

**POTENSI TANAMAN RAMI (*Boehmeria nivea*) SEBAGAI
FITOREMEDIASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)**

Oleh
ISTIKOMAH



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2018



**POTENSI TANAMAN RAMI (*Boehmeria nivea*) SEBAGAI
FITOREMEDIASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)**

Oleh
ISTIKOMAH
145040200111031

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pertanian Strata Satu (S-1)

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2018**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pemimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manpun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 03 Juni 2018



ISTIKOMAH
145040200111031

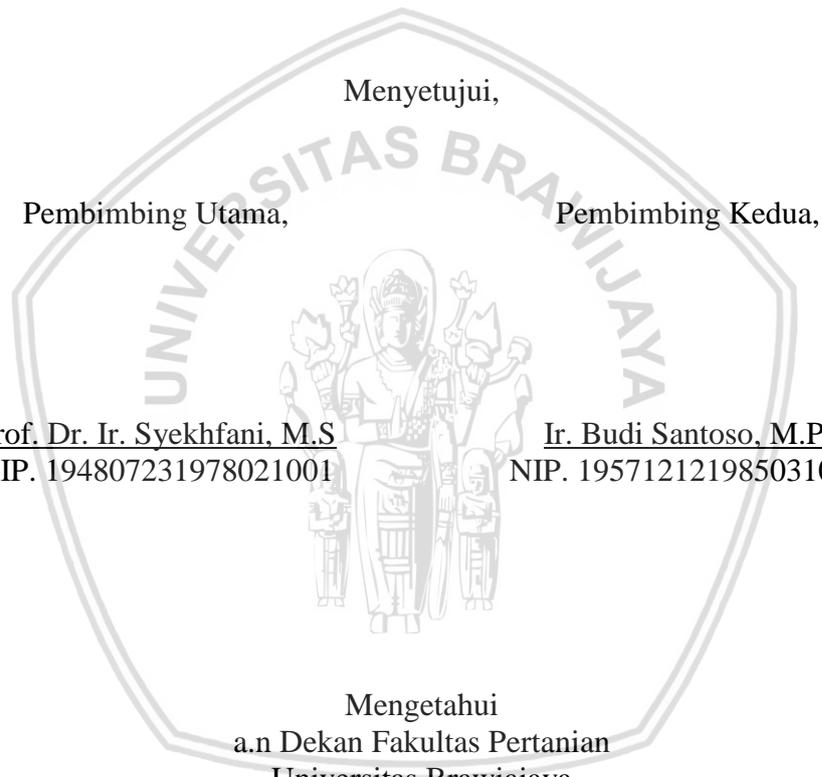


*Skripsi Ini ku Persembahkan Untuk Kedua Orang Tua dan
Keluarga Bany Yai Madari Tercinta serta Kepada Pembaca.*

Semoga Bermanfaat

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul penelitian : Potensi Tanaman Rami (*Boehmeria Nivea*) Sebagai Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Timbal (Pb)
Nama Mahasiswa : Istikomah
NIM : 145040200111031
Jurusan : Tanah
Program Studi : Agroekoteknologi
Minat : Manajemen Sumberdaya Lahan



Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Kedua,

Prof. Dr. Ir. Syekhfani, M.S
NIP. 194807231978021001

Ir. Budi Santoso, M.P.
NIP. 195712121985031003

Mengetahui
a.n Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Brawijaya

Ketua Jurusan Tanah

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

Tanggal Persetujuan :



LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

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

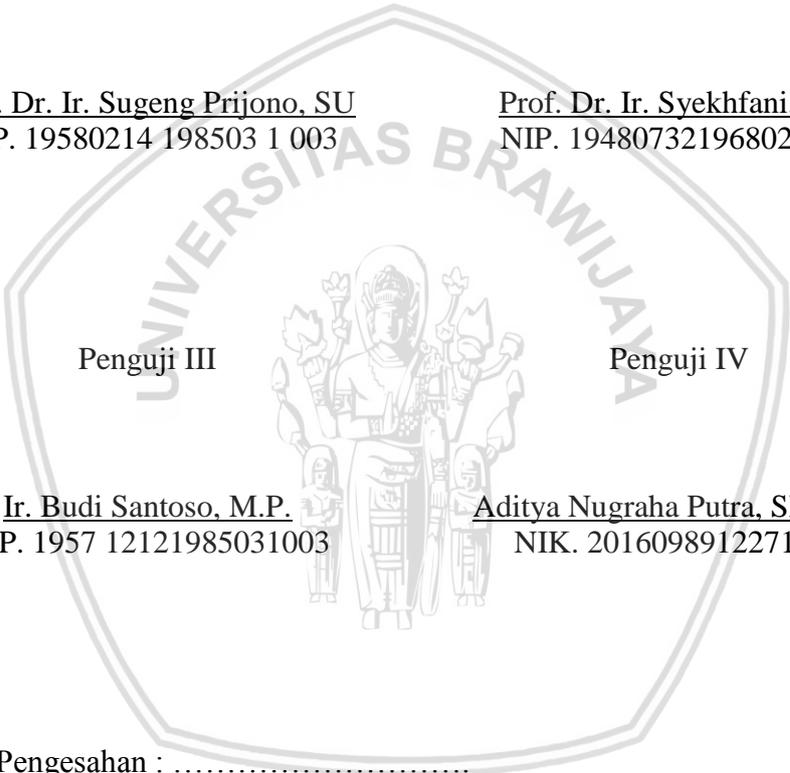
Prof. Dr. Ir. Syekhfani, M.S
NIP. 194807321968021001

Penguji III

Penguji IV

Ir. Budi Santoso, M.P.
NIP. 1957 12121985031003

Aditya Nugraha Putra, SP., MP.
NIK. 2016098912271001



Tanggal Pengesahan :



RINGKASAN

ISTIKOMAH. 145040200111031. Potensi Tanaman Rami (*Boehmeria Nivea*) sebagai Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Timbal (Pb). Di bawah bimbingan Syekhmani dan Budi Santoso.

Kebutuhan manusia akan sumberdaya alam menyebabkan semakin meningkatnya rotasi roda persaingan produksi dalam dunia industri pertanian. Hal ini menjadi pemicu utama timbulnya berbagai kegiatan manusia dalam pemenuhan sumberdaya tersebut, sehingga menimbulkan beberapa dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satunya yakni kontaminasi logam berat terutama timbal (Pb). Salah satu upaya untuk mengurangi konsentrasi pencemaran logam-logam berat tersebut yaitu dengan memanfaatkan sumberdaya alam yang ramah lingkungan melalui pengembangan teknologi alternatif yang dikenal dengan fitoremediasi. Penelitian ini memanfaatkan tanaman rami (*Boehmeria nivea*) sebagai tanaman fitoremediator untuk digunakan dalam menetralkan pencemaran logam timbal (Pb) yang akan di aplikasikan melalui penyiraman dalam bentuk $Pb(NO_3)_2$. Diharapkan alternatif ini mampu menurunkan kadar Pb hingga di bawah ambang batas, sehingga lingkungan yang tercemar dapat dimanfaatkan untuk kegiatan manusia baik dalam bidang pertanian maupun non pertanian .

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari – April 2018 di Balai Penelitian Tanaman Serat dan Pemanis (BALITTAS). Uji Laboratorium dilakukan di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Penelitian ini menggunakan metode penelitian yakni AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) untuk analisis timbal pada sampel tanah dan tanaman. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan masing-masing 6 perlakuan dan 4 kali ulangan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan tanaman rami dalam penyerapan logam berat Pb (timbal) lebih dari 50%, yang didasarkan pada perhitungan indeks Bioremediasi. Mekanisme fitoremediasi tanaman rami termasuk dalam mekanisme fitofiltrasi atau rhizofiltrasi yang di buktikan dengan nilai kadar logam tertinggi pada akar. Selain itu, dari hasil perhitungan nilai Faktor Translokasi (TF) < 1. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman rami bukan termasuk tanaman hiperakumulator, akan tetapi tanaan rami memiliki kemampuan dalam menyerap logam berat timbal. Berdasarkan hasil analisis ANOVA ($P < 0,05$) konsentrasi timbal yang di aplikasikan pada tanaman rami sebagai bahan pencemar memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan morfologi tanaman rami. Pencemaran logam berat timbal mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun. Namun, pada kondisi aktual dilapangan tanaman rami tidak menunjukkan gejala-gejala akibat kontaminasi logam berat.



