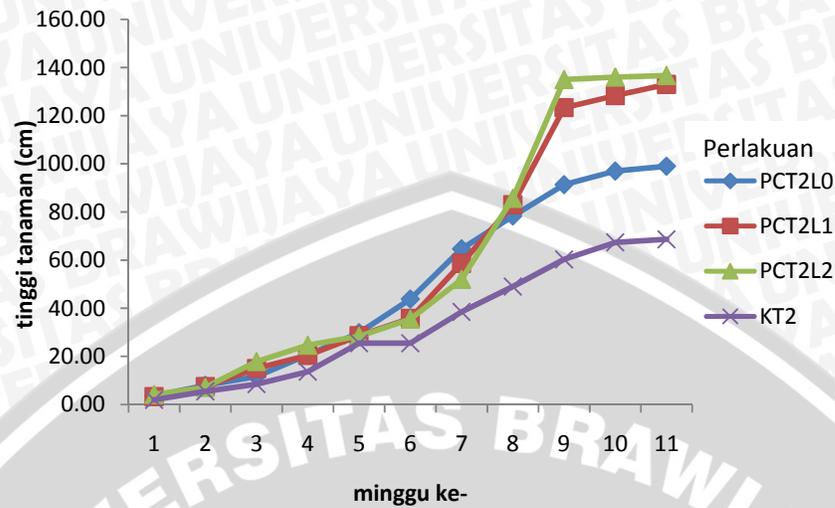
Tanaman jagung setiap minggunya mengalami penambahan tinggi. Pada tanah + *tailing* sianidasi (Gambar 6) pertumbuhan tanaman jagung paling tinggi terdapat pada perlakuan L1 (4 g amonium thiosulfat/kg media) dibandingkan dengan perlakuan L0 (0 g amonium thiosulfat/kg media), L2 (8 g amonium thiosulfat/kg media) dan KT1 (tanah + *tailing* sianidasi tanpa fitoremediasi). Hal ini disebabkan konsentrasi Hg pada perlakuan T1L1 (tanah + *tailing* sianidasi, 4 g amonium thiosulfat/kg media) memiliki konsentrasi Hg paling rendah

dibandingkan dengan tanah +*tailing* perlakuan T1 (tanah + *tailing* sianidasi) yang lain sehingga pertumbuhan tanaman pada tanah + *tailing* yang memiliki konsentrasi Hg lebih sedikit menyebabkan pertumbuhannya lebih baik dari tanah + *tailing* yang memiliki konsentrasi Hg lebih banyak. Pada tanah +*tailing* amalgamasi (Gambar 7) pertumbuhan tanaman jagung paling tinggi terdapat pada perlakuan L2 (8 g amonium thiosulfat/kg media) dibandingkan dengan perlakuan L0 (0 g amonium thiosulfat/kg media), L1 (4 g amonium thiosulfat/kg media) dan KT2 (tanah + *tailing* amalgamasi tanpa fitoremediasi). Hal ini disebabkan konsentrasi Hg pada perlakuan T2L2 (tanah + *tailing* amalgamasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media) memiliki konsentrasi Hg paling rendah dibandingkan dengan tanah + *tailing* perlakuan T2(*tailing* amalgamasi) yang lain.



**Gambar 6.** Nilai Rerata Tinggi Tanaman Jagung pada Perlakuan T1 (tanah + *tailing* sianidasi)

Keterangan: T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)



**Gambar 7.** Nilai Rerata Tinggi Tanaman Jagung pada Perlakuan T2 (tanah + *tailing* amalgamasi)

Keterangan: T2 (70% tanah + 30% *tailing* amalgamasi; L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); K (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan fitoremediasi dengan *Paspalum conjugatum* L. pada penelitian sebelumnya memberikan pengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap tinggi tanaman. Pada perlakuan L2 (8 g amonium thiosulfat/kg media), L1 (4 g amonium thiosulfat/kg media) dan L0 (0 gamonium thiosulfat/kg media) menunjukkan pertumbuhan tanaman paling baik dibandingkan dengan perlakuan KT1 (tanah + *tailing* sianidasi tanpa fitoremediasi) dan KT2 (tanah + *tailing* amalgamasi tanpa fitoremediasi). Penambahan amonium thiosulfat pada penelitian sebelumnya menyebabkan konsentrasi Hg berkurang sehingga tanaman dengan konsentrasi Hg lebih rendah dapat tumbuh lebih baik dibandingkan tanaman dengan konsentrasi Hg lebih tinggi. Nilai pertumbuhan tinggi tanaman jagung paling tinggi secara berurutan adalah T2L2 (tanah + *tailing* amalgamasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media), T2L1 (tanah + *tailing* amalgamasi, 4 g amonium thiosulfat/kg media), T1L1 (tanah + *tailing* sianidasi, 4 g amonium thiosulfat/kg media), T2L0 (tanah + *tailing* amalgamasi, 0 g amonium thiosulfat/kg media), T1L2 (tanah + *tailing* sianidasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media) dan T1L0 (tanah + *tailing* sianidasi, 0 g amonium thiosulfat/kg media), memiliki pertumbuhan tinggi paling baik dibandingkan

dengan perlakuan KT1 (tanah + *tailings*ianidasi tanpa fitoremediasi) dan KT2 (tanah + *tailing* amalgamasi tanpa fitoremediasi).

**Tabel 6.** Nilai Tinggi Tanaman Jagung Minggu ke 11

Perlakuan	Tinggi (cm)	Notasi
PCT1L0	85,67	abc
PCT1L1	124,33	bc
PCT1L2	91,67	abc
KT1	79,33	ab
PCT2L0	99,00	abc
PCT2L1	133,00	bc
PCT2L2	136,67	c
KT2	68,67	a
BNJ 5%	54,77	

Keterangan: T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi); T2 (70% tanah + 30% *tailing* amalgamasi); L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); K (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

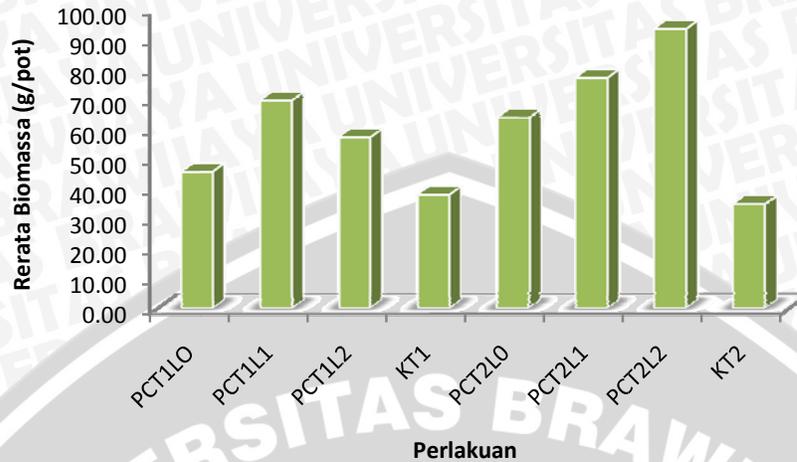
Pada penelitian fitoremediasi sebelumnya tingginya konsentrasi Hg pada tanah dapat mengganggu pertumbuhan tanaman sehingga mengakibatkan menurunnya kualitas tumbuhan yang dipanen (Wulansari, 2013). Penambahan amonium thiosulfat pada proses fitoremediasi sebelumnya dapat meningkatkan serapan Hg oleh tanaman sehingga konsentrasi Hg dalam tanah berkurang. Semakin banyak konsentrasi logam berat yang mencemari tanah akan semakin mengganggu pertumbuhan tanaman. Sesuai dengan pernyataan Rosiana (2003), bahwa semakin bertambahnya konsentrasi *tailing* pada media tanam semakin menurun pertumbuhan tanaman. Terhambatnya pertumbuhan tanaman dikarenakan Hg yang diserap tanaman dapat menyebabkan tidak aktifnya beberapa enzim yang pada gilirannya menyebabkan perubahan metabolisme pada tingkat sel sehingga pembelahan sel terganggu dan menyebabkan gangguan pertumbuhan.

#### 4.2.3. Produksi biomassa tanaman jagung

Biomassa tanaman jagung dapat diperoleh dengan menghitung berat kering tanaman jagung. Tanaman jagung yang telah panen dioven 5X24 jam (sampai mencapai berat kering konstan) dengan suhu 40°C. Berat kering tanaman merupakan faktor penting dari pengukuran biomassa, dengan melihat biomassa

tanaman maka akan diketahui tingkat produktivitas tanaman. Data biomassa dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan produksi. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dengan diketahuinya biomassa suatu tanaman maka produktivitas tanaman yang bersangkutan dapat diketahui. Produksi biomassa tersebut mengakibatkan penambahan berat dan dapat diikuti dengan penambahan ukuran lain yang dapat dinyatakan secara kuantitatif. Tetapi tidak semua bagian tanaman mengalami penambahan yang sama pada waktu yang sama.

Produksi biomassa tanaman jagung pada tanah + *tailing* pascafitoremediasi memiliki nilai rerata biomassa lebih tinggi dibandingkan dengan tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi (Tabel 7). Pada tanah + *tailing* pascafitoremediasi memiliki konsentrasi Hg lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi Hg pada tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi. Produksi biomassa paling tinggi terdapat pada perlakuan T2L2 (tanah + *tailing* amalgamasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media) sedangkan produksi biomassa paling rendah terdapat pada perlakuan KT2 (tanah + *tailing* amalgamasi tanpa fitoremediasi). Hal ini disebabkan konsentrasi Hg pada perlakuan T2L2 (tanah + *tailing* amalgamasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media) memiliki konsentrasi Hg paling rendah dibandingkan dengan perlakuan KT2 (tanah + *tailing* amalgamasi tanpa fitoremediasi) yang memiliki konsentrasi Hg paling tinggi sehingga produksi biomassa pada tanah + *tailing* yang memiliki konsentrasi Hg lebih tinggi menyebabkan menurunnya produksi biomassa. Fitoremediasi dengan *Paspalum conjugatum* L. pada penelitian sebelumnya efektif dalam menurunkan konsentrasi Hg dalam tanah. Sesuai dengan hasil penelitian (Nasr, 2013) semakin tinggi konsentrasi logam berat dalam tanah maka nilai produksi biomassa tanaman akan semakin rendah.



**Gambar 8.** Nilai Rerata Biomassa Tanaman Jagung pada Perlakuan T1 (tanah + *tailing* sianidasi) dan T2 (tanah + *tailing* sianidasi)

Keterangan: T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; T2 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

**Tabel 7.** Nilai Rerata Biomassa Tanaman Jagung

Perlakuan	Biomassa (g/pot)	Notasi
PCT1L0	45,49	abc
PCT1L1	69,24	de
PCT1L2	56,83	bcd
KT1	37,69	ab
PCT2L0	63,54	cde
PCT2L1	77,01	ef
PCT2L2	93,11	f
KT2	34,60	a
BNJ 5%	20,15	

Keterangan: T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi); T2 (70% tanah + 30% *tailing* amalgamasi); L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); K (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

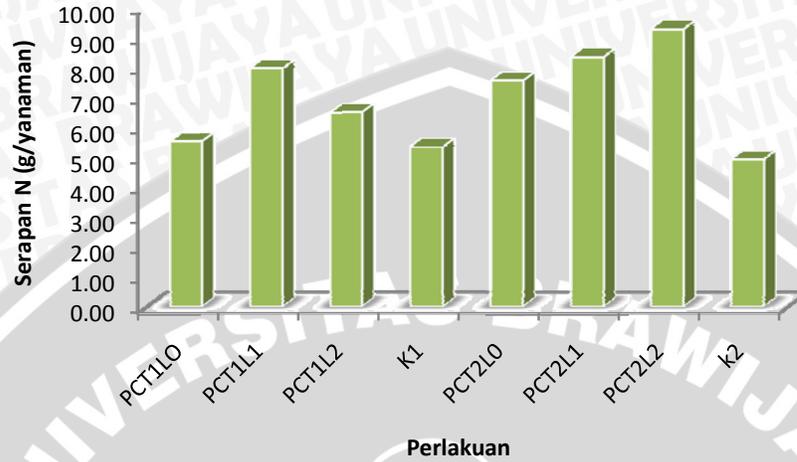
Dari Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan fitoremediasi dengan *Paspalum conjugatum* L. pada penelitian sebelumnya memberikan pengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap produksi biomassa tanaman jagung. Pada perlakuan T2L2 (tanah + *tailing* amalgamasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media)

dan T2L1 (tanah + *tailing* amalgamasi 4 g amonium thiosulfat/kg media) menunjukkan hasil produksi biomassa tanaman paling baik dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Penambahan amonium thiosulfat pada penelitian sebelumnya dapat meningkatkan serapan Hg oleh tanaman sehingga menyebabkan konsentrasi Hg pada tanah + *tailing* berkurang. Adanya toksisitas Hg menyebabkan penurunan produksi biomassa tanaman, aktivitas fotosintesis, total klorofil, maupun konsentrasi nitrogen, fosfor dan kalium (Ling *et al.*, 2010). Berdasarkan penelitian Wulansari (2013), tingginya konsentrasi Hg yang terkandung dalam tanah mengakibatkan menurunnya pertumbuhan tanaman sehingga berat kering tanaman menjadi rendah, rendahnya berat kering tanaman menyebabkan produksi biomassa tanaman berkurang.

#### 4.2.3. Serapan N tanaman jagung

Nitrogen adalah unsur yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Nitrogen berperan dalam pertumbuhan vegetatif tanaman, termasuk pembentukan klorofil. Kekurangan unsur nitrogen dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terganggu, tanaman kerdil sehingga menyebabkan produksi tanaman menurun. Pada Gambar 9 ditunjukkan bahwa Produksi biomassa tanaman jagung pada tanah + *tailing* pascafitoremediasi memiliki nilai rerata serapan N lebih tinggi dibandingkan dengan tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi. Pada tanah + *tailing* pascafitoremediasi memiliki konsentrasi Hg lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi Hg pada tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi. Nilai serapan N paling tinggi terdapat pada perlakuan T2L2 (tanah + *tailing* amalgamasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media) sedangkan nilai serapan paling rendah terdapat pada perlakuan KT2 (tanah + *tailing* amalgamasi tanpa fitoremediasi). Hal ini disebabkan konsentrasi Hg pada perlakuan T2L2 (tanah + *tailing* amalgamasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media) memiliki konsentrasi Hg paling rendah dibandingkan dengan perlakuan KT2 (tanah + *tailing* amalgamasi tanpa fitoremediasi) yang memiliki konsentrasi Hg paling tinggi sehingga serapan N pada tanah + *tailing* yang memiliki konsentrasi Hg lebih tinggi menyebabkan serapan unsur hara terganggu. Penambahan amonium thiosulfat pada penelitian sebelumnya menurunkan konsentrasi Hg dalam media sehingga serapan unsur hara semakin baik. Sesuai dengan pernyataan (Ramozet *al.*, 2001) penambahan

khelat amonium thiosulfat dapat meningkatkan serapan unsur N dan S bagi tanaman pada substrat.



**Gambar 9.** Nilai Rerata Serapan N Tanaman Jagung pada Perlakuan T1 (tanah + *tailing* sianidasi) dan T2 (tanah + *tailing* sianidasi)

Keterangan: T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; T2 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

**Tabel 8.** Nilai Serapan Nitrogen Tanaman

Perlakuan	Serapan N (g/ tanaman)	Notasi
PCT1L0	5,52	ab
PCT1L1	7,95	bcd
PCT1L2	6,46	abc
KT1	5,30	ab
PCT2L0	7,57	abcd
PCT2L1	8,35	cd
PCT2L2	9,29	d
KT2	4,92	a
BNJ 5%	2,71	

Keterangan: T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi); T2 (70% tanah + 30% *tailing* amalgamasi); L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); K (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

Dari Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan fitoremediasi dengan *Paspalum conjugatum* L. pada penelitian sebelumnya memberikan

pengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap serapan nitrogen tanaman jagung. Pada Tabel 8, perlakuan T2L2 (tanah + *tailing* amalgamasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media), T2L1 (tanah + *tailing* amalgamasi, 4 g amonium thiosulfat/kg media), T2L0 (tanah + *tailing* amalgamasi, 0 g amonium thiosulfat/kg media) dan T1L1 (tanah + *tailing* sianidasi, 4 g amonium thiosulfat/kg media) menunjukkan nilai serapan nitrogen tanaman paling baik dibandingkan dengan perlakuan perlakuan T1L2 (tanah + *tailing* sianidasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media), T1L0 (tanah + *tailing* sianidasi, 0 g amonium thiosulfat/kg media), KT1 (tanah + *tailing* sianidasi tanpa fitoremediasi) dan KT2 (tanah + *tailing* amalgamasi tanpa fitoremediasi). Fitoremediasi dengan *Paspalum conjugatum* L. pada penelitian sebelumnya menyebabkan konsentrasi Hg pada tanah + *tailing* berkurang. Toksisitas Hg dapat menyebabkan penurunan produksi biomassa tanaman, aktifitas fotosintesis, total klorofil, maupun konsentrasi nitrogen tanaman (Ling *et al.*, 2010). Tingginya konsentrasi Hg dalam media menyebabkan toksisitas meningkat sehingga terjadi penurunan konsentrasi nitrogen tanaman.

#### 4.3. Serapan Hg pada Tanaman jagung

Serapan Hg pada tanaman jagung dapat diketahui dengan mengekstraksi bagian tanaman. Tanaman jagung dipisahkan antara bagian akar, batang, daun dan biji dengan tujuan mengetahui serapan Hg paling besar pada bagian tanaman.

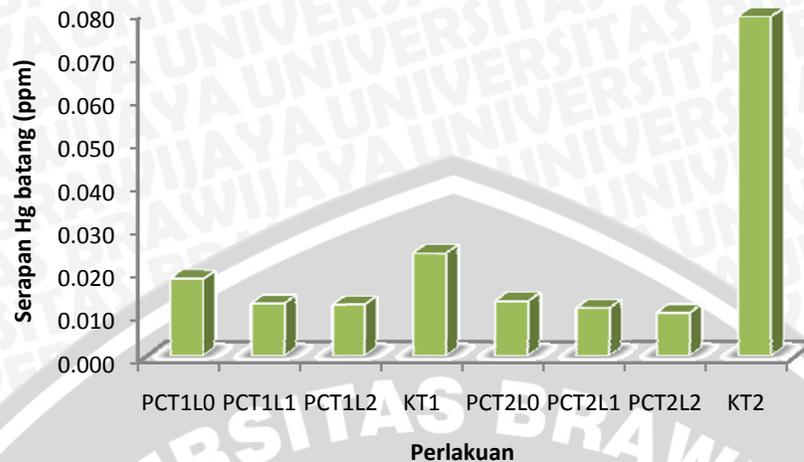
**Tabel 9.** Nilai Serapan Hg dalam Akar, Batang, Daun dan Biji

Perlakuan	Hg Akar (ppm)	Hg Batang (ppm)	Hg Daun (ppm)	Hg Biji (ppm)
PCT1L0	1,77 b	0,018 a	0,055 abc	0,0083 a
PCT1L1	1,45 ab	0,012 a	0,042 ab	0,0050 a
PCT1L2	1,72 b	0,012 a	0,054 abc	0,0053 a
KT1	5,50 c	0,024 ab	0,078 bc	0,0230 b
PCT2L0	1,52 ab	0,013 a	0,051 abc	0,0050 a
PCT2L1	1,25 ab	0,011 a	0,038 a	0,0043 a
PCT2L2	1,03 a	0,010 a	0,037 a	0,0033 a
KT2	5,61 c	0,079 b	0,080 c	0,0280 b
BNJ 5%	0,52	0,040	0,037	0,011

Keterangan: T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi); T2 (70% tanah + 30% *tailing* amalgamasi); L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); K (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

#### 4.3.1. Serapan Hg pada batang tanaman

Batang merupakan bagian dari tanaman yang pertama kali dilewati akar ketika akar mengangkut air, garam mineral, ion, termasuk Hg dari tanah yang diserap melalui rambut akar ke daun melalui pembuluh xylem untuk proses fotosintesis. Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan fitoremediasi dengan *Paspalum conjugatum* L. pada penelitian sebelumnya berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap penyerapan Hg oleh batang. Hasil pengamatan data konsentrasi Hg dalam batang tanaman jagung ditunjukkan pada Gambar 11. Nilai serapan Hg dalam batang pada perlakuan KT2 (tanah + *tailing* amalgamasi tanpa fitoremediasi) memiliki nilai serapan Hg paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan KT1 (tanah + *tailing* sianidasi tanpa fitoremediasi), L1 (4 g amonium thiosulfat/kg media), L0 (0 g amonium thiosulfat/kg media) dan L2 (8 g amonium thiosulfat/kg media). Konsentrasi Hg dalam tanah diserap oleh akar tanaman dan disalurkan ke bagian tanaman lain melalui pembuluh xylem pada batang. Perlakuan penambahan amonium thiosulfat tidak memberikan nilai serapan Hg lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa penambahan amonium thiosulfat pada tanah tanpa fitoremediasi karena penambahan amonium thiosulfat sudah diaplikasikan pada penelitian fitoremediasi sebelumnya untuk memaksimalkan penyerapan Hg oleh tanaman sehingga nilai serapan Hg bervariasi tergantung konsentrasi Hg dalam tanah.



**Gambar 10.** Nilai Rerata Serapan Hg Batang pada Perlakuan T1 (tanah + *tailing* sianidasi) dan T2 (tanah + *tailing* sianidasi)

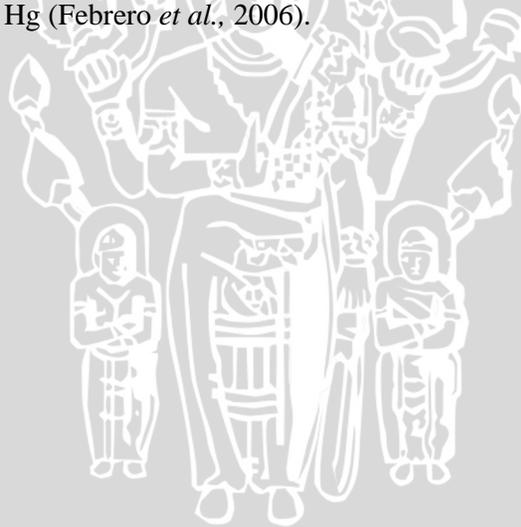
Keterangan: T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; T2 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

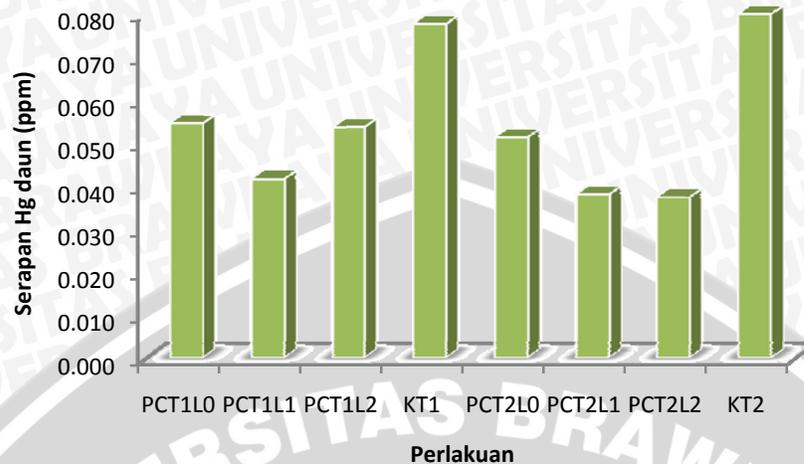
Berdasarkan Tabel9,serapan Hg dalam akar tanaman lebih besar dibandingkan denganserapan Hg dalam batang. Sesuai penelitian (Alvares *et al.*, 1995) nilai serapan logam berat Hg dan Cd lebih tinggi ditemukan pada akar daripada batang.Kumar (1995) menyatakan bahwaakar tanaman dapat menyerap kontaminanbersamaan dengan penyerapan nutrisi dan air.Akar tanaman mengekstrak logam berat dalamtanah untuk diserap masuk ke dalam jaringan akar, kemudian logam berat diakumulasi padabagian tanaman tertentu, sedangkan batang merupakan bagian tanaman untuk menyalurkan air, garam mineral dan ion termasuk Hg untuk disalurkan ke bagian tanaman lainnya sehingga serapan Hg pada akar lebih tinggi dibandingkan serapan Hg pada batang.

#### 4.3.2. Serapan Hg dalam Daun Tanaman

Hasil penyerapan air, garam mineral dan ion termasuk Hg oleh akar dari tanah selanjutnya akan disalurkan melalui xylem ke bagian tumbuhan lain termasuk daun tanaman. Daun juga memiliki kemampuan untuk menyerap Hg melalui stomata sehingga dalam daun tanaman terakumulasi Hg, Selain itu, menurut Pivetz (2001), penurunan Hg dalam tanah juga karena disebabkan oleh kemampuan Hg sebagai jenis logam berat yang mampu menguap ke atmosfer,

dimana polutan merkuri Hg dari dalam tanah yang diserap oleh tanaman ditransformasikan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer dan kemudian diserap oleh daun. Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan fitoremediasi dengan *Paspalum conjugatum* L. pada penelitian sebelumnya berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap penyerapan Hg oleh daun tanaman. Hasil pengamatan data serapan Hg dalam daun tanaman jagung ditunjukkan pada Gambar 12. Nilai serapan Hg dalam daun pada perlakuan KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi) memiliki rerata serapan paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan L1 (4 g amonium thiosulfat/kg media), L0 (0 g amonium thiosulfat/kg media) dan L2 (8 g amonium thiosulfat/kg media). Hasil ini berbanding lurus dengan nilai serapan Hg pada akar dan batang tanaman jagung. Nilai serapan Hg pada tanaman tergantung dari besarnya konsentrasi Hg dalam tanah, konsentrasi Hg yang tinggi dalam media menyebabkan naiknya toksisitas sehingga produksi phytochelatin meningkat sebagai usaha tanaman dalam merespon stres Hg (Febrero *et al.*, 2006).





**Gambar 11.** Nilai Rerata Serapan Hg Daun pada Perlakuan T1 (tanah + *tailing* sianidasi) dan T2 (tanah + *tailing* sianidasi)

Keterangan: T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; T2 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

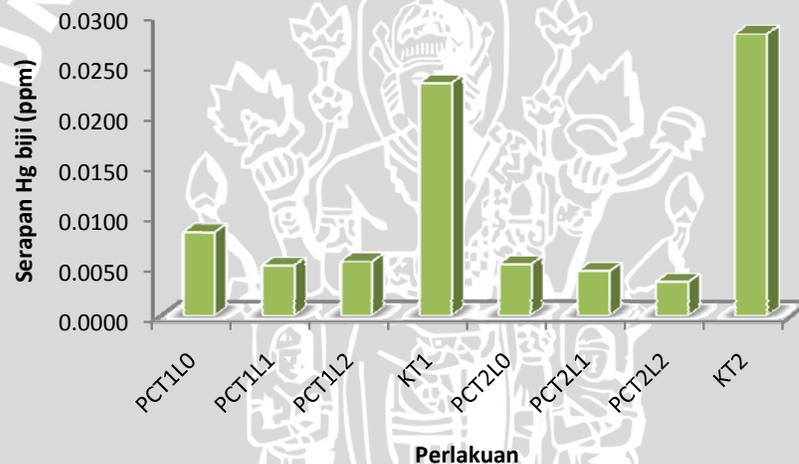
Berdasarkan Tabel9,serapan Hg pada akar tanaman lebih tinggi dari serapan Hg dalam daun tanaman pada semua perlakuan. Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan bahwa akar tanaman memiliki kemampuan mengakumulasi Hg lebih besar dari tajuk tanaman (Beauford *et al.*, 1977).Serapan Hg pada daun dan batang tanaman memiliki variasi konsentrasi, Hg yang diserap dari tanah oleh sel-sel akar akan mengikuti aliran transpirasi yang melewati pembuluh xylem dan akhirnya mencapai daun, sedangkan akumulasi, logam yang diserap oleh tanaman akan membentuk mekanisme sel dan akan ikut terserap bersamaan dengan air yang dibutuhkan sebagai nutrisi (Lasat, 2003).