SUMMARY

ISTIKOMAH. 145040200111031. Potency of Ramie (*Boehmeria Nivea*) As Phytoremidization of Stunted Heavy Metal Leads (Pb). Supervised by Syekhfani as Main Supervisor, and Budi Santoso as a Second Supervisor.

Human needed for natural resources causes the increasing rotation of production competition wheels in the agricultural industry. This is the main trigger for the emergence of various human activities in the fulfillment of these resources, caused some negative impact on the environment. One of them is heavy metal contamination, especially lead (Pb). One of the efforts to reduced the concentration of heavy metal pollution is by utilized environmentally friendly natural resources through the development of alternative technology known as phoriemidiation. This study utilized hemp plant (*Boehmeria nivea*) as a fitoremediator plant for used in neutralizing lead metal pollution (Pb) which will be applied by watering in the form of Pb (NO₃)₂. It is hoped that this alternative can reduced Pb level to below the threshold, so that polluted environment can be utilized for human activities both in agriculture and non-agriculture.

This research was conducted in January - April 2018 at Indonesian Sweetener and Fiber Crops Research Institute (ISFCRI). Laboratory test was conducted at Faculty of Mathematics and Sciences University of Brawijaya. This research uses AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) method for lead analysis on soil and plant samples. The experimental design used was Completely Randomized Design (CRD) with each of six treatments and four replications.

The results showed that the ability of hemp plant in the absorption of heavy metal Pb (lead) more than 50%, which is based on the calculation of Bioremediation index. The phyememediation mechanism of hemp plant is included in the phytopltration mechanism or rhizosfiltration which is proved by the highest metal grade value at the root. In addition, the calculation of the value of Translocation Factor (TF) <1. It shows that hemp plants not included hyperakumulator plants, but hemp plantation has the ability to absorbed heavy metal lead. Based on ANOVA (P <0,05) analysis, the concentration of lead applied in hemp plant as pollutant has an influence on growth of flax morphology. Pollution of lead heavy metals affects the growth of plant height and number of leaves. However, in actual conditions in the field of hempseed does not showed symptoms due to heavy metal contaminated.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Potensi Tanaman Rami (*Boehmeria Nivea*) Sebagai Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Timbal (Pb)”.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan saya juga berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi kepentingan pengembangan pendidikan dan menambah wawasan. Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, S.U., selaku ketua jurusan tanah yang telah memfasilitasi kebutuhan mahasiswa
2. Prof. Dr. Ir. Syekhfani, M.S., selaku pembimbing utama yang memberikan pengarahan dan nasehat, sehingga terselesaikannya penelitian ini.
3. Ir. Budi Santoso, M.P., selaku pembimbing kedua saya yang telah banyak membantu dalam penelitian saya serta pembuatan skripsi ini.
4. Seluruh dosen, staf dan karyawan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang khususnya Jurusan Tanah.
5. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis.
6. Rekan-rekan MSDL 2014 dan teman-teman yang juga telah turut membantu penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik saran yang membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan untuk perbaikan dalam penyusunan. Berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta memajukan pertanian Indonesia.

Malang, 03 Juni 2018

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabupaten Sidoarjo pada tanggal 30 September 1995. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Tolib dan Ibu Hindun.

Penulis mengawali pendidikan di SD Negeri Kedungringin II, di Kabupaten Pasuruan yang ditempuh penulis pada tahun 2002 dan selesai pada tahun 2008. Kemudian penulis melanjutkan pendidikannya di SMP Negeri 1 Beji, di kabupaten Pasuruan pada tahun 2008 sampai pada tahun 2010. Pendidikan menengah atas juga di tempuh penulis di Madrasah Aliyah Negeri 1 Pasuruan pada tahun 2011 hingga lulus di thun 2014. Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 (S-1) di Progm Studi Agroekoteknologi dan mengambil peminatan di Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti beberapa kepanitiaan dalam acara LKTIN PRISMA 5 dan 6 sebagai Sie Konsumsi dan Staf *Liaison Officer*, kepanitiaan dalam acara GATRAKSI 2017 sebagai Divisi Transkoper, Acara PEMILWA sebagai Divisi Konsumsi. Penulis juga memiliki pengalaman dalam mengikuti kegiatan seminar nasional baik di dalam lingkungan kampus maupun di luar kampus seperti dalam acara Seminar Nasional A-KICK 2016 yang di selenggarakan di UNAIR Surabaya, Seminar Nasional Himatitan great event bertema “Nanoteknologi” yang diselenggarakan di UB Malang. Penulis juga pernah menjadi peserta dalam Kursus Inovasi Teknologi BITE 2016 di Balitjestro Batu – Malang. Selain itu juga penulis juga memiliki pengalaman menjuarai Lomba Karya Tulis Ilmiah Nasional di beberapa Universitas di Indonesia seperti Juara II LKTIN Festival bulan K3 2016 di UNEJ, juara II LKTIN PILMITANAS 2017 di Universitas Mataram – Lombok, Juara Harapan I dalam kompetisis Esai Nasional ISCOOL 2016 di UNNES Semarang, Juara Harapan II dalam acara UNYSEF 2018 di UNY Yogyakarta dan sebagai Finalis 10 Besar dalam LKTIN HIMATITAN 2015 di UB Malang, Lomba Esai Nasional ACW di UNAIR Surabaya, LKTIN – Online UKMP di Universitas Lampung, dan LKTIN ONSONAR 2016 di UNP Kediri. Penulis juga telah

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Hipotesis	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Kerangka Pemikiran Penelitian	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Logam Berat Timbal (Pb)	6
2.2 Pengaruh Pb terhadap tanaman	8
2.3 Fitoremediasi	9
2.4 Hiperakumulator Tanaman Rami (<i>Boehmeria niveda</i>)	10
2.5 Metode AAS (<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>)	14
3. METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Metode Penelitian	17
3.4 Indeks Bioremediasi dan Faktor Transfer	21
3.5 Variabel Pengamatan	22
3.6 Analisis Data	23
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Analisis Dasar Penelitian	24
4.2 Pengaruh pH Tanah Terhadap Beberapa Konsentrasi Pb	25
4.3 Kadar Logam Timbal (Pb) di Dalam Tanah	26
4.4 Kadar Logam Timbal (Pb) pada Tanaman	28
4.5 Pengaruh Pb Terhadap Pertumbuhan Tanaman Rami	30
4.6 Hubungan Antar Parameter Kadar Pb	32
4.7 Pembahasan Umum	33
5. KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	45



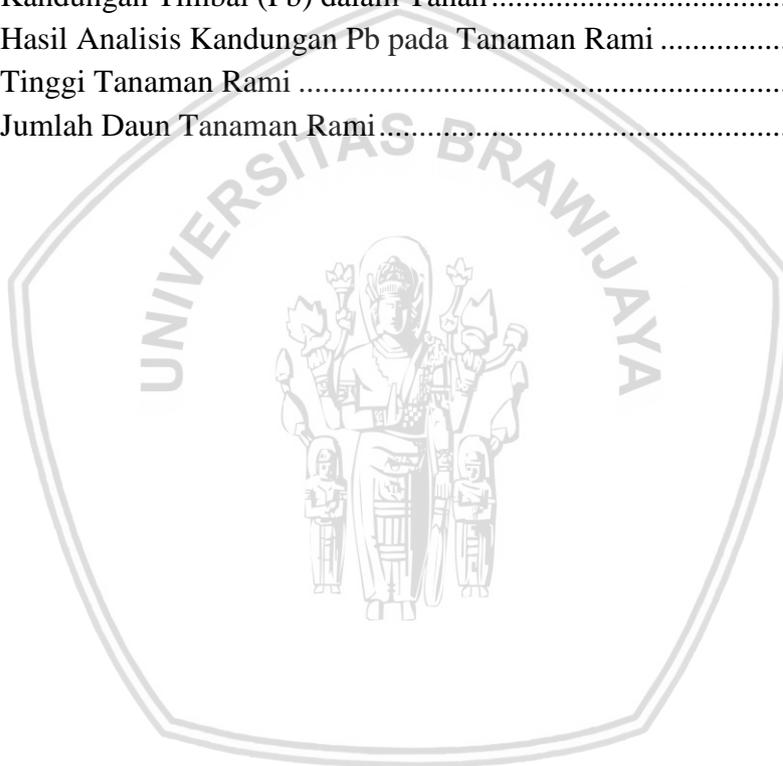
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur Penelitian	5
2.	Logam Timbal (Pb).....	6
3.	Mekanisme Penyerapan Logam Berat oleh Tanaman	10
4.	Tanaman Rami	11
5.	<i>Rhizome</i> Tanaman Rami	19
6.	Nilai pH Tanah Akhir	23
7.	Bentuk Morfologi Daun Tanaman Rami	29
8.	Aplikasi Pupuk <i>Starter</i>	30
9.	Lokasi Pengambilan Sampel.....	30