#### 4.3.3. Serapan Hg dalam Biji Tanaman Jagung

Selain terakumulasi pada akar, batang dan daun tanaman, Hg juga terakumulasi dalam biji tanaman jagung. Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan fitoremediasi dengan *Paspalum conjugatum* L. pada penelitian sebelumnya berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap akumulasi Hg dalam biji tanaman jagung. Hasil pengamatan data serapan Hg dalam biji tanaman jagung ditunjukkan pada Gambar13.Nilai serapan Hg dalam biji pada perlakuan KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi) memiliki nilai serapan Hg paling tinggi

dibandingkan dengan perlakuan L1 (4 g amonium thiosulfat/kg media), L0 (0 g amonium thiosulfat/kg media) dan L2 (8g amonium thiosulfat/kg media). Sesuai dengan penelitian (Hidayati *et al.*, 2009) terdapat indikasi bahwa semakin tinggi tingkat kontaminasi Hg semakin tinggi pula serapan Hg oleh tanaman.

Terserapnya Hg ke dalam tanaman melintasi akar melalui elemen penyalur air dalam xilem akardan transport Hg dari akar ke tunas sebagaimana elemen-elemen mineral lainnya melalui aliran massa berlangsung pada pembuluh xilem. Transport xilem dipacu oleh perbedaan tekanan hidrotatik dan gradien potensial air antara akar dan tunas yang biasanya cukup besar selama siang hari. Selanjutnya Hg bersama larutan air yang ada di daun melalui jaringan pembuluh floem masuk ke dalam buah (Prawiranata 1992).



**Gambar 12.** Nilai Rerata Serapan Hg Biji pada Perlakuan T1 (tanah + *tailing* sianidasi) dan T2 (tanah + *tailing* sianidasi)

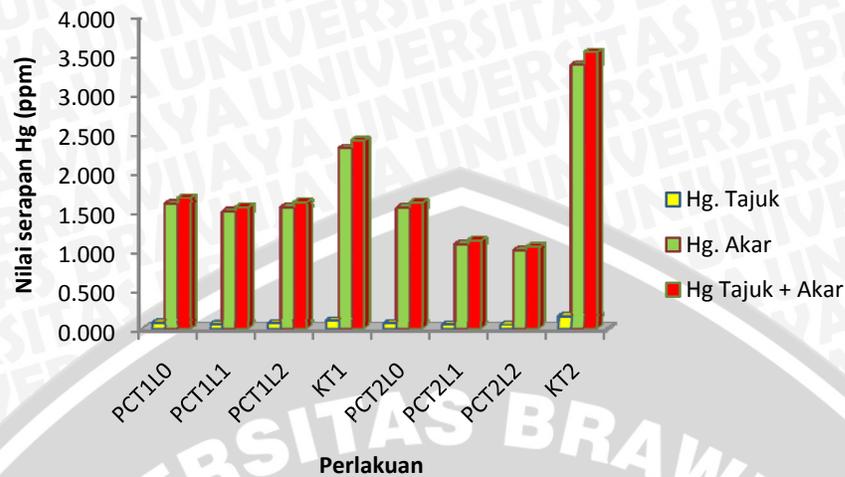
Keterangan: T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; T2 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

#### 4.4. Serapan Hg pada Akar dan Tajuk Tanaman Jagung

Akar merupakan bagian pada tanaman yang berperan dalam penyerapan unsur hara dari dalam tanah. Tanaman jagung memiliki kemampuan dalam mengekstrak berbagai jenis ion logam melalui akar untuk ditranslokasikan ke bagian tanaman lainnya termasuk Hg (Ribeyre and Boudou, 1994). Hasil

pengamatan data serapan Hg dalam akar dan tajuk tanaman jagung ditunjukkan pada Gambar 13. Nilai serapan Hg dalam akar dan tajuk pada perlakuan KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi) memiliki nilai serapan Hg lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan L1 (4 g amonium thiosulfat/kg media), L0 (0 g amonium thiosulfat/kg media) dan L2 (4 g amonium thiosulfat/kg media). Akar tanaman jagung mampu menyerap Hg dalam tanah tercemar limbah *tailing* yang selanjutnya disalurkan ke tajuk tanaman.

Dari hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan fitoremediasi dengan *Paspalum conjugatum* L. pada penelitian sebelumnya berpengaruh nyata ( $P < 0,05$ ) terhadap penyerapan Hg oleh akar. Berdasarkan Tabel 9. Serapan Hg oleh akar paling baik terdapat pada perlakuan KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi). Perlakuan dengan penambahan amonium thiosulfat tidak memberikan serapan lebih besar dikarenakan sudah diaplikasikan pada penelitian fitoremediasi sebelumnya sehingga serapan Hg lebih tergantung pada konsentrasi Hg dalam tanah. Sesuai dengan penelitian (Suherlina, 2010) pada perlakuan pemberian dosis Hg 40 mg/kg dan 60 mg/kg tanpa pemberian amonium thiosulfat terhadap penyerapan Hg oleh tanaman *Centrosema pubescens* Benth. Menunjukkan nilai penyerapan Hg dengan pemberian dosis Hg 60 mg/kg lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian dosis Hg 40 mg/kg. Perlakuan pemberian Hg tanpa penambahan amonium thiosulfat mempunyai kemampuan mengakumulasi Hg. Hal ini dikarenakan adanya proses adaptasi tanaman dalam merespon stres Hg, salah satunya dengan memproduksi Phytochelatin yang dikeluarkan melalui akar tanaman (Febrero *et al.*, 2006).



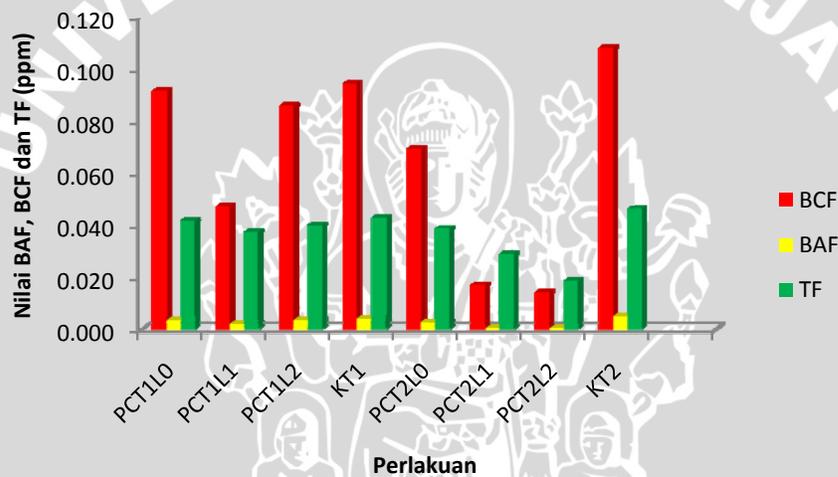
**Gambar 13.** Nilai Rerata Serapan Hg Tajuk dan Akar pada Perlakuan T1 (tanah + *tailing* sianidasi) dan T2 (tanah + *tailing* sianidasi)

Keterangan: T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; T2 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

Menurut (Meagher *et al.*, 2000), Hg dalam tanah terserap oleh akar melalui zat khelat atau fitokelatin yang diekresikan oleh jaringan akar tumbuhan terhadap respon konsentrasi Hg. Berdasarkan Gambar 14, dapat diketahui bahwa serapan Hg pada akar tanaman lebih besar dibandingkan serapan Hg pada tajuk tanaman. Tanaman jagung menyerap logam berat termasuk Hg melalui penyerapan akar dari dalam tanah dan mentranslokasikan ke bagian tanaman yang lain. Secara umum, mekanisme penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tanaman dapat dibagi menjadi tiga proses yang sinambung (Hardiani, 2009), sebagai berikut : (1) Penyerapan oleh akar. Agar tanaman dapat menyerap logam, maka logam harus dibawa ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tanaman. (2) Translokasi logam dari akar ke bagian tanaman lain. Setelah logam menembus endodermis akar, logam atau senyawa asing lain mengikuti aliran transpirasi ke bagian atas tanaman melalui jaringan pengangkut (xilem dan floem) ke bagian tanaman lainnya. (3) Lokalisasi logam pada sel dan jaringan. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar logam tidak menghambat metabolisme tanaman. Sebagai upaya untuk mencegah peracunan

logam terhadap sel, tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi, misalnya dengan menimbun logam di dalam organ tertentu seperti akar.

Setiap tanaman memiliki kemampuan untuk menyerap Hg melalui akar ke dalam tajuknya. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Chaney (1995), yang menyatakan bahwa sejumlah spesies dari beberapa famili terbukti memiliki sifat hipertoleran, yaitu dapat mentolerir unsur logam dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya sehinggabersifat hiperakumulator, yang berarti dapat mengakumulasi unsur logam tertentu dengan konsentrasi tinggi pada tajuknya. Akan tetapi, pertumbuhannya akan menurun seiring dengan adanya peningkatan konsentrasi Hg dalam tanah tercemar limbah *tailing* (Wulansari, 2013).



**Gambar 14.** Nilai Biological Accumulation Factor (BAF), Biological Concentration Faktor (BCF) dan Translocation Factor (TF) pada T1 (tanah + *tailing* sianidasi) dan T2 (tanah + *tailing* sianidasi)

Keterangan: T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; T2 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

Pada Gambar 14. Menunjukkan konsentrasi Hg pada akar dan tajuk tanaman jagung yang ditumbuhkan selama 15 minggu. Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan fitoremediasi dengan *Paspalum conjugatum* L. pada penelitian sebelumnya berpengaruh nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap faktor bioakumulasi (BAF), faktor konsentrasi biologis (BCF) dan faktor translokasi (TF) karena penambahan amonium thiosulfat pada fitoremediasi

sebelumnya menyebabkan konsentrasi Hg dalam tanah berkurang sehingga besarnya konsentrasi Hg yang diserap oleh tanaman tergantung pada konsentrasi Hg dalam tanah. Berdasarkan Tabel 10, nilai faktor bioakumulasi (BAF), faktor konsentrasi biologis (BCF) dan faktor translokasi (TF) paling tinggi terdapat pada perlakuan KT2 (tanah + *tailing* amalgamasi tanpa fitoremediasi) dan KT1 (tanah + *tailings* anidasi tanpa fitoremediasi) dibandingkan dengan perlakuan tanah + *tailing* pascafitoremediasi L0 (0 g amonium thiosulfat), L1 (4 g amonium thiosulfat) dan L2 (8 g amonium thiosulfat). Nilai faktor konsentrasi biologis (BCF) dapat digunakan untuk melihat perpindahan Hg dari tanah ke dalam tanaman yang diserap oleh akar tanaman sedangkan nilai faktor bioakumulasi (BAF) dapat digunakan untuk melihat penumpukan Hg dalam tubuh tanaman. Apabila nilai faktor bioakumulasi (BAF) dan nilai faktor konsentrasi biologis (BCF) > 1 maka dapat digunakan sebagai tanaman potensial untuk melakukan fitoekstraksi dan fitostabilisasi (Li *et al.*, 2007). Sesuai dengan penelitian Wulansari (2013), konsentrasi ammonium thiosulfat yang ditambahkan menyebabkan terjadinya akumulasi Hg yang tinggi. Hg mempunyai afinitas kuat dengan kelompok thiol, larutan mengandung sulfur telah digunakan untuk memacu akumulasi Hg dalam jaringan tanaman (Moreno *et al.*, 2004).

Tabel 10. Nilai rerata Biological Accumulation Factor (BAF), Biological Concentration factor (BCF) dan Translocation Factor (TF) pada tanaman jagung

Perlakuan	BCF (ppm)	BAF (ppm)	TF (ppm)
PCT1L0	0,091 d	0,0034 bcd	0,0416 a
PCT1L1	0,047 b	0,0019 ab	0,0371 a
PCT1L2	0,085 d	0,0034 bcd	0,0398 a
KT1	0,108 e	0,0040 d	0,0425 a
PCT2L0	0,069 c	0,0026 bc	0,0384 a
PCT2L1	0,017 a	0,0004 a	0,0289 a
PCT2L2	0,014 a	0,0003 a	0,0185 a
KT2	0,094 d	0,0050 cd	0,0461 a
BNJ 5%	0,01	0,0015	0,0249

**Keterangan:** Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak nyata berdasarkan uji BNJ taraf 5%. T1 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; T2 (70% tanah + 30% *tailing* sianidasi; L0 (0 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L1 (4 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); L2 (8 kg amonium thiosulfat/kg media tanam); KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi)

Pada nilai keseluruhan dari faktor transfer (TF) pada tanaman jagung memiliki potensi akumulator Hg sebagai fitostabilisasi, berdasarkan pada perhitungan faktor bioakumulasi (BAF), faktor konsentrasi biologis (BCF) dan faktor transfer (TF) bisa langsung diklasifikasikan jika hasil perhitungan  $> 1$  dikatakan fitoekstraksi dan jika perhitungan  $< 1$  dikatakan fitostabilisasi. Dimana fitoekstraksi penggunaan tanaman untuk menyerap unsur logam dan bahan pencemar lain dari tanah dapat mentranslokasi unsur logam ke dalam tajuk tanaman dan unsur logam tersebut dapat dipanen melalui teknologi phytomining (Chandra Sekhar *et al.*, 2005). Dalam penelitian ini, nilai BAF, BCF dan TF  $< 1$  yang menunjukkan bekerjanya mekanisme fitostabilisasi. Fitostabilisasi melibatkan penggunaan tanaman untuk stabilisasi dan reklamasi wilayah daratan yang tercemar, dalam hal ini tanaman jagung memiliki kemampuan untuk melakukan fitostabilisasi (Berti dan Cunningham, 2000).