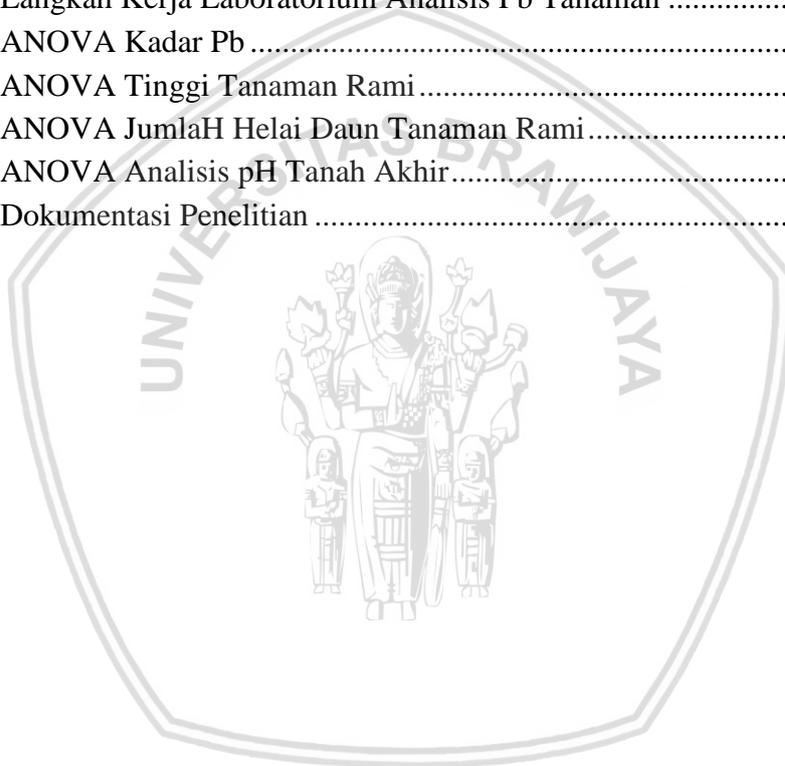
DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Batas Kritis Untuk Beberapa Kontaminan Logam Berat pada Tanah, Air dan Tanaman.....	7
2.	Kisaran Kadar Logam Berat sebagai Pencemar dalam Tanah dan Tanaman.....	8
3.	Bagian Tanaman Rami dan Kandungannya.....	12
4.	Perlakuan Konsentrasi Timbal.....	18
5.	Variabel Pengamatan	23
6.	Analisis Dasar	24
7.	Kandungan Timbal (Pb) dalam Tanah.....	27
8.	Hasil Analisis Kandungan Pb pada Tanaman Rami	28
9.	Tinggi Tanaman Rami	30
10.	Jumlah Daun Tanaman Rami.....	31



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Denah Percobaan	40
2.	Perhitungan Kapasitas Lapang.....	41
3.	Perhitungan Kebutuhan Pupuk Tanaman Rami.....	42
4.	Perhitungan Indeks Bioremediasi.....	43
5.	Perhitungan Nilai Faktor Translokasi	44
6.	Langkah Kerja Laboratorium Analisis Pb Tanah	45
7.	Langkah Kerja Laboratorium Analisis Pb Tanaman	46
8.	ANOVA Kadar Pb	47
9.	ANOVA Tinggi Tanaman Rami.....	48
10.	ANOVA Jumlah Helai Daun Tanaman Rami.....	49
11.	ANOVA Analisis pH Tanah Akhir.....	50
12.	Dokumentasi Penelitian	





1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia yang semakin meningkat terhadap pemanfaatan sumberdaya alam yang ada, menyebabkan rotasi roda persaingan produksi dalam dunia industri pertanian semakin tinggi. Hal tersebut mengakibatkan timbulnya berbagai aktivitas manusia yang memiliki potensi cukup besar untuk mencemari dan merusak lingkungan. Pencemaran merupakan permasalahan yang umum terjadi di lingkungan masyarakat akibat aktivitas manusia yang menyebabkan kerusakan lingkungan salah satunya yakni kontaminasi logam berat.

Beberapa unsur atau logam berat, timbal (Pb) menjadi salah satu logam berat yang berpotensi menjadi kontaminan di dalam tanah. Indonesia telah banyak di teliti terkait persebaran pencemaran logam berat khususnya timbal seperti daerah Medan, Dumai, Selat Malaka, Riau, Pantai Ancol di teluk Jakarta, Semarang, dan Surabaya (Suherni, 2010). Unsur Pb merupakan logam yang tidak esensial bagi tanaman dan dapat mengganggu ketersediaan unsur hara di dalam tanah (Juhaeti, Sharif, Hidayati, 2004). Hal tersebut salah satunya akibat dari pemupukan yang dilakukan secara intensif. Pencemaran tanah oleh logam berat dapat mengganggu biota tanah, akibat keracunan logam berat berbahaya pada konsentrasi yang cukup tinggi (Widowati, Wahyu dan Jusuf, 2008). Berbagai aktivitas lain dari manusia yang menyebabkan pencemaran logam timbal adalah penggunaan bahan bakar yang mengandung timbal menyebabkan udara tercemar oleh timbal, kegiatan industri pembuatan lempengan baterai, aki, bahan peledak, baterai, pembungkus kabel, pigmen, cat anti karat, pelapisan logam, serta aplikasi pupuk fosfat dalam bidang pertanian (Juhaeti, Sharif dan Hidayati, 2004). Oleh sebab itu, perlunya untuk meminimalisir pencemaran yang terjadi.

Salah satu upaya untuk mengurangi konsentrasi pencemaran logam-logam berat tersebut yaitu dengan memanfaatkan sumberdaya alam yang ramah lingkungan melalui pengembangan teknologi alternatif yang dikenal dengan fitoremediasi. Fitoremediasi menjadi salah satu solusi yang paling solutif karena disamping biaya yang relatif lebih murah jika dibandingkan dengan metode yang lain seperti pencucian dan pengerukan, fitoremediasi juga tidak menimbulkan kerusakan

lingkungan. Hal tersebut dikarenakan fitoremediasi merupakan pencucian polutan akibat logam berat yang dimediasi oleh tanaman, baik berupa pepohonan, tanaman air maupun rumput-rumputan (Hidayati, 2005).

Menurut Hidayati (2005) beberapa tanaman terbukti memiliki kemampuan beradaptasi dengan lingkungan yang ekstrim seperti tanah yang terkontaminasi zat-zat beracun. Tanaman yang memiliki kemampuan dalam penyerapan logam berat atau zat racun berbahaya disebut dengan tanaman hiperakumulator (Hardiani, 2008). Salah satunya yaitu tanaman rami (*Boehmeria nivea*). Tanaman rami merupakan tanaman tahunan yang memiliki potensi yang cukup tinggi untuk dikembangkan, dikarenakan tanaman tersebut memiliki kandungan nutrisi dan anti nutrisi yang cukup tinggi. Salah satunya yakni kandungan selulosa pada serat rami yang tinggi yaitu 68,6 – 76,2 % (Purwati, 2010). Selulosa merupakan salah satu senyawa yang bersifat hidrofilik karena pada setiap polimernya terdapat gugus hidroksil. Selulosa memiliki gugus fungsi yaitu gugus karboksil, hidroksil yang mampu berikatan dengan ion logam (Ibbet dan Herwanto, 2006). Selain itu juga, tanaman rami dapat tumbuh secara liar dan dikenal dapat mengkoloni kedua tambang aktif. Hal ini mampu mengumpulkan sejumlah toksin tertentu seperti Sb, Cd, dan Hg. Penelitian lain telah menunjukkan bahwa rami juga dapat mentoleransi sejumlah logam berat tertentu seperti merkuri, timbal, kadmium dan arsenik (Mubarak dkk., 2016). Tanaman rami berpotensi untuk dikembangkan menjadi tanaman fitoremediator untuk mengurangi atau menetralkan pencemaran logam-logam berat khususnya logam timbal, serta perlunya diketahui besar penyerapan logam yang terakumulasi sehingga mengetahui baik atau tidaknya tanaman rami dapat dijadikan sebagai tanaman hiperakumulator.

Penelitian ini memanfaatkan tanaman rami (*Boehmeria nivea*) sebagai tanaman fitoremediator untuk digunakan dalam menetralkan pencemaran logam timbal yang akan diaplikasikan melalui penyiraman dalam bentuk $Pb(NO_3)_2$. Diharapkan alternatif ini mampu menurunkan kadar Pb hingga di bawah ambang batas sehingga lingkungan yang tercemar dapat dimanfaatkan kembali, baik untuk kegiatan pertanian maupun non pertanian.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Bagaimana kemampuan tanaman rami (*Boehmeria nivea*) dalam menyerap logam berat timbal (Pb) pada konsentrasi tertentu?
2. Bagaimana mekanisme tanaman rami dalam penyerapan logam berat berdasarkan faktor translokasinya?
3. Bagaimana pengaruh pencemaran logam berat timbal terhadap (Pb) pertumbuhan tanaman rami (*Boehmeria nivea*)?

1.3 Tujuan

Berdasarkan latar belakang, tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Kemampuan tanaman rami (*Boehmeria nivea*) dalam penyerapan logam berat timbal (Pb) pada konsentrasi tertentu.
2. Mekanisme tanaman rami (*Boehmeria nivea*) dalam penyerapan logam berat timbal.
3. Pengaruh pencemaran logam berat timbal terhadap (Pb) pertumbuhan tanaman rami (*Boehmeria nivea*).

1.4 Hipotesis

Adapun beberapa hipotesis dalam penelitian ini, diantaranya :

1. Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) memiliki potensi meremidiasi tanah tercemar logam berat timbal (Pb).
2. Tanaman rami dapat dijadikan sebagai tanaman hiperakumulator logam berat timbal (Pb).
3. Pencemaran logam berat mempengaruhi pertumbuhan morfologi tanaman rami.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dalam pelaksanaan penelitian ini, yaitu :

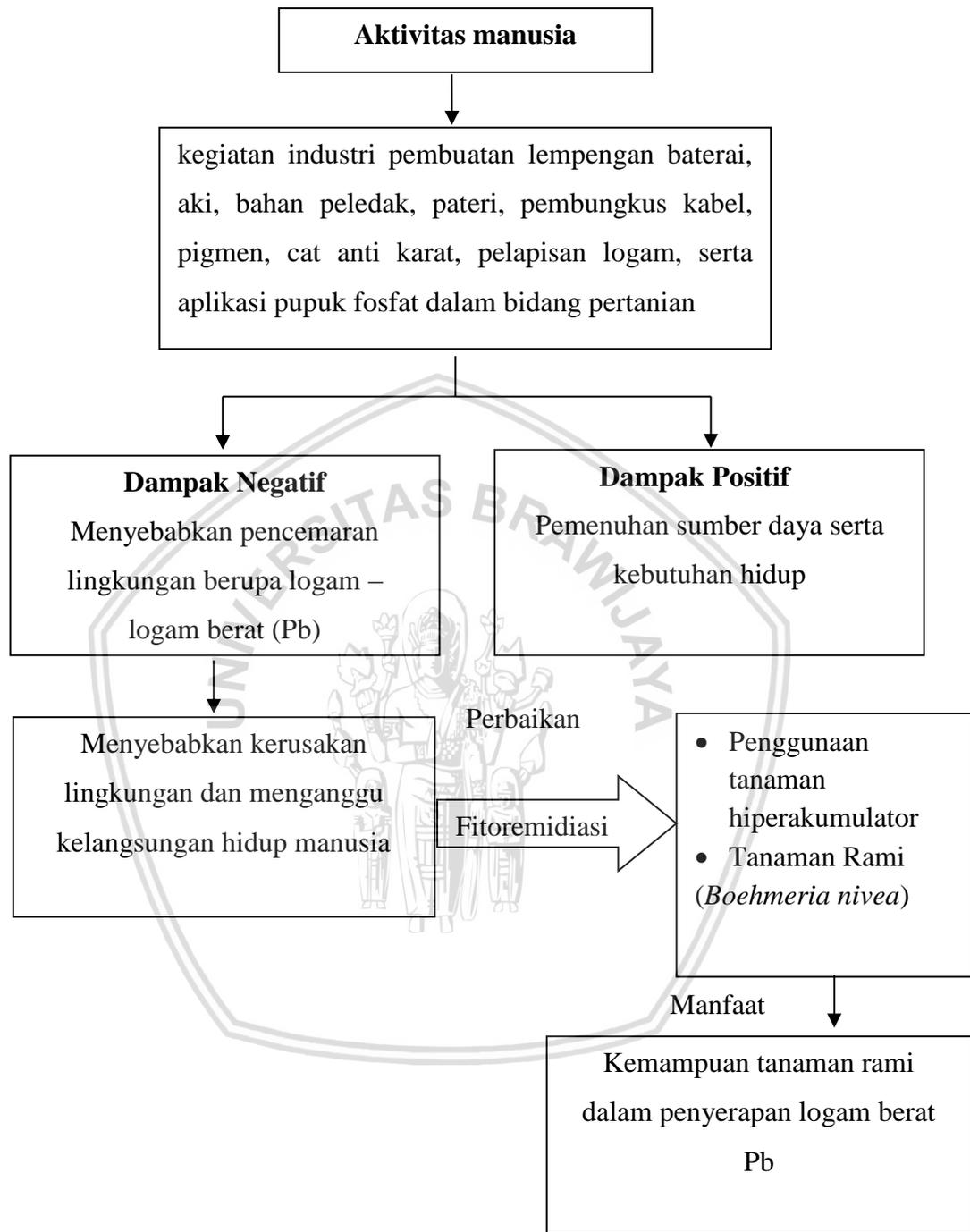
1. Mengetahui kemampuan tanaman rami (*Boehmeria nivea*) dalam penyerapan logam berat timbal (Pb) pada konsentrasi tertentu.

2. Mengetahui mekanisme tanaman rami dalam penyerapan logam berat timbal serta potensi hiperakumulator pada tanaman rami.
3. Mengetahui pengaruh pencemaran logam berat timbal terhadap (Pb) pertumbuhan tanaman rami (*Boehmeria nivea*).
4. Sebagai rekomendasi untuk instansi bahwa tanaman rami selain dimanfaatkan untuk serat tekstil juga untuk penanggulangan risiko akibat pencemaran logam berat khususnya timbal (Pb).

1.6 Alur Pikir Penelitian

Berbagai aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya banyak menyebabkan pencemaran logam – logam berat salah satunya yaitu timbal (Pb). Aktivitas manusia baik pada industri pertanian atau non pertanian. Logam timbal bersifat sulit terurai oleh mikroorganisme di dalam tanah. Hal tersebut menjadi salah satu penyebab timbulnya kerusakan lingkungan atau degradasi lahan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan rehabilitasi menggunakan tanaman yang berpotensi toleran pada kondisi yang ekstrim khususnya pada daerah yang terdegradasi akibat pencemaran logam berat atau dikenal dengan fitoremediasi. Tanaman Rami (*Boehmeria nivea*) sebagai tanaman fitoremediator logam berat yang memiliki kemampuan mengabsorpsi logam timbal (Pb). Hal tersebut diharapkan tanaman rami mampu menetralkan pencemaran logam timbal.