#### **4.5. Hubungan Antara Parameter dengan Konsentrasi Hg dalam Tanah**

Antara konsentrasi Hg awal dalam tanah dengan tinggi tanaman, berat kering biji, serapan N dan biomassa tanaman memiliki hubungan negatif yang ditunjukkan dengan nilai korelasi  $-0,6502$ ;  $-0,6291$ ;  $-0,6230$  dan  $-0,7229$  (Lampiran 5). Semakin tinggi konsentrasi Hg awal dalam tanah maka tingkat toksisitas semakin tinggi sehingga pertumbuhan tinggi tanaman semakin terhambat, serapan unsur hara terganggu sehingga produksi biomassa tanaman semakin rendah, hal ini sesuai dengan hasil penelitian Wulansari (2013), konsentrasi Hg yang tinggi memberikan pengaruh yang kurang baik terhadap pertumbuhan tanaman, pertumbuhan tanaman yang terganggu akan menyebabkan biomassa tanaman berkurang dan konsentrasi hara yang dapat diserap tanaman berkurang. Hasil penelitian Khan (2013) semakin tinggi konsentrasi Hg yang diberikan dalam tanah maka akan semakin menghambat presentase perkecambahan tanaman. apabila fase perkecambahan terhambat, pertumbuhan tanaman selanjutnya akan mengalami gangguan akibat meningkatnya toksisitas dalam tanah.

Hubungan antara konsentrasi Hg awal dalam tanah dengan konsentrasi Hg akhir tanah, serapan Hg akar, daun dan biji memiliki hubungan sangat erat, yang

ditunjukkan dengan nilai korelasi 0,9834; 0,9888; 0,7704; 0,9381 dan 0,7486 (Lampiran 5) sedangkan hubungan antara konsentrasi Hg awal dengan serapan Hg batang memiliki hubungan erat dengan nilai korelasi positif karena semakin tinggi konsentrasi Hg dalam tanah maka Hg yang mampu ditranslokasikan ke bagian-bagian tanaman melalui akar akan semakin tinggi sehingga mempengaruhi nilai konsentrasi Hg akhir dalam tanah. Sesuai dengan hasil penelitian Mojiri (2011) tingkat penyerapan logam berat oleh tanaman jagung akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi Hg yang diberikan dalam tanah. Tanaman merespon stres Hg dengan memproduksi phytochelatin yang menginduksi tanaman jika tanaman mengalami cekaman logam berat. Senyawa ini mengikat ion logam dan membawanya ke vakuola dimana logam berat tidak dalam keadaan lama menjadi toksik (Febrero *et al.*, 2006)

#### 4.6. Pembahasan Umum

Konsentrasi Hg dalam tanah pascafitoremediasi perlakuan T1 (*tailing* sianidasi) memiliki konsentrasi Hg lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T2 (*tailing* amalgamasi) sedangkan konsentrasi Hg dalam tanah tanpa fitoremediasi, perlakuan T2 (*tailing* amalgamasi) memiliki konsentrasi Hg lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan T1 (*tailing* sianidasi). *Tailing* amalgamasi memiliki konsentrasi Hg lebih tinggi dibandingkan dengan *tailing* sianidasi pada perlakuan tanah tercemar *tailing* Hg tanpa fitoremediasi karena pada proses pengolahan emas cara amalgamasi ditambahkan 1 kg Hg setiap jamnya, sedangkan pada pengolahan emas cara sianidasi tanah sudah mengalami homogenitas (Wulansari, 2013). Konsentrasi Hg yang tinggi pada tanah tercemar *tailing*, tingkat penyerapan Hg oleh tanaman akan semakin tinggi, Hal ini dimungkinkan adanya proses adaptasi tanaman dalam merespon stres Hg, salah satunya dengan memproduksi Phytochelatin yang dikeluarkan melalui akar tanaman (Febrero *et al.*, 2006). Sehingga tanaman yang tumbuh pada media dengan konsentrasi Hg lebih tinggi akan memproduksi phytochelatin melebihi tanaman yang tumbuh pada media dengan konsentrasi Hg lebih rendah sehingga Hg dalam tanah lebih banyak diserap oleh tanaman, selain itu penambahan amonium thiosulfat pada proses fitoremediasi mampu memacu penyerapan Hg

oleh akar tanaman sehingga konsentrasi Hg dalam tanah berkurang (Hinton, 2002), dan mempengaruhi konsentrasi Hg akhir pada tanah pascafitoremediasi dimana *tailing* amalgamasi (T2) memiliki konsentrasi Hg lebih rendah dibandingkan dengan *tailing* sianidasi (T1). Tanaman jagung memiliki kemampuan sebagai tanaman akumulator logam berat, ditunjukkan pada Tabel 5. Tanaman jagung memiliki kemampuan dalam menyerap Hg dari dalam tanah melalui akar dan diakumulasikan ke dalam tajuknya sehingga konsentrasi Hg dalam tanah berkurang. Sesuai hasil penelitian Mojiri (2011) tanaman jagung memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat melalui penyerapan oleh akar ke dalam tajuknya. Logam berat diketahui mengganggu lingkungan. Vegetasi di sekitar daerah tercemar dapat digunakan untuk mengakumulasi logam berat cukup tinggi (Banerji dan Kumar 1979).

Pertumbuhantanaman jagung pada tanah tercemar *tailing* pascafitoremediasi memiliki pertumbuhan lebih baik dibandingkan dengan tanah tercemar *tailing* tanpa fitoremediasi. Pada perlakuan tanah + *tailing* pascafitoremediasi memiliki pertumbuhan tanaman lebih baik yang diamati selama sebelas minggu dibandingkan dengan perlakuan KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi). Pada proses fitoremediasi tanaman akan menyerap Hg melalui akar ke dalam tajuknya sehingga konsentrasi Hg dalam tanah berkurang (Suresh dan Ravishankar, 2004), berkurangnya konsentrasi Hg dalam tanah, maka toksisitas Hg akan menurun sehingga tanaman dapat tumbuh lebih baik. Sesuai dengan pernyataan (Rosiana, 2003), bahwa semakin bertambahnya konsentrasi *tailing* pada media tanam semakin menurun pertumbuhan tanaman.

Produksi biomassa tanaman paling baik terdapat pada perlakuan L2 (8 g amonium thiosulfat/kg media) dan L1 (4 g amonium thiosulfat/kg media) menunjukkan hasil produksi biomassa tanaman paling baik dibandingkan dengan perlakuan KT1 (tanah + *tailing* sianidasi tanpa fitoremediasi) dan KT2 (tanah + *tailing* amalgamasi tanpa fitoremediasi). Adanya toksitas Hg menyebabkan penurunan produksi biomassa tanaman (Ling *et al.*, 2010). Produksi biomassa yang tinggi dipengaruhi oleh konsentrasi Hg dalam tanah, semakin tinggi konsentrasi Hg dalam tanah dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan tanaman, akibat terganggunya pertumbuhan tanaman produksi biomassa

akan menurun. Produksi biomassa juga dipengaruhi serapan N tanaman, perlakuan L2 (8g amonium thiosulfat/kg media), L1 (4 g amonium thiosulfat/kg media) dan L0 (0g amonium thiosulfat/kg media) memiliki nilai serapan N tanaman paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi), berkurangnya konsentrasi Hg dalam tanah, maka toksisitas Hg akan menurun sehingga penyerapan tanaman terhadap unsur hara tidak akan terganggu. Hasil korelasi antara serapan N tanaman dengan produksi biomassa memiliki hubungan sangat erat dengan korelasi positif 0,8519. Semakin tinggi nilai serapan N tanaman maka produksi biomassa tanaman akan meningkat sehingga hasil tanaman jagung akan lebih baik.

Hasil tanaman jagung yang baik selain dilihat dari pertumbuhan dan biomassa juga dilihat dari serapan Hg dalam tanaman. perlakuan KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi) memiliki serapan Hg dalam tajuk tanaman paling tinggi dibandingkan perlakuan L0 (penambahan 0 g amonium thiosulfat/media), L1 (penambahan 4 g amonium thiosulfat/media) dan L2 (penambahan 8 g amonium thiosulfat/media). Konsentrasi Hg yang semakin tinggi pada media menyebabkan serapan Hg pada tanaman semakin tinggi sehingga tingkat toksisitas tanaman semakin tinggi, ditunjukkan oleh korelasi positif dengan nilai 0,8342 (Lampiran 5.) antara konsentrasi Hg dan serapan Hg tanaman berhubungan sangat erat. Akumulasi Hg paling tinggi pada tanaman terdapat pada bagian akar tanaman sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan bahwa akar tanaman memiliki kemampuan mengakumulasi Hg lebih besar dari tajuk tanaman (Beauford *et al.*, 1977). Pada perlakuan tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi memiliki rerata serapan Hg lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanah + *tailing* pascafitoremediasi. Tanaman menyerap Hg dalam tanah melalui akar dan ditransfer ke bagian tanaman termasuk biji. Serapan Hg dalam biji jagung paling tinggi terdapat pada perlakuan KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi) dengan nilai rerata 0,02 ppm, lebih tinggi 20 dari standar WHO (0,001 ppm) (Yayasan Tambuhak Sinta, 2010). Konsentrasi Hg tersebut jauh melebihi konsentrasi toleransi maksimum (0,002 ppm), menurut ketentuan pemerintah. Sementara itu Pada perlakuan tanah + *tailing* pascafitoremediasi pada perlakuan T2L2 (tanah + *tailing* amalgamasi, 8 g amonium thiosulfat), T2L1 (tanah + *tailing* amalgamasi, 4

g amonium thiosulfat), T1L2 (tanah + *tailings* sianidasi, 8 g amonium thiosulfat), T1L1 (tanah + *tailing* sianidasi, 4 g amonium thiosulfat), T2L0 (tanah + *tailing* amalgamasi, 0 g amonium thiosulfat) dan T1L0 (tanah + *tailings* sianidasi, 0 g amonium thiosulfat) konsentrasi Hg dalam biji jagung secara berturut turut adalah 0,003 ppm, 0,004 ppm, 0,005 ppm, 0,005 ppm, 0,005 ppm dan 0,008 ppm, jauh lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi Hg dalam biji jagung pada perlakuan tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi. Hasil ini lebih tinggi dari standar WHO (0,001 ppm) dan batas toleransi maksimum (0,002) tetapi lebih baik dibandingkan dengan perlakuan KT (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi). Hal ini disebabkan oleh proses fitoremediasi pada penelitian sebelumnya dan penambahan amonium thiosulfat, yang berfungsi memacu akumulasi Hg dalam jaringan tanaman sehingga konsentrasi Hg dalam tanah berkurang (Wulansari, 2013).



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Pertumbuhan tanaman jagung pascafitoremediasi lebih baik dibandingkan dengan pertumbuhan tanaman jagung pada tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi. Pada T2L2 (tanah + *tailing* amalgamasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media) memiliki rerata tinggi tanaman 60,27 cm paling tinggi dibandingkan dengan tinggi tanaman perlakuan KT2 (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi) 33,13 cm. Fitoremediasi pada penelitian sebelumnya dilakukan penambahan amonium thiosulfat yang dapat meningkatkan penyerapan Hg oleh tanaman sehingga menyebabkan konsentrasi Hg dalam tanah berkurang. Semakin tinggi konsentrasi Hg dalam tanah akan meningkatkan toksisitas tanah sehingga menghambat pertumbuhan tanaman.
2. Konsentrasi Hg dalam tanah mempengaruhi hasil tanaman jagung. Perlakuan T2L2 (tanah + *tailing* amalgamasi, 8 g amonium thiosulfat/kg media) memiliki konsentrasi Hg awal dalam tanah 9,53 ppm dan konsentrasi Hg dalam biji 0,003 ppm lebih baik dibandingkan dengan perlakuan KT2 (tanah + *tailing* tanpa fitoremediasi) konsentrasi Hg dalam tanah 393,6 ppm dan konsentrasi Hg dalam biji 0,02 ppm. Konsentrasi Hg dalam biji tersebut masih belum aman dikonsumsi karena masih di atas standar WHO (0,001 ppm) dan melebihi batas toleransi maksimum 0,002 ppm menurut ketentuan pemerintah.

### 5.2. Saran

1. Fitoremediasi sangat efektif dilakukan untuk menurunkan pencemaran Hg dalam tanah sehingga tingkat toksisitas akan berkurang yang pada gilirannya akan memperbaiki pertumbuhan tanaman jagung pada tanah tercemar *tailing* tambang emas.
2. Perlu dilakukan fitoremediasi lanjutan, agar tanaman jagung layak untuk dikonsumsi sehingga konsentrasi Hg pada biji tidak melebihi batas standar WHO (0,001 ppm) dan melebihi batas toleransi maksimum (0,002 ppm).

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad.S., Basuki,W. Soemantri dan R. Mien.2010. Pedoman Pengenalan Berbagai Jenis Gulma Penting Pada Tanaman Perkebunan. Jakarta.
- Alberts, H.W, and M.O. Garcia.1943. *Pastures of Puerto Rico and their relation to Soil Conservation*.U.S. Dep. Agr. Misc. Pub. 531 46 p.
- Ali, M.B., P.Vajpayee,R.D.Tripathi, U.N.Rai, A.Kumar, N.Singh, H.M. Behl, and S.P. Singh. 2000. *Mercury bioaccumulation induces oxidative stress and toxicity to submerged macrophyte Potamogeton crispus L*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 65:573-582.
- Alloway, B.J. 2005. *Heavy metals in Soils.2<sup>nd</sup> Edition*.Blackie Academic and Professional –Chapman and Hall. London-Glasgow-Wenheim-New York. Tokyo-Melbourne-Madras.368 p.
- Alvarez, Ruben Rellan, Vilasante, Cristina Ortega., Fernandez, Ana Alvarez., F. Franciscadel Campo1 andE.Luis Hernandez. 2005. *Stress Responses of Zea mays to Cadmium and Mercury*. Madrid-Spain.Department of Biology, Universidad Auto´noma of Madrid, Campus de Cantoblanco.
- Angle, J. S., R. L.Chaney, A. J. M. Baker,Y.Li, R. Reeves, V. Volk., R. Roseberg, E. Brewer, S. Burke, and J. Nelkin. 2000. *Developing commercial phytoextraction technologies: practical considerations*. South African Journal of Science 97: 619-623.
- Ardah, Ngurah. 2010. Artikel : Memburu Emas di Sekotong, Lombok Barat (ditulis 26 Desember 2010).
- Arif, I.2007. Perencanaan Tambang Total Sebagai Upaya Penyelesaian Persoalan Lingkungan Dunia Pertambangan, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Aubusson, P., E. Kennedy and W. Snyder. 1997. *Biology. The Spectrum of Life*.Oxford University.Press Australia. pp. 43 – 44.
- Banerji, D and N.Kumar (1979) *The Twin Effect of Growth Promotion and Heavy Metals Accumulation in Certain Crop Plants by Polluted Irrigation Water Indian J.Ecol* 6(2): 82-87.
- Baker, C. J., L. C. Paoletti, M. R. Wessels,H. K. Guttormsen,M. A. Rench,M. E. Hickmanand DL.Kasper. 1999. *Safety and Immunogenicityof Capsular Polysaccharide–Tetanus ToxoidConjugate Vaccines for Group BStreptococcal Types Ia and Ib*. J Infect Dis179:142-150.
- Barman, S.C., R.K. Sahu, S.K. Bhargava and C. Chatterjee. 2000.*Distribution of heavy metals in wheat, mustard and weed grains irrigated with industrial effluents*. Bull. Environ. Conta.Toxicol., 64, 489-496.

- Beauford, W., J. Barber, A.R. Barringer.1977. *Uptake and distribution of mercury within higher plants*. *Physiologia Plantarum* 39, 261–265.
- Beek, B. (2000). *Bioaccumulation: New Aspects and Developments*. New York: Springer.
- Beetle, A.A. 1974. *Sour Paspalum Tropical Weed or Forage?*. *Journal of Range Management* 27 (5): 347-349.
- Berti, W.R. and S. D. Cunningham. 2000. *Phytostabilization of metals*. In: *Phytoremediation of Toxic Metals—Using Plants to Clean Up the Environment .I. Raskin and B.D. (eds), p 71-88*. New York: John Wiley & Sons.
- Bhargava, A., F.F. Carmona, M. Bhargava and S. Srivastava.2012. *Approaches for enhanced phytoextraction of heavy metals*. *Journal of Environmental Management* 105, 103-120.
- Boening, D.W. 2000. *Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review*. *Chemosphere* 40:1335-1351.
- Chandra, Sekhar K., C. T. Kamala, N. S. Chary, V. Balaramand G. Garcia. 2005. *Potential of Hemidesmus indicus for phytoextraction of lead from industrially contaminated soils*. *Chemosphere* 58: 507-514.
- Chaney, R. L. 1995. *Potential use of metal hyperaccumulators*. *Mining Environmental Management* 3:9-11.
- Chase, A. 1929. *The North American Species of Paspalum*. *Contrib. U.S. Nat. Herb.* 21 : 1-310.
- Chen, J. and Z. M. Yang.2012. *Mercury toxicity, molecular response and tolerance in higher plants*”, *BioMetals*, 25 (5), 847-857.
- Ensley, B. D. 2001. *Rationale for use of phytoremediation*. In: *I. Raskin and B. D. Ensley (Eds.), Phytoremediation of Toxic Metals. Using Plants to Clean up the Environment*, J. Wiley & Sons, New York, USA: 3-11.
- Febrero, J., A. Roca, F. Patino, I. Rivera, L. Hernandez, M. Perez, E. Salinas and M. Reyes,2006. *Decomposition and Cyanidation Kinetics of the Argentinian Ammonium jarosite in NaOH Media*. *J. Mex. Chen. Soc. Sociedad Quimica de Mexico*.
- Fitter, A.H dan R.K.M. Hay. 2004. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Terjemahan oleh Sri Andani dan E.D. Purbayanti. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Glass, D. J. 2000. *Economic potential of phytoremediation*. In: *I. Raskin and B. D. Ensley, (Eds.), Phytoremediation of Toxic Metals. Using Plants to Clean up the Environment*, J. Wiley & Sons, New York, USA: 15-3 1.

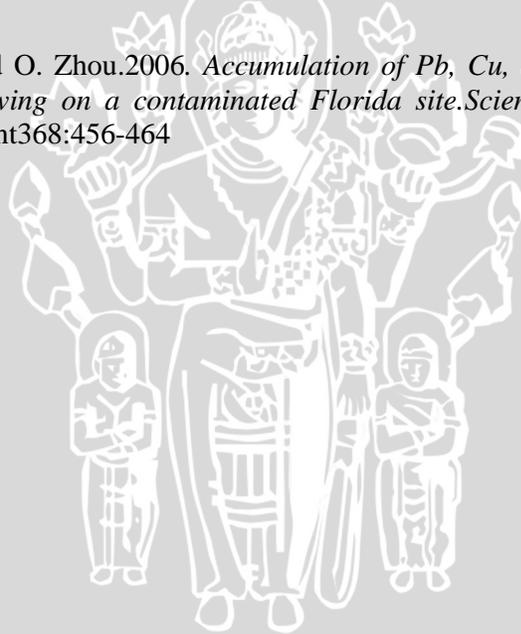
- Godbold, D.L., A. Hüttermann. 1988. *Inhibition of photosynthesis and transpiration in relation to mercury-induced root damage in spruce seedlings*. *Physiologia Plantarum* 74, 270–275.
- Gupta, B.D, P., J. Sharma, M. Bagla, Parakh, JP. Soni. Renal failure in Asphyxiated neonates. *Indian Ped.*2008; 42: 928-34.
- Handayanto, Eko., Prasetya, Budi dan Muddarisna, Nurul. 2012. Laporan Akhir Hasil Penelitian Hibah Bersaing Institusi Batch I Tahun Anggaran 2012: Fitoremediasi Tanah tanah Tercemar Merkuri Limbah Tambang Emas Rakyat untuk Perbaikan Produksi Jagung. Universitas Brawijaya. Malang.
- Hardiani, Henggar. 2009. Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. *BS*, Vol. 44, No. 1, Juni 2009 : 27 - 40 (diakses pada tanggal 2-4-2012 jam 11:45 WITA).
- Hidayati, N., T. Juhaetidan F. Syarif. 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: 88-94.
- Hinton, J. 2002. *Earthworms as a Bioindicator of Mercury Pollution in an Artisanal Gold Mining Community, Cachoeira do Pink Brazil*. Master Thesis. University of British Columbia, Canada, 140 pp.
- Hylander, L.D., D. Plath, C.R. Miranda, S. Lucke, J. Ohlander and A.T.F. Rivera.,2007. *Comparison of different gold recovery methods with regard to pollution control and efficiency*. *Clean* 35: 52-61.
- Jones, C. and J. Jacobsen. 2005. *Plant Nutrition and Soil Fertility*. *MSU Extension Services*. Montana State University, Bozeman, MT 59717.
- Kabata-Pendias, A. and H. Pendias.2000. *Trace Elements in Soils and Plants*, *CRC Press*, Florida,USA, 413 pp.
- Khafid, Supriyantho. 2012. “Aktifitas Penambang Emas Di Lombok Kian Marak”. *Tempo*, 12 februari 2012.
- Khan, M.R. 2013. *Effect Of Heavy Metals on Seeds Germination of Some Cassia Species*. *Weekly Science Research Journal*.2321-7871, Vol-1, Issue-13.
- Knox, A.S., J. Seaman, D. C. Andriano and G. Pierzyaski.2000. *Chemostabilization of Metals in Contaminated Soils*. dalam: *Wise D. L., D. J. Transol, E.J. Cichon, U. Stotmeister (ed). Bioremediation of Contaminated Soils*. New York: Marcek Dekker Inc. Hlm 811-836.
- Krisnayanti, B.D., Z. Arifin, Bustan, Sudirman and A. Yani. 2012. *Mercury Concentration on Tailing and Water from One Year of ASGM at Lantung, Sumbawa, Indonesia*. In: *Environmental, Socio-economic, and*

- Health Impact of Artisanal and Small-Scale Minings*. E. Handayanto, B.D. Krisnayanti and Suhartini (eds). p 61-66. UB Press, Malang, Indonesia.
- Kumar, P.B.A.N., V. Dushenkov, H. Motto and I. Raskin. 1995. *Phytoextraction: The use of plants to remove heavy metals from soils*. *Environmental Science and Technology* 29 :1232-1238.
- Laporan Lokakarya Praktik Pertambangan Emas Skala Kecil (PESK) Bebas Merkuri. 2012. Lokakarya : Sustainable ASGM-Artisanal and Small scale Gold Mining (9-11 Februari 2012). Mataram, Indonesia.
- Leps, J. and P. Smilauer. 1999. *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia. Ceske Budejovice.
- Lasat, M.M. 2003. *The use of plants for the Removal of Toxic Metals from Contaminated Soil*. American Association for the Advancement of Science Environmental Science and Engineering fellow.
- Li, M.S., Y.P. Luo and Z.Y. Su. 2007. *Heavy metal concentration in soils and plant accumulation in a restored manganese mineland in Guangxi, South China*. *Environmental Pollution* 147: 168-175.
- Li, Y. M., R. Chaney, E. Brewer, R. Rosenberg, S. J. Angle, A. J. M. Baker, R. D. Reeves and J. Nelkin. 2003. *Development of technology for commercial phytoextraction of nickel: economic and technical considerations*. *Plant and Soil* 249: 107-115.
- Liao, S.W. and W. L. Chang, 2004. *Heavy metal phytoremediation by Water Hyacinth at constructed wetlands in Taiwan*. *Journal of Aquatic Plant Management* 42: 60-68.
- Ling, T., Y. Fangke and R. Jun. 2010. *Effect of Mercury to Seed Germination, Coleoptile Growth and Root Elongation of Four Vegetables*. *Research Journal in Phytochemistry* 4 (4): 225-233.
- Meagher, R.B., C. J. Rugh, M. K. Kandasamy, G. Gragson and N. J. Wang. 2000. *Engineering Phytoremediation of mercury pollution in soil and water using bacterial genes*. In: *phytoremediation of Contaminated Soil and Water*, N. Terry, and G. Bailuelos. Eds. Lewis Publisher, USA, pp 201-219.
- Mojiri, Amin. 2011. *The Potential of Corn (Zea mays) for Phytoremediation of Soil Contaminated with Cadmium and Lead*. *J. BIOL. ENVIRON. SCI.* 5 (13), 17-22.
- Moreno, F.N., C. W. N. Anderson, B. H. Robinson and R. B. Stewart. 2004. *Phytoremediation of mercury-contaminated mine tailings by induced plant-Hg accumulation*. *Environmental Practice* 6(2):165-175.

- Nagajyoti, P.C., K. D. Lee and T. V. M. Sreekanth. 2010. *Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review* Environmental Chemistry Letters 8 (3), 199-216.
- Nasr, N. 2013. *Germination and Seedling Growth Of Maize (Zea Mays L.) Seeds in Toxicity of Aluminum and Nickel*. Merit Research Journal of Environmental Science and Toxicology Vol. 1(5) pp. 110-113 Newman, M. C. (Ecotoxicology. Boca Raton: CRC Press.
- Newman, M. C. (2008). *Ecotoxicology*. Boca Raton: CRC Press.
- Panjaitan, G.C. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon Avicennia Marina Di Hutan Mangrove. Skripsi. Jurusan Budaya Hutan. Medan Universitas Sumatera Utara.
- Patra, M., and A. Sharma. 2000. *Mercury toxicity in plants*. Bot. Rev, 66(3), 379-422.
- Pilon-Smits, E. 2005. *Phytoremediation*. Annual Review of Plant Biology 56:15-39.
- Pivetz, B.E. 2001. *Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites*. EPA (United States Environmental Protection Agency), Office of Research and Development. pp. 1 – 36.
- Prasad, M. N. V. 2001. *Metals in the environment analysis by biodiversity*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Prawiranata, W. 1992. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Alumni-ITB. Bandung.
- Rahmawati, I. 2011. Pengaruh Kemiskinan Terhadap Maraknya Pertambangan Tanpa Ijin (Studi Kasus Di Kecamatan Sekotong, Kabupaten Lombok Barat). Media Bina Ilmiah, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram, Desember 2011: 16-20.
- Ramos, J., M. Gonzalez, F. Ramirez, R. Young, V. Zuniga. 2001. *Biomechanical and Biochemical Pulping of Sugarcane Bagasse with Ceriporiopsis subvermispora Fungal and Xylanase Pretreatments*. J. Agric Food Chem 49: 1180-1186.
- Rascio, N. and F. Navari-Izzo. 2011. *Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting?*, Plant Science 180 (2), 169-181.
- Ribeyre, F. and A. Boudou. 1994. *Experimental study of inorganic and methylmercury bioaccumulation by four species of freshwater rooted macrophytes from water and sediment contamination sources*. Ecotoxicology and Environmental Safety 28, 270–286.