Namun, limbah tanaman yang digunakan sebagai fitoremediasi juga perlu dilakukan penanganan yang tepat. Hal tersebut bertujuan agar tidak menjadi pencemaran logam berat kembali. Beberapa hal yang dilakukan untuk menanggulangi tanaman sisa hasil fitoremediasi adalah dengan cara limbah tersebut dibuang dan dibakar pada tempat khusus. Kadar logam yang terlalu tinggi pada tanaman fitoremediasi dilakukan pengenceran untuk mencapai kadar yang diterima oleh lingkungan. Pengenceran tersebut dilakukan dengan cara menggabungkan biomassa tanaman hasil fitoremediasi dengan biomassa bersih dalam formulasi pupuk dan pakan ternak. Selain itu, sisa hasil tanaman fitoremediasi dapat diproses untuk 'biorecovery' atau dikenal dengan *phytomining* (Handayanto dkk.,2017). Adapun alur penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Pikir Penelitian



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat Timbal (Pb)

Logam berat adalah unsur – unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 g.cm^{-3} , serta mempunyai nomor atom 82 dengan berat atom 207,2 dan berbentuk padat pada suhu kamar (Gusnita, 2012). Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang bersifat *neurotoksin*, yang dapat masuk dan terakumulasi dalam tubuh manusia. Timbal tidak larut dalam air, kadar maksimum timbal yang diperkenankan pada air adalah $0,005 \text{ mg.L}^{-1}$ (Depkes, 2002). Timbal atau timah hitam adalah logam lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat serta mudah dimurnikan dari pertambangan (Gambar 2).



Gambar 2. Logam Timbal (Pb) (Lew, 2009)

Timbal memiliki titik lebur rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif, sehingga bisa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Timbal meleleh pada temperatur 328°C , titik didih 1740°C , dan memiliki berat jenis $11,34 \text{ g.mL}^{-1}$ dengan berat atom 207,20 (Widowati dkk., 2008). Rata – rata konsentrasi Pb pada tanah lapisan atas adalah 32 ppm dan berkisar dari 10 – 67 ppm (Kabat-Pendias dan Pendias, 2001 dalam Handayanto dkk., 2017). Timbal merupakan logam yang memiliki peringkat kelima setelah Fe, Cu, Al dan Zn dalam produksi industri logam. Sekitar setengah dari Pb di dunia digunakan untuk pembuatan baterai. Kegunaan lain termasuk solder, selimut kabel, amunisi, pipa, pigmen dan dempul (Handayanto dkk., 2017).

Ion timbal, Pb (II) timbal oksida dan hidroksida, dan timbal kompleks oksianion adalah bentuk umum dari Pb dalam tanah, air tanah, dan air permukaan. Bentuk timbal yang paling stabil adalah Pb (II) dan kompleks hidroksi timbal. Timbal sulfida (PbS) adalah bentuk padat yang paling stabil dalam matrik tanah dan terbentuk pada kondisi reduksi, jika terjadi peningkatan konsentrasi sulfida. Sebagian besar senyawa Pb (II) berada dalam bentuk ion (misalnya, Pb^{2+} dan SO_4^{2-}), sedangkan senyawa Pb (IV) cenderung kovalen misalnya, timbal tetraetil, $(Pb(C_2H_5)_4)$. Beberapa senyawa Pb (IV), seperti PbO_2 , merupakan oksidan yang kuat. Timbal membentuk garam basa seperti $Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3$, yang dahulu banyak digunakan sebagai pewarna cat putih. Banyak senyawa Pb (II) dan (IV) yang berguna, diantaranya adalah timbal dioksida dan timbal sulfat, yang digunakan dalam reaksi pengisian dan pengosongan baterai. Timbal tidak terakumulasi dibagian pembuahan tanaman sayuran dan buah (misalnya, jagung, kacang, labu, tomat, stroberi dan apel). Konsentrasi Pb yang tinggi mudah ditemukan dalam sayuran berdaun misalnya, selada. Pada permukaan tanaman berumbi misalnya, wortel (Handayanto dkk., 2017).

Adapun batas kritis untuk beberapa kontaminan logam berat pada tanah, air dan tanaman serta kisaran kadar logam berat sebagai pencemar dalam tanah dan tanaman yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Batas Kritis Untuk Beberapa Kontaminan Logam Berat pada Tanah, Air dan Tanaman

Logam Berat	Tanah ^a (ppm)	Air ^b (ppm)	Tanaman ^c (ppm)
Pb	100	0,003	50
Cd	0,5	0,005 – 0,10	5 – 30
Co	10	0,4 – 0,6	15 – 30
Cr	2,5	0,5 – 1,0	5 – 30
Ni	20	0,2 – 0,5	5 – 30
Cu	60 – 125	2 – 3	20 – 100
Mn	1500	-	-
Zn	70	5 – 10	100 – 400

Keterangan : ppm (*part per million*)

Sumber : ^a Kementerian Kependudukan dan Lingkungan Indonesia bekerjasama Universitas Dalhouse Canada (1992)

^b Pemerintah Republik Indonesia (1990)

^c Alloway dan Ayres (1997)

Tanah dan tanaman memiliki kisaran pada berbagai jenis logam-logam pencemar. Hal tersebut juga dapat dijadikan sebagai acuan tingkat bahaya akibat

pencemaran logam tersebut. Harapannya dapat diketahui cara penanggulangan yang tepat terhadap pencemaran yang terjadi. Pada Tabel 2 diketahui kisaran kadar logam berat pada tanah dan tanaman yang disajikan dalam satuan ppm.

Tabel 2. Kisaran Kadar Logam Berat sebagai Pencemar dalam Tanah dan Tanaman (Barchia, 2009)

Unsur	Kisaran Kadar Logam Berat (ppm)	
	Tanah	Tanaman
As	0,1 – 40	0,1 – 5
B	2 – 100	30 – 75
F	30 – 300	2 – 20
Cd	0,1 – 7	0,2 – 0,8
Mn	100 – 4000	15 – 200
Ni	10 – 1000	1
Zn	10 – 300	15 – 200
Cu	2 – 100	4 – 15
Pb	2 – 200	0,1 – 10

Tanaman yang tercemar logam berat timbal memicu berbagai perubahan morfologi tanaman. akan tetapi, kenampakan respon tanaman terhadap kontaminan logam berat berbeda-beda. Berapa kenampakan morfologi tanaman yang terkontam logam berat dalam terjadi penurunan atau pengurangan pertumbuhan tanaman, termasuk klorosis daun, nekrosis, penurunan laju perkecambahan biji (Handayanto, dkk., 2017).

2.2 Pengaruh Pb Terhadap Tanaman

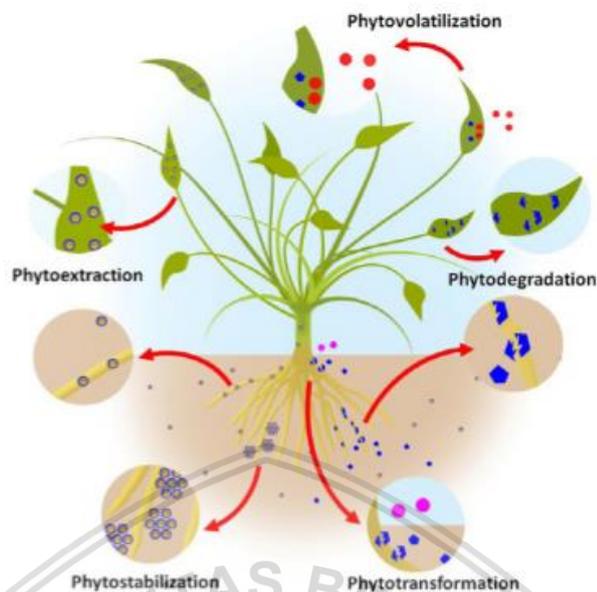
Timbal merupakan senyawa beracun berbahaya bagi lingkungan baik tanah maupun tanaman. Pada tanaman Pb berpengaruh pada morfologi, pertumbuhan dan proses metabolismenya. Penghambat perkecambahan tanaman oleh timbal diakibatkan dari gangguan terhadap enzim penting. Kandungan timbal yang tinggi pada tanah menyebabkan morfologi yang abnormal pada berbagai spesies tanaman. Misalnya, timbal menyebabkan penebalan radial yang tidak teratur pada akar kacang, dinding sel endodermis dan terbuknya lignin pada parenkim korteks. Pengaruh penghambatan timbal pada pertumbuhan dan produksi biomassa berasal dari pengaruh timbal pada proses metabolisme tanaman. Tingginya kandungan timbal menyebabkan aktivitas enzim terhambat, ketidakseimbangan air, perubahan permeabilitas membran dan mengganggu ketersediaan berbagai unsur hara tanaman (Handayanto dkk., 2017).