- Rossiana, N. and S. Titin.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, Perkebunandan Kehutanan. Bandung.
- Rugh, C. L. 2004. *Genetically engineered phytoremediation: one man's trash is another man's transgene*. Trends in Biotechnology 22: 496-468.
- Slowey, A.J. 2010. *Rate of formation and dissolution of mercury sulfide nanoparticles: The dual role of natural organic matter*", *Geochimica et Cosmochimica Acta* 74 (16), 4683-4708.
- Steenis,V. 1972. Flora. PT Pradya Paramita. Jakarta.
- Subowo, M., S. Widodo and A. Nugraha.2007. Status dan Penyebaran Pb, Cddan Pestisida pada Lahan Sawah Intensifikasi di Pinggir Jalan Raya. Prosiding.Bidang Kimia dan Bioteknologi Tanah, Puslittanak, Bogor.
- Suresh, B.,AndG. A. Ravishankar. 2004. *Phytoremediation – a novel and promising approach for environmental clean up*. Critical review in Biotechnology 24: 97-124.
- Syafruddin. 2002. Tolok ukur dan konsentrasi Al untuk penapisan tanaman jagung terhadap ketenggangan Al. Berita Puslitbangtan 24: 3-4.
- Thangavel, P. and C. V. Subharam, C. 2004. *Phytoextraction – Role of hyper accumulators in metal contaminated soils*.Proceedings of the Indian National Science Academy. Part B 70: 109–130.
- Telmer, K. 2007. *Mercury and Small Scale Gold Mining –Magnitude and Challenges Worldwide*.GEF/UNDP/UNIDO Global Mercury Project.
- Tjitrosoepomo. 2001. Morfologi Tumbuhan. Universitas Gajah Mada Press. Yogyakarta.
- Truu, J., E. Talpsep, E. Vedler, E. Heinaruand A. Heinaru.2003. *Enhanced Biodegradation of Oil Shale Chemical Industry Solid Wastes by Phytoremediation and Bioaugmentation*.Estonia Academy Publisher.
- UNEP. 2002. *Global Mercury Assessment*. UNEP Chemical, Geneva, Switzerland. 178p.
- Vidali, M. 2001. *Bioremediation.An Overview*. Pure Appl. Chem. 73: 1163 – 1172.
- Wang, J., X. Fengand C.W.N. Anderson.2012. *Thiosulphate Assisted Phytoextraction of Mercury (Hg) Contaminated Soils at The Wanshan Mercury Mining District, Southwest China*. In: *Environmental, Socio-economic, and Health Impact of Artisanal and Small-Scale Minings*. E. Handayanto, B.D. Krisnayanti and Suhartini (eds). P 67-76. UB Press, Malang, Indonesia.

- Watanabe, T., V. Kiron and S. Satoh. 1997. *Trace minerals in fish nutrition*. Aquaculture, 151: 185— 207.
- Widowati, W.,A. Sastiono and Jusuf, R. (2008). Efek Toksik Logam. Yogyakarta. Penerbit Andi. Hal. 109-110, 119-120, 125-126.
- Wolfe, A. K. and D. J. Bjornstad.2002. *Why would anyone object? An exploration of social aspects of phytoremediation acceptability*. Critical Reviews in Plant Science 21: 429-438.
- Wuana, R.A. and F. E. Okieimen.2011. *Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation*”, ISRN Ecology 11, 1-19.
- Wulansari, Betty Agustina. 2013. Penggunaan Amonium Thiosulfat Untuk Memacu Fitoekstraksi Merkuri (Hg) Oleh Juku Pahit (*Paspalum conjugatum* L.) Pada Tanah Tercemar Tailing Emas Skala Kecil.
- Yayasan Tambuhak Sinta. 2010. *Scoping Study Report of Poboya, Palu ASGM Site*.
- Yoon, J., X. Cao and O. Zhou.2006. *Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site*. Science of The Total Environment 368:456-464



**Lampiran 1.**Perhitungan Dosis Kompos dan per Polybag

## a. Perhitungan Hektar Lapisan Olah (HLO)

Kedalaman tanah yang diambil : 20 cm

BI : 1,2 g/cm<sup>3</sup>

$$1 \text{ Ha} = 10^4 \text{ m}^2 = 10^8 \text{ cm}^2$$

Berat 1 HLO = luasan hektar x kedalaman olah x BI tanah

$$= 10^8 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm} \times 1,2 \text{ g/cm}^3$$

$$= 24 \times 10^8 \text{ g}$$

$$= 24 \times 10^5 \text{ kg}$$

## b. Perhitungan Dosis Bahan Organik (Kompos) Per Polibag

$$\text{Dosis Bahan Organik (kompos)/polibag} = \text{tanah per polibag} / 1 \text{ HLO} \times \text{dosis ton/ha}$$

$$\text{Dosis } 10 \text{ ton/ ha} = 10 \cdot 10^3 \text{ kg/ha}$$

$$= 5 \text{ kg} / 24 \times 10^5 \text{ kg/ha} \times 10 \cdot 10^3 \text{ kg/ha}$$

$$= 0,021 \text{ kg}$$

$$= 21 \text{ g/polibag}$$

**Lampiran 2.**Perhitungan Dosis Pupuk Anorganik per Satuan Luas dan per Polibag

**a. Perhitungan Hektar Lapisan Olah (HLO)**

Kedalaman tanah yang diambil : 20 cm

BI tanah : 1,2 g/cm<sup>3</sup>

1 Ha = 10<sup>4</sup> m<sup>2</sup> = 10<sup>8</sup> cm<sup>2</sup>

Berat 1 HLO = luasan hektar x kedalaman olah x BI tanah

$$= 10^8 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm} \times 1,2 \text{ g/cm}^3$$

$$= 24 \times 10^8 \text{ g}$$

$$= 24 \times 10^5 \text{ kg}$$

**b. Dosis Urea**

Dosis Urea/ha = (100/46) x 100 kg N/ha

$$= 217,3913 \text{ kg Urea/ha}$$

Dosis Urea/polibag = (5 kg/24 x 10<sup>5</sup> kg) x 217,3913 kg N/ha

$$= 0,453 \times 10^{-3} \text{ kg Urea/ha}$$

$$= 0.453 \text{ g Urea/polibag}$$

**c. Dosis KCl**

Dosis KCl/ha = (100/50) x (94/78) x 50 kg KCl/ha

$$= 120.5128 \text{ kg KCl/ha}$$

Dosis KCl/polibag = (5 kg/24 x 10<sup>5</sup> kg) x 120.5128 kg KCl/ha

$$= 0.251 \times 10^{-3} \text{ kg KCl/ha}$$

$$= 0.251 \text{ g KCl/polybag}$$

**d. Dosis SP36**

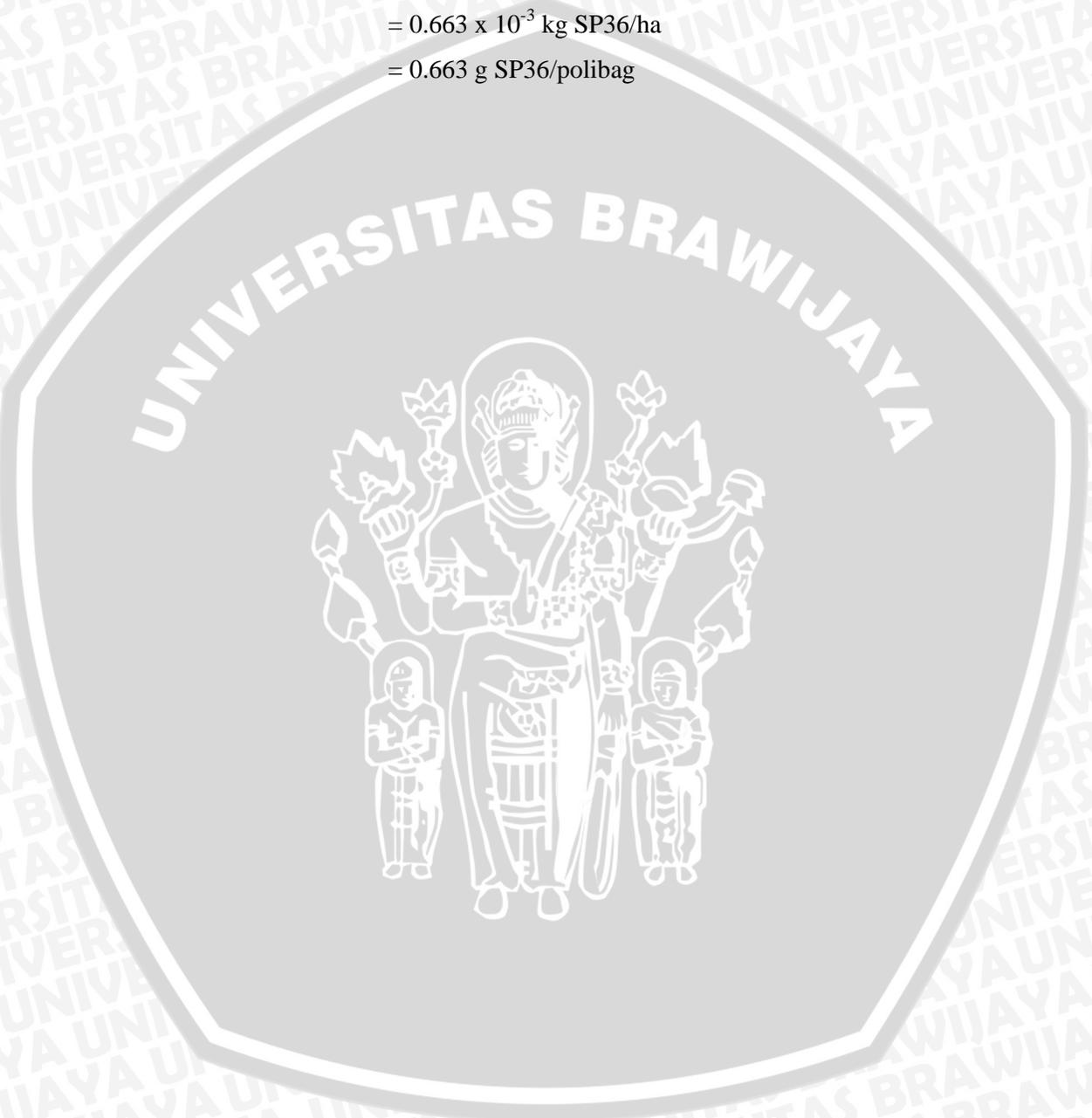
$$\text{Dosis SP36/ha} = (100/36) \times (142/62) \times 50 \text{ kg SP36/ha}$$

$$= 318,3 \text{ kg SP36/ha}$$

$$\text{Dosis SP}_{36}/\text{polibag} = (5 \text{ kg}/24 \times 10^5 \text{ kg}) \times 318,3 \text{ kg SP36/ha}$$

$$= 0.663 \times 10^{-3} \text{ kg SP36/ha}$$

$$= 0.663 \text{ g SP36/polibag}$$



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**Lampiran 3.** Kebutuhan air per 5kg Tanah

KODE	BB+K (g)	BO+K (g)	K (k)	BB (g)	BO (g)
KAKU	15,02	14,04	5,54	9,5	8,5
KAKL	285,04	220,61	20,21	264,83	200,40

$$KA\ KU\ (\text{kadar air kering udara}) = \frac{BTKU - BKO}{BKO} \times 100\%$$

BKO

$$= \frac{9,5 - 8,5}{8,5} \times 100\%$$

8,5

$$= 11,76\%$$

$$KA\ KL\ (\text{kadar air kapasitas lapang}) = \frac{BTKL - BKO}{BKO} \times 100\%$$

BKO

$$= \frac{264,83 - 200,40}{200,40} \times 100\%$$

200,40

$$= 32,15\%$$

Tanah setara 5 kg tanah :

$$KA\ KU = \frac{BKU - BKO}{BKO} \times 100\%$$

BKO

$$11,76\% = \frac{BKU - 5\text{kg}}{5\text{kg}} \times 100\%$$

5kg

$$58,8\text{ kg} = 100\text{ BKU} - 500$$

$$558,8\text{ kg} = 100\text{ BKU}$$

$$\text{BKU} = 5,588\text{ kg}$$

$$KA\ KL = \frac{BKU - BKO}{BKO} \times 100\%$$

BKO



$$32,15 \% = \frac{\text{BKU} - 5\text{kg}}{5\text{kg}} \times 100\%$$

$$160,73 \text{ kg} = 100 \text{ BKL} - 500$$

$$660,73 \text{ kg} = 100 \text{ BKL}$$

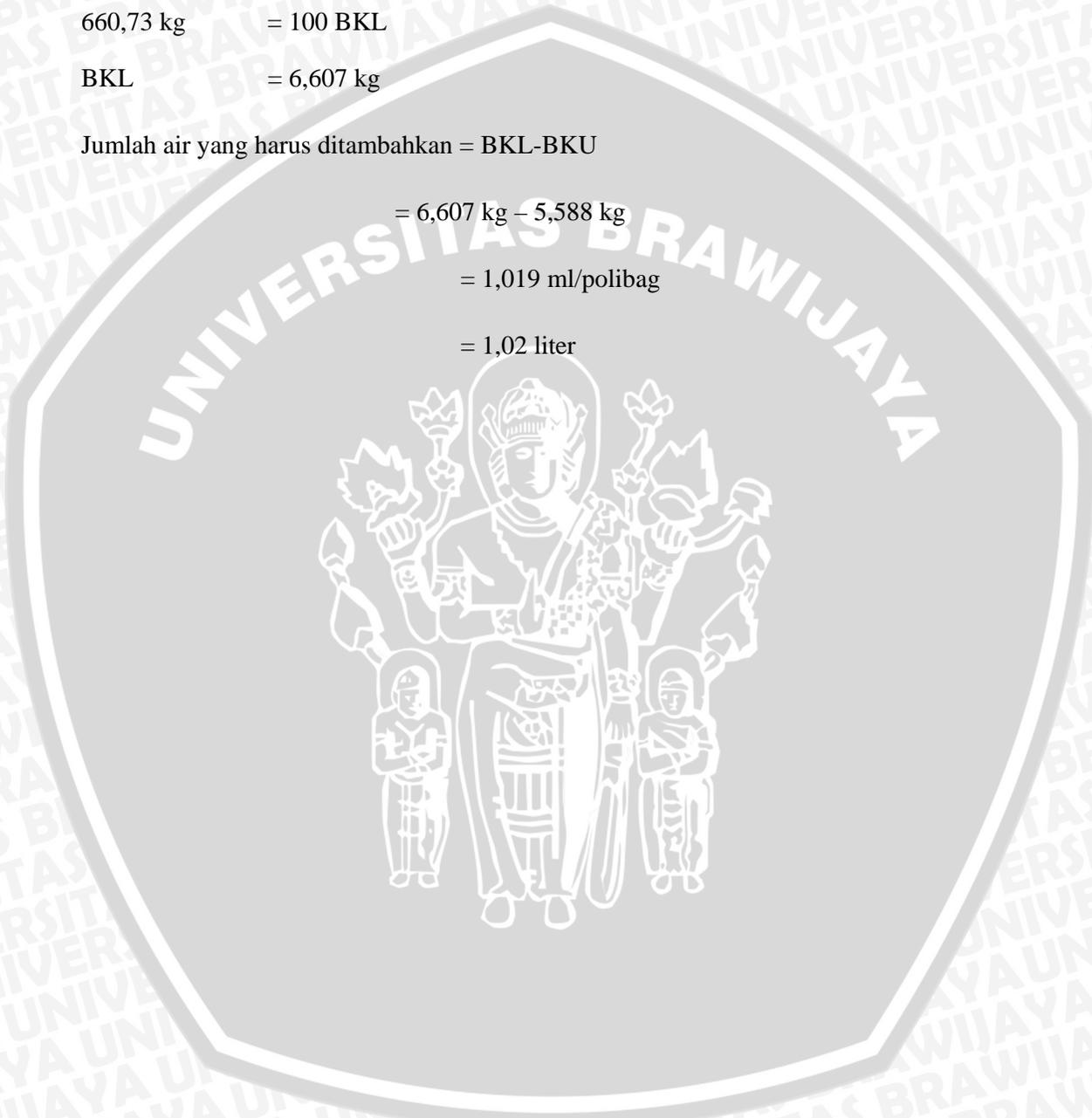
$$\text{BKL} = 6,607 \text{ kg}$$

Jumlah air yang harus ditambahkan = BKL-BKU

$$= 6,607 \text{ kg} - 5,588 \text{ kg}$$

$$= 1,019 \text{ ml/polibag}$$

$$= 1,02 \text{ liter}$$



**Lampiran 4. Hasil Analisis Ragam (ANOVA)****Lampiran 4a. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Jenis Tailing dan Pemberian Ligan Terhadap Tinggi Tanaman Jagung Minggu ke 11**

Sk	db	JK	KT	Fhit	F. Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	7	14005	2000,7	5,54**	2,77	4,14
Ulangan	2	4560,3	2280,2	6,31**	3,74	5,56
Galat	14	5059,7	361,4			
Total	23	23625				

**Lampiran 4b. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Jenis Tailing dan Pemberian Ligan Terhadap Biomassa tanaman**

Sk	db	JK	KT	Fhit	F. Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	7	8538,88	1219,84	24,93**	2,77	4,14
Ulangan	2	48,09	24,04	0,49 <sup>m</sup>	3,74	5,56
Galat	14	685,03	48,93			
Total	23	9272				

**Lampiran 4c. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Jenis Tailing dan Pemberian Ligan Terhadap Serapan Hg Akar**

Sk	db	JK	KT	Fhit	F. Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	7	76,80145	10,97164	31,24**	2,77	4,14
Ulangan	2	0,00781	0,0039	0,12 <sup>m</sup>	3,74	5,56
Galat	14	0,46372	0,03312			
Total	23	77,27298				

**Lampiran 4d. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Jenis Tailing dan Pemberian Ligan Terhadap Serapan Hg Batang**

Sk	db	JK	KT	Fhit	F. Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	7	0,011398	0,0016284	8,66**	2,77	4,14
Ulangan	2	0,000289	0,0001447	0,77 <sup>m</sup>	3,74	5,56
Galat	14	0,002632	0,000188			
Total	23	0,01432				

**Lampiran 4e. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Jenis Tailing dan Pemberian Ligan Terhadap Serapan Hg Daun**

Sk	db	JK	KT	Fhit	F. Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	7	0,005787	0,0008267	4,92*	2,77	4,14
Ulangan	2	0,0002413	0,0001207	0,72 <sup>tn</sup>	3,74	5,56
Galat	14	0,0023527	0,000168			
Total	23	0,008381				

**Lampiran 4f. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Jenis Tailing dan Pemberian Ligan Terhadap Serapan Hg Biji**

Sk	db	JK	KT	Fhit	F. Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	7	0,00193029	0,00027576	18,6**	2,77	4,14
Ulangan	2	0,00003308	0,00001654	1,12 <sup>tn</sup>	3,74	5,56
Galat	14	0,00020758	0,00001483			
Total	23	0,00217096				

**Lampiran 4g. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Jenis Tailing dan Pemberian Ligan Terhadap Biological Accumulation factor (BAF)**

Sk	db	JK	KT	Fhit	F. Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	7	0,00005789	8,271 <sup>-06</sup>	25,23**	2,77	4,14
Ulangan	2	6,92 <sup>-08</sup>	3,46 <sup>-08</sup>	0,11 <sup>tn</sup>	3,74	5,56
Galat	14	0,000004589	3,278 <sup>-07</sup>			
Total	23	0,00006255				

**Lampiran 4h. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Jenis Tailing dan Pemberian Ligan Terhadap Biological Concentration factor (BCF)**

Sk	db	JK	KT	Fhit	F. Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	7	0,02715762	0,00387966	31,96**	2,77	4,14
Ulangan	2	0,00004887	0,00002443	2,01 <sup>tn</sup>	3,74	5,56
Galat	14	0,00016995	0,00001214			
Total	23	0,02737643				

**Lampiran 4i. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Jenis Tailing dan Pemberian Ligan Terhadap Translocation factor (TF)**

Sk	db	JK	KT	Fhit	F. Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	7	0,0016554	0,00023649	2,55 <sup>m</sup>	2,77	4,14
Ulangan	2	0,0000276	0,0000138	0,15 <sup>m</sup>	3,74	5,56
Galat	14	0,00129947	0,00009282			
Total	23	0,00298246				

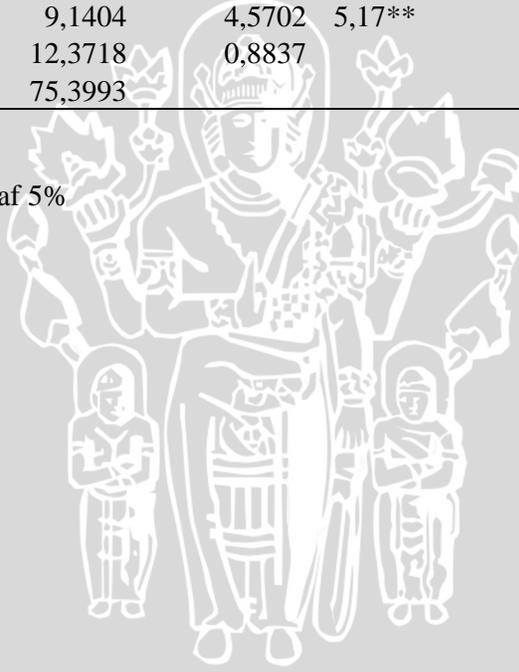
**Lampiran 4j. Hasil Analisis Ragam (ANOVA) Pengaruh Jenis Tailing dan Pemberian Ligan Terhadap Serapan N Tanaman**

Sk	db	JK	KT	Fhit	F. Tabel	
					5%	1%
Perlakuan	7	53,8871	7,6982	8,71**	2,77	4,14
Ulangan	2	9,1404	4,5702	5,17**	3,74	5,56
Galat	14	12,3718	0,8837			
Total	23	75,3993				

Keterangan :

\*\*beda nyata pada taraf 5%

tn : Tidak nyata



**Lampiran 5. Tinggi Tanaman Jagung**

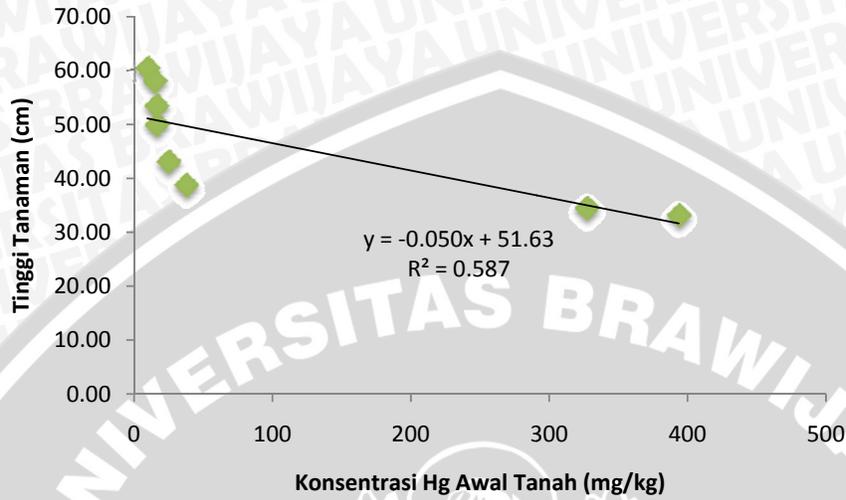
Perlakuan	Tinggi Tanaman Jagung (cm)										
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST	49 HST	56 HST	63 HST	70 HST	77 HST
PCT1LO	2,3	6,2	10,0	14,7	20,3	28,3	41,3	58,7	74,7	82,7	85,7
PCT1L1	0,7	4,1	10,8	16,8	21,3	39,0	57,3	83,7	106,5	122,0	124,3
PCT1L2	0,8	4,0	10,7	14,5	16,8	29,2	43,3	80,0	89,7	91,7	91,7
KT1	0,8	3,5	6,0	12,8	18,0	27,7	36,7	51,5	66,7	75,7	79,3
PCT2L0	3,7	8,0	11,7	20,7	29,8	43,8	64,7	78,3	91,3	97,0	99,0
PCT2L1	3,3	7,5	15,0	20,5	28,6	35,8	58,7	83,0	123,3	128,3	133,0
PCT2L2	4,2	7,2	17,8	24,7	28,3	35,5	52,0	85,7	135,0	136,0	136,7
KT2	2,0	5,5	8,5	13,7	25,5	25,5	38,5	49,0	60,3	67,3	68,7

**Lampiran 6.** Nilai Korelasi Konsentrasi Hg dengan Parameter

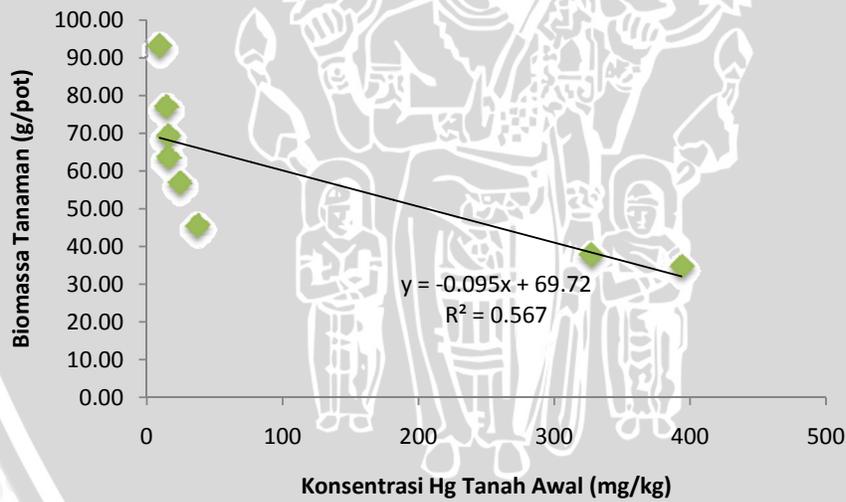
	BK Akar	Serapan Hg Batang	Serapan Hg Biji	Serapan Hg Daun	Serapan Hg Tajuk	Serapan Hg Akar	Hg Tanah Akhir	Hg Tanah Awal	Serapan N Tanaman	Tinggi Tanaman	Biomassa Tanaman
BK Akar	1										
Serapan Hg Batang	-0,2825	1									
Serapan Hg Biji	-0,3642	0,7789	1								
Serapan Hg Daun	-0,5069	0,6451	0,7464	1							
Serapan Hg Tajuk	-0,4179	0,9312	0,8417	0,8792	1						
Serapan Hg Akar	-0,3611	0,6651	0,9242	0,7753	0,7845	1					
Hg Tanah Akhir	-0,3306	0,8159	0,9282	0,7408	0,8621	0,9532	1				
Hg Tanah Awal	-0,3504	0,7486	0,9381	0,7704	0,8342	0,9888	0,9834	1			
Serapan N Tanaman	0,3894	-0,4326	-0,6321	-0,4817	-0,4995	-0,6660	-0,5739	-0,6230	1		
Tinggi Tanaman	0,4850	-0,4990	-0,6637	-0,6952	-0,6428	-0,6886	-0,5976	-0,6502	0,8666	1	
Biomassa Tanaman	0,4711	-0,5192	-0,7077	-0,7074	-0,6611	-0,7661	-0,6727	-0,7229	0,8519	0,8337	1

**Lampiran 7.** Grafik Hubungan antara Konsentrasi Hg Tanah dengan Parameter

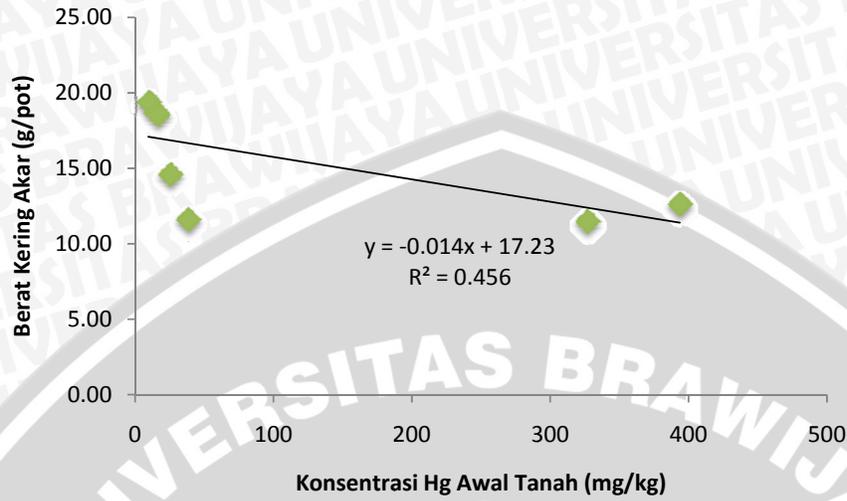
Lampiran 7a. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Hg Tanah dengan Tinggi Tanaman Jagung