2.3 Fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan penghilangan polutan disekitar lingkungan dengan menggunakan tanaman. Prinsip fitoremediasi adalah, akar tanaman menghancurkan atau menyerap kontaminan di dalam tanah, kemudian disimpan di batang dan daun tanaman. Hal ini dapat dilakukan secara efektif untuk menghilangkan kontaminasi dari tempat pembuangan limbah komersial, industri, pertanian dan pertambangan (Rungwa dkk., 2013). Fitoremediasi dapat digunakan untuk menyingkirkan logam berat, radionuklida, dan pencemar organik. Tumbuhan hijau memiliki kemampuan luar biasa menyerap bahan pencemar dari lingkungan tumbuhnya dan menetralkan daya beracun bahan pencemar yang diserapkan melalui berbagai mekanisme (Handayanto dkk.,2017).

Beberapa mekanisme kerja fitoremediasi menurut Parmar, Shobikha dan Vir Sigh (2015) yakni mencakup proses fitostabilisasi, fitofiltrasi, fitofoliiasi, fitoekstraksi, fitodegradasi dan fitotransformasi.

1. Fitostabilisasi adalah imobilisasi atau presipitasi kontaminan dari tanah, air tanah, dan tailing tambang yang mampu dikeluarkan oleh tanaman, sehingga menurunkan ketersediaan logam berat tersebut.
2. Fitofiltrasi menggunakan akar tanaman dan bagian lainnya untuk menyerap kontaminan dari lingkungan berair.
3. Fitofoliiasi menggunakan tanaman yang bisa evapotranspirasi kontaminan, seperti selenium (Se), merkuri (Hg), dan hidrokarbon volatil, dari tanah dan air tanah.
4. Fitoekstraksi adalah serapan dan konsentrasi logam dari tanah atau air yang terkontaminasi langsung ke jaringan tanaman dan pemindahan berikutnya dari tanaman.
5. Fitodegradasi adalah metabolisme logam berat di dalam jaringan tanaman oleh enzim seperti *dehalogenase* dan *oksigenase*, meliputi degradasi mikroba logam di tanah rhizosfir dan air tanah.
6. Fitotransformasi adalah serapan tanaman kontaminan dari air dan konversinya menjadi senyawa organik, yang kurang beracun atau tidak beracun.



Gambar 3. Mekanisme Penyerapan logam berat oleh tanaman
(Parmar dkk., 2015)

Keuntungan dan kerugian penggunaan fitoremediasi diantaranya : Keuntungan fitoremediasi, fitoremediasi mampu bekerja pada senyawa organik dan anorganik, dalam proses fitoremediasi dapat dilakukan secara insitu dan eksitu, mudah diterapkan dengan biaya yang relatif lebih murah, teknologi sederhana yang aman dan ramah lingkungan serta bersifat estetik bagi lingkungan, selain itu fitoremediasi dapat mereduksi kontaminan dalam jumlah yang besar. Sedangkan kerugian fitoremediasi, yakni dalam prosesnya memerlukan waktu yang relatif lebih lama, bergantung kepada keadaan iklim, dapat menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada jaringan dan biomasa tumbuhan, dan dapat mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem (Hidayati, 2005).

2.4 Hiperakumulator Tanaman Rami (*Boehmeria nivea*)

Beberapa tanaman memiliki kemampuan menyerap logam tetapi dalam jumlah yang bervariasi. Sejumlah tanaman dari banyak famili terbukti memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, sehingga bersifat hiperakumulator. Sifat hiperakumulator berarti dapat mengakumulasi unsur logam tertentu dengan konsentrasi tinggi pada tajuknya dan dapat digunakan untuk tujuan fitoekstraksi (Hidayati, 2005). Proses hiperakumulasi tanaman yang berperan sebagai

hiperakumulator yakni: (1) Interaksi rizosferik, merupakan interaksi antara tanaman dan media tumbuh sehingga tanaman hiperakumulator dapat melarutkan unsur logam pada rizosfer dan menyerap logam (Hidayati, 2005); (2) Konsentrasi logam yang tinggi terdapat pada akar, sehingga penyerapan logam oleh akar tanaman hiperakumulator lebih cepat dibandingkan tanaman normal. (Hidayati, 2005). Akar tumbuhan hiperakumulator memiliki daya selektifitas yang tinggi terhadap unsur logam tertentu (Hidayati, 2005); (iii) Sistem translokasi unsur dari akar ke tajuk pada tumbuhan hiperakumulator lebih efisien dibandingkan tanaman normal. Dibuktikan dengan rasio konsentrasi logam tajuk/akar pada tumbuhan hiperakumulator lebih dari satu (Hidayati, 2005).

Tanaman rami menjadi salah satu tanaman fitoremediator yang merupakan tanaman tahunan penghasil serat dan dapat dipanen 3 kali dalam setahun. Hampir semua bagian tanaman dapat dimanfaatkan seperti daun dan ekstrak akar yang berfungsi untuk anti mikroba, anti-inflamasi, antioksidan dan hepatoprotektif. (Mubarak dkk., 2016). Tanaman rami menggunakan rizome untuk perbanyakan tanaman, daun rami dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak sedangkan kulit batangnya digunakan sebagai bahan baku *pulp* serta kompos (Musaddad, 2007). Sehingga dapat dikatakan bahwa tidak hanya limbah olahan, seluruh bagian tanaman rami yang tidak diolah bisa dijadikan produk dengan nilai ekonomi tinggi (Gambar 4).



Gambar 4. Tanaman Rami (Dokumentasi pribadi, 2018)

Tanaman rami dapat tumbuh secara liar dan dikenal dapat tumbuh pada kawasan tambang logam aktif dan terbengkalai. Hal tersebut menjadikan tanaman

rami memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat dalam jumlah tertentu seperti Sb, Cd, dan Hg. Pada penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa rami juga dapat mentoleransi sejumlah logam berat tertentu seperti merkuri, timah, cadmium dan arsenik (Mubarak dkk., 2016). Pemanfaatan bagian lain dari tanaman rami selain sebagai penghasil serat juga karena memiliki kandungan sebagai berikut (Tabel 3).

Tabel 3. Bagian Tanaman Rami dan Kandungannya (Musaddad, 2007)

Bagian Tanaman	Kandungan
Daun	Berat kering (19,56 %), protein kering (26,38%), serat kasar (16,24), lemak kering (3,04%), kalori (4659,13 kal/g), N (2,94%), C Organik (27,61%), C/N ratio (9), BO (47,76%), P (0,3%), K (2,2%), Mg (0,45%), S (0,19%), Cu (7,95 ppm), Zn (10,68 ppm), Mo (1,43ppm)
Pucuk daun	Protein (9,46%), lemak (0,96%), tannin (1,68%), Vit. C (1904,6 ppm), total asam (1,25%), total gula (0,15%)
Batang dan akar	N (0,84%, C organik (37,88%) C/N ratio (45), BO (65,53%), P (80%), K (1,06%), Mg (0,51%), S (20 ppm), Zn (4,77 ppm)

Indonesia memiliki potensi yang cukup besar untuk mengembangkan rami karena memiliki lahan yang relatif luas dan iklim yang cocok untuk tanaman rami. Rami sangat cocok dikembangkan di Indonesia bagian barat yang beriklim basah karena tanaman ini memerlukan curah hujan sepanjang tahun. Adapun syarat tumbuh tanaman rami adalah sebagai berikut: Tanaman rami merupakan salah satu tanaman serat yang relatif lebih mudah untuk dibudidayakan, sehingga tanaman tersebut tumbuh hampir di semua jenis tanah. Namun untuk mencapai produksi yang baik dan maksimal diperlukan kondisi yang paling baik untuk pertumbuhan rami. Menurut Santoso dan Adji, (2008), diantaranya yaitu kondisi tanah dan iklim:

2.4.1 Tanah

Tanah menjadi salah satu syarat awal yang sangat penting dalam menunjang pertumbuhan tanaman rami. Adapun syarat tanah yang dikehendaki oleh tanaman rami adalah tanah yang bertekstur lempung berpasir, lempung berliat, lempung dan lempung liat berdebu. pH tanahnya antara 5,4 – 6,5, serta berstruktur gembur.

2.4.2 Iklim

Ada beberapa faktor iklim yang menentukan syarat tumbuh tanaman rami, diantaranya:

1. Curah hujan

Tanaman rami sangat cocok pada kondisi curah hujan berkisar antara 1500 – 2500 mm tahun⁻¹ dengan curah hujan yang tersebar merata sepanjang tahun. Namun jika hujan tinggi akan mengganggu pertumbuhan tanaman rami apabila terjadi genangan selama kurang lebih 36 – 48 jam.

2. Suhu udara

Suhu udara juga memiliki pengaruh besar terhadap pertumbuhan tanaman rami. Suhu udara yang dibutuhkan tanaman rami yakni antara 26 – 30°C. Pada umumnya Indonesia memiliki suhu seperti suhu yang dikehendaki tanaman rami.

3. Kelembaban udara

Pada pertumbuhan vegetatif tanaman rami, membutuhkan kelembaban udara yang relatif lebih tinggi. Hal tersebut sangat mendukung pertumbuhan tanaman rami. Kelembaban yang diperlukan tanaman rami adalah tidak kurang 60%, dengan kelembaban optimum antar 60 – 75 %.

4. Tinggi tempat

Pertumbuhan tanaman rami yang optimal dibutuhkan ketinggian antara 300 – 750 mdpl. Pada ketinggian kurang dari 300 mdpl umumnya periode hidup rami tidak panjang mencapai 5 – 6 tahun. Sedangkan, pada ketinggian optimal dapat mencapai lebih dari 6 tahun. Hal tersebut juga tergantung pada pemeliharaan terhadap tanaman rami.

Ketersediaan unsur hara sangat bergantung pada derajat kemasaman tanah. Demikian juga kebijakan dan pengaturan pemberian pupuk harus didasarkan pada pertimbangan kondisi pH tanah. Kesalahan pemberian pupuk, terutama jenis dan reaksi kimianya dapat berpengaruh yang merugikan terhadap kelangsungan pertumbuhan dan produktivitas tanah dan tanaman rami. Tingginya biomassa yang dipanen dan kebun rami menguras jumlah hara yang besar, terutama kalium.

Dengan demikian, pengembalian atau penambahan hara ini sangat penting untuk menghindari efek negatif dari kekurangan zat hara ini (Subandi, 2011).

2.5 Metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*)

AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) atau Spektrofotometri serapan atom adalah suatu metode yang digunakan untuk mendeteksi atom-atom logam dalam fase gas. Metode ini seringkali mengandalkan nyala untuk mengubah logam dalam larutan sampel menjadi atom atom logam berbentuk gas yang digunakan untuk analisis kuantitatif dari logam dalam sampel (Pratama dkk., 2016).

Metode yang digunakan dalam penetapan kadar timbal dalam penelitian ini adalah AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Menurut Pratama dkk., (2016), metode AAS dapat menentukan kadar logam tanpa dipengaruhi oleh keberadaan logam yang lain. Selain itu pelaksanaannya sederhana, interferensinya sedikit, dan cocok untuk analisis logam meskipun sangat sedikit karena mempunyai kepekaan yang tinggi (batas deteksi kurang dari 1 ppm) (Pratama dkk., 2016). Penentuan konsentrasi logam Pb pada sampel dilakukan dengan teknik kurva kalibrasi. Kurva kalibrasi merupakan grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan absorbansi masuk yang merupakan garis lurus serapannya diukur dengan Spektrofotometer yang dibuat dari larutan standar, dengan konsentrasi standar Pb yaitu 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 4; dan 6 ppm.

Prinsip dari spektrofotometri adalah terjadinya interaksi antara energi dan materi. Pada AAS terjadi penyerapan energi oleh atom sehingga atom mengalami transisi elektronik dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Dalam metode ini, analisa didasarkan pada pengukuran intensitas sinar yang diserap oleh atom sehingga terjadi eksitasi. Untuk dapat terjadinya proses absorpsi atom diperlukan sumber radiasi *monokromatik* dan alat untuk menguapkan sampel sehingga diperoleh atom dalam keadaan dasar dari unsur yang diinginkan. AAS memiliki komponen-komponen sebagai berikut (Slavin, 1978).

a. Sumber Sinar

Merupakan sistem emisi yang diperlukan untuk menghasilkan sinar yang energinya akan diserap oleh atom bebas. Sumber radiasi haruslah bersifat sumber yang kontinyu. Seperangkat sumber yang dapat memberikan garis emisi yang tajam dari suatu unsur yang spesifik tertentu dengan menggunakan lampu pijar *Hollow cathode*. *Hollow Cathode Lamp* terdiri dari katoda cekung yang silindris yang terbuat dari unsur yang sama dengan yang akan dianalisis dan anoda yang terbuat dari tungsten. Dengan pemberian tegangan pada arus tertentu, logam mulai memijar dan atom-atom logam katodanya akan teruapkan dengan pemercikan.

b. Sistem pengatoman

Merupakan bagian yang penting karena pada tempat ini senyawa akan dianalisa. Pada sistem pengatoman, unsur-unsur yang akan dianalisa diubah bentuknya dari bentuk ion menjadi bentuk atom bebas. Ada beberapa jenis sistem pengatoman yang lazim digunakan pada setiap alat AAS, antara lain : (1) Sistem pengatoman dengan nyala api. (2) Sistem pengatoman dengan tungku grafit. (3) Sistem pengatoman dengan pembentukan hidrida. (4) Sistem pengatoman dengan uap dingin

c. Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh *Hollow Cathode Lamp*.

d. Detektor

Fungsi detektor adalah mengubah energi sinar menjadi energi listrik, dimana energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk mendapatkan data. Detektor AAS tergantung pada jenis monokromatornya, jika monokromatornya sederhana yang biasa dipakai untuk analisa alkali, detektor yang digunakan adalah *barrier layer cell*. Tetapi pada umumnya yang digunakan adalah *detector photo multiplier tube*. Metode AAS sangat tepat untuk analisa zat pada konsentrasi rendah. Logam-logam yang membentuk campuran kompleks dapat dianalisa dan selain itu tidak selalu diperlukan sumber energi yang besar. Sensitivitas dan batas deteksi merupakan

parameter yang sering digunakan dalam AAS. Keduanya dapat bervariasi dengan perubahan temperatur nyala, dan lebar pita spectra.





3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga April 2018 di *Greenhouse* Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (BALITTAS) Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang. Analisis logam timbal (Pb) yang dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 macam, yakni alat dan bahan yang digunakan di lapangan dan alat bahan yang digunakan di Laboratorium.

1. Di lapangan

Alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah cangkul, polibag, meteran jahit, timbangan digital, gelas ukur, gelas plastik, ember, pipa plastik, papan alfboard. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah bahan pencemar berupa logam timbal (Pb) dalam bentuk larutan $(NO_3)_2$, bibit rami sebagai tanaman fitoremediator, tanah untuk media tanam sebanyak 20 kg, Decis dan Furadan sebagai pengendali OPT serta aquades sebagai pelarut bahan pencemar .