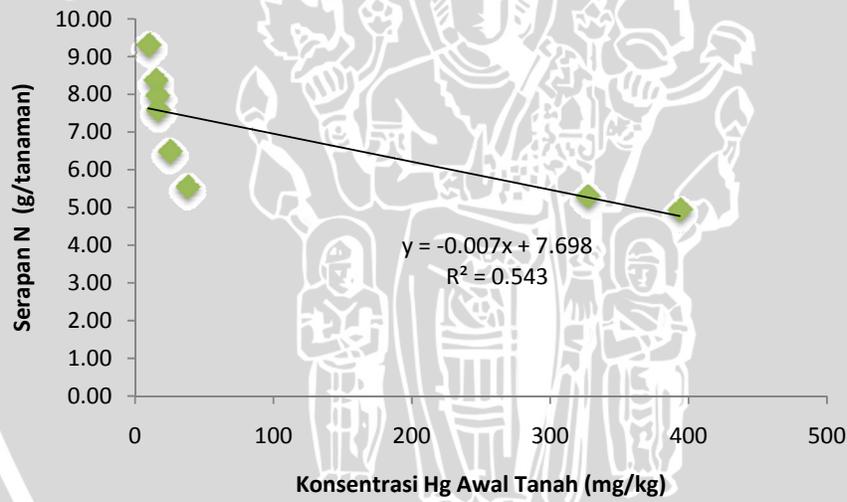
Lampiran 7b. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Hg Tanah dengan Biomassa Jagung



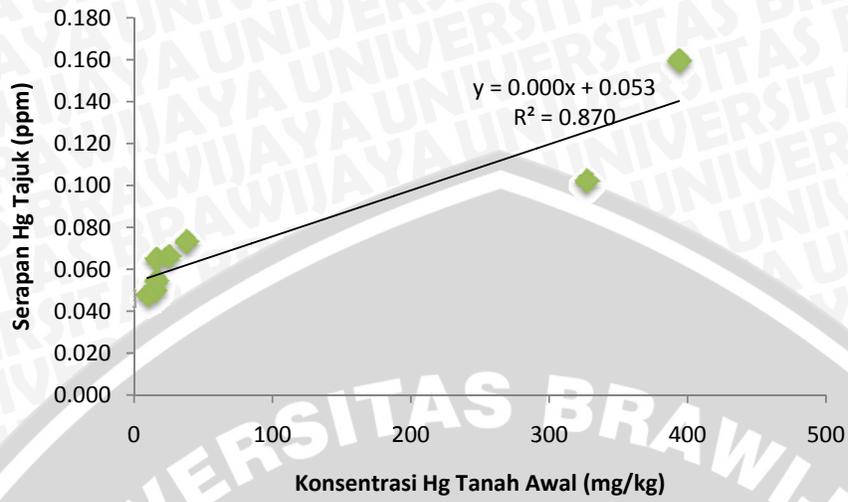
Lampiran 7c. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Hg Tanah dengan Berat Kering Akar Jagung



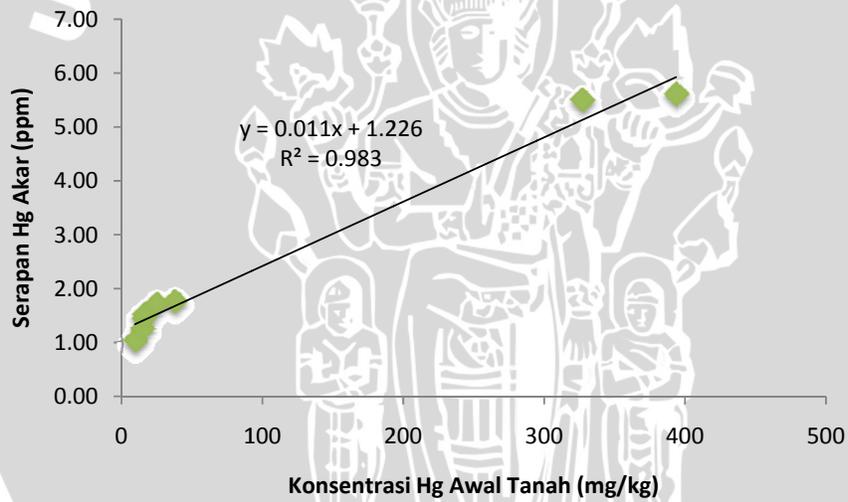
Lampiran 7d. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Hg Tanah dengan Serapan N



Lampiran 7e. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Hg Tanah dengan Serapan Hg Tajuk

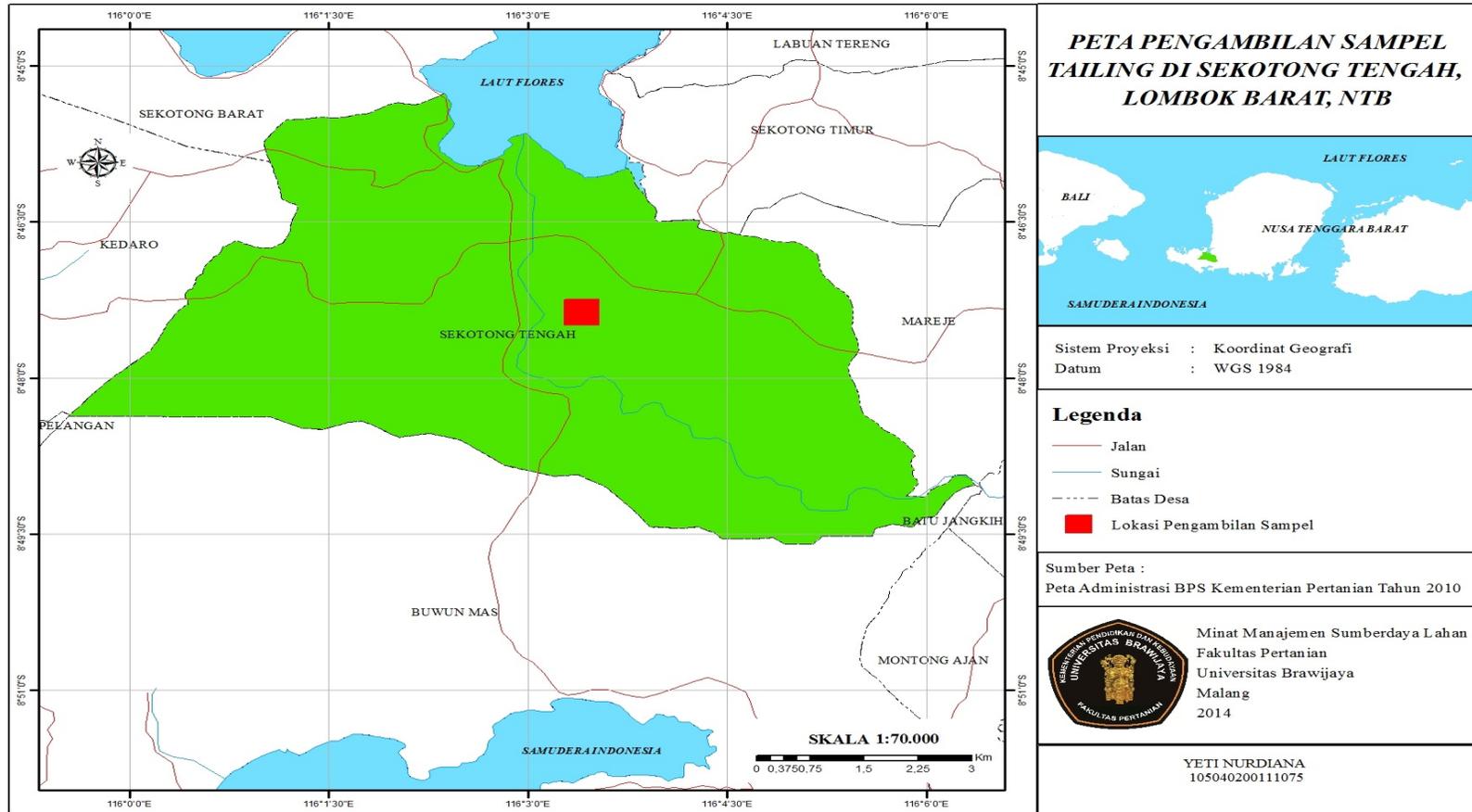


Lampiran 7f. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Hg Tanah dengan Serapan Hg Akar



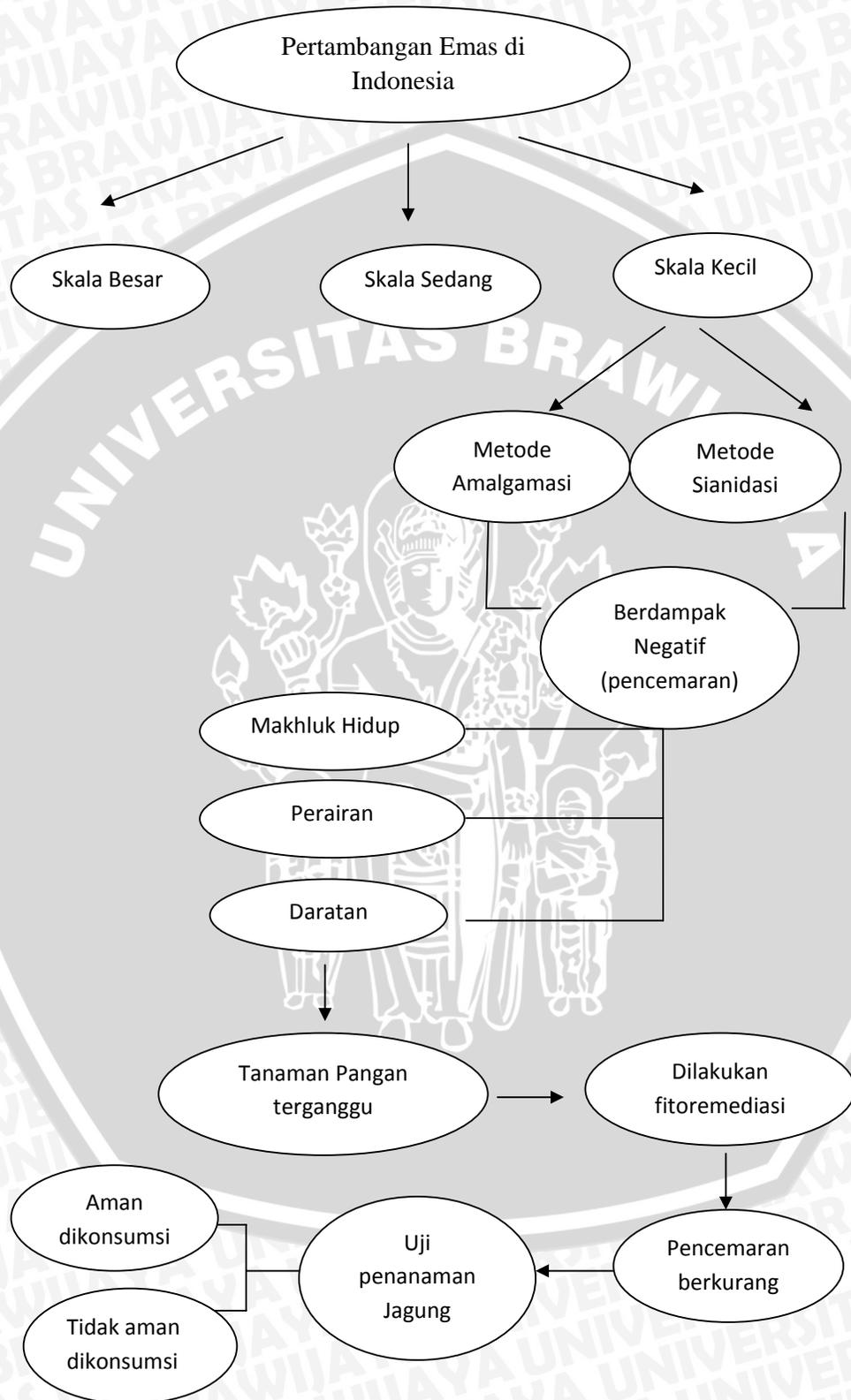


Lampiran 9. Peta Daerah Sekotong, Lombok Barat





Lampiran 10. Diagram Alir



Lampiran 11. Dokumentasi Hasil dan Kegiatan

	
<p>Tanaman umur 5 minggu kontrol</p>	<p>Tanaman umur 5 minggu pascafitoremediasi</p>
	
<p>Tanaman umur 6 minggu kontrol</p>	<p>Tanaman umur 6 minggu pascafitoremediasi</p>
	
<p>Tanaman umur 7 minggu kontrol</p>	<p>Tanaman umur 7 minggu pascafitoremediasi</p>
	
<p>Tanaman umur 8 minggu</p>	<p>Tanaman umur 9 minggu</p>



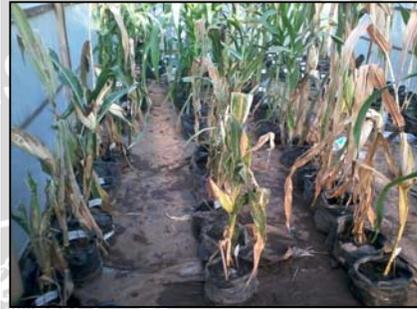
Tanaman umur 10 minggu



Tanaman umur 11 minggu



Tanaman umur 12 minggu



Tanaman umur 13 minggu



Rumah plastik lapangan



Kegiatan analisa laboratorium



Persiapan sampel laboratorium



Varietas jagung hibrida NK 33

Lampiran 12. Denah Percobaan