2. Di laboratorium

Alat dan bahan yang diperlukan di laboratorium adalah timbangan digital, spatula, botol timbangan, kertas saring, corong, labu *Erlenmeyer* 25 ml, gelas ukur, pipet skala, wadah plastik, alat Spektrofotometer Serapan Atom, sampel tanaman rami, asam nitrat (HNO_3), perklorat ($HClO_4$), dan aquades.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada percobaan dalam pot yang dilakukan di *greenhouse* dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) Perlakuan terdiri dari 6 perlakuan dan 4 kali ulangan sehingga didapat 24 unit sampel penelitian. Adapun 6 konsentrasi perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut :

Tabel 4. Perlakuan Konsentrasi Timbal

NO	Kode	Perlakuan
1	P0	Tanpa perlakuan timbal
2	P1	Timbal dengan konsentrasi 20 ppm
3	P2	Timbal dengan konsentrasi 40 ppm
4	P3	Timbal dengan konsentrasi 60 ppm
5	P4	Timbal dengan konsentrasi 80 ppm
6	P5	Timbal dengan konsentrasi 100 ppm

Tabel di atas menunjukkan beberapa dosis perlakuan yang diaplikasikan dalam penelitian. Penentuan beberapa dosis perlakuan didasarkan pada kriteria ambang batas normal dan batas kritis timbal yang ada di dalam tanah dan tanaman menurut Kementerian Kependudukan dan Lingkungan Indonesia (1992) dan Alloway dan Ayres (1997). Pada literatur tersebut menunjukkan bahwa untuk logam berat timbal pada ambang batas kritis pada tanah adalah 100 ppm sedangkan untuk tanaman adalah 50 ppm. Kriteria ambang batas normal kontaminan logam berat timbal diambil dari literatur Balai Penelitian Tanah (2009) pada tanah memiliki batas normal dengan kisaran 2 – 300 ppm dan untuk tanaman pada batas normal kisaran 0,2 – 20 ppm.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan melalui beberapa hal, yakni :

3.4.1 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 20 kg : 400 g. Tanah yang digunakan sebagai media tanam diambil di Desa Ngijo Kecamatan Karangploso Kabupaten Malang. Tanah yang digunakan di ambil pada bagian *Top Soil* (yakni pada kedalaman 0 – 20 cm). Tanah kemudian dikeringanginkan selama 3 hari dan dimasukkan ke dalam polibag.

3.4.2 Penanaman Tanaman Rami

Sebelum dilakukan penanaman tanaman rami terlebih dahulu dilakukan persiapan media tanam dengan mencampurkan tanah dan pupuk kandang. Kemudian penanaman rami dalam bentuk rhizome yang diperoleh dari BALITTAS. Penanaman bibit dilakukan sebanyak 1 bibit polibag⁻¹ berukuran 7 – 8 cm. Bibit

tanaman rami ditanam pada kedalaman 5 – 6 cm dengan membentuk sudut 45 derajat dan mata tunasnya di hadapkan ke atas agar pertumbuhan lebih cepat (Santoso, dkk., 2008).



Gambar 5. *Rhizome* Tanaman Rami

3.4.3 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan dilakukan setiap hari dengan tujuan untuk memberikan kondisi yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Adapun kegiatan pemeliharaan adalah penyiraman yang dilakukan setiap hari sekali yaitu pagi hari. Kemudian penyiangan yang dilakukan secara manual ketika banyak gulma disekitar tanaman dan dalam polibag. Pemupukan dilakukan pada saat awal tanam sebagai *starter* yaitu dengan pupuk anorganik berupa urea dan phonska. Pengendalian hama pada tanaman rami yang dilakukan secara mekanis dengan mengambil hama yang ada di dalam tanah dan kimiawi dengan memberikan furadan dan decis.

3.4.4 Analisis Tanah Dasar

Analisis tanah dasar dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya pH dan kandungan logam berat sebelum dilakukan perlakuan. Diketahui bahwa pH tanah awal termasuk dalam kategori tanah yang agak masam. Selain analisis awal pH, juga dilakukan analisis logam berat Pb pada tanah. Dari hasil analisis logam berat Pb pada tanah tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi logam Pb di dalam tanah termasuk dalam kategori di bawah ambang batas. Namun kedua hal tersebut memiliki korelasi yang berkaitan.

3.4.5 Aplikasi Bahan Pencemar

Pembuatan logam Pb dilakukan di laboratorium Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (BALITTAS). Sebelumnya dilakukan penimbangan Pb dalam bentuk $Pb(NO_3)_2$. Penimbangan dilakukan sesuai dengan masing-masing konsentrasi perlakuan yakni 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm, 100 ppm. Kemudian dimasukkan ke dalam plastik klip untuk dilarutkan dengan aquades sebanyak 1 liter dan dikocok. Setelah larutan tercampur kemudian langsung di aplikasikan ke tanaman rami pada masing-masing perlakuan dan ulangan. Aplikasi bahan pencemar timbal dilakukan pada saat tanaman berumur 50 HST yaitu pada masa vegetatif tanaman atau pada saat bunga belum muncul.

3.4.6 Analisis Akhir

Analisis akhir dilakukan pada saat setelah pemanenan. Analisis laboratorium pada saat pemanenan tanaman rami yaitu ketika tanaman sudah berumur 3 bulan. Uji logam berat dengan AAS sesuai SNI. Uji Pb mengacu SNI 06-6989.8-2004. Sampel tanah dan tanaman dianalisis di laboratorium untuk diketahui besarnya kandungan logam timbal yang terdapat pada sampel tanah dan tanaman tersebut. Analisis laboratorium dilakukan pada masing-masing sampel yakni sampel tanah dan tanaman sebagai berikut:

3.4.7.1 Analisis Sampel Tanah

Sampel tanah yang akan dianalisis diambil dengan menggunakan pipa berukuran panjang 25 cm dengan diameter kurang lebih 3,5 cm. Kemudian pipa di tancapkan ke dalam polibag hingga kedalaman 20 cm dan di cabut kembali hingga ke atas permukaan. Kemudian sampel dikeluarkan dari pipa dan di masukkan ke dalam plastik klip untuk di bawa ke laboratorium. Pengambilan sampel dilakukan pada 24 polibag pengamatan.

3.4.7.2 Analisis Sampel Tanaman

Sampel tanaman yang akan dianalisis berupa akar dan bagian tajuk tanaman. Pengambilan sampel tanaman dilakukan secara destruktif. Pada ke 24 sampel penelitian yang akan dianalisis, sebelum dibawa ke laboratorium bagian tanaman antara akar dan tajuk tanaman rami di pisahkan terlebih dahulu pada wadah yang

berbeda. Setelah dipanen sampel tanaman di bersihkan terlebih dahulu, kemudian di potong pada bagian tajuk dan bagian akarnya. Sampel tanaman kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan analisis kadar timbal pada masing-masing bagian tanaman.

3.5 Indeks Bioremediasi dan Faktor Transfer

Perhitungan Indeks Bioremediasi (IBR) yang merupakan tingkat penurunan konsentrasi timbal (Pb) pada media tanam dilakukan berdasarkan data hasil perlakuan. Tingkat penurunan konsentrasi logam berat (%) diperoleh dengan membandingkan selisih konsentrasi awal dan akhir dengan konsentrasi awal kemudian dikalikan 100% (Tommy dan Palapa, 2009).

$$IBR = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi akhir}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Faktor transfer dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tanaman mentranslokasikan logam berat dalam akar ke seluruh bagian tanaman (Mellem, Baijnath dan Odhav, 2012). Nilai faktor tranfer dihitung dengan menggunakan rumus.

$$FT = \frac{\text{Logam berat pada daun}}{\text{Logam berat pada akar}}$$

Faktor translokasi dapat membedakan bahwa mekanisme tanaman tersebut dalam melakukan akumulasi adalah fitostabilisasi dan fitoekstraksi. Apabila nilai TF < 1 maka tanaman tersebut masuk kedalam fitostabilisasi. Sedangkan jika nilai TF > 1 maka tanaman tersebut merupakan tanaman hiperakumulator dan masuk ke dalam mekanisme fitoekstraksi (Handayanto dkk.,2017).

3.5 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan dalam penelitian ini adalah dilihat dari kondisi fisik tanaman, yang dilakukan setiap satu kali dalam satu minggu. Indikator yang diamati yakni tinggi tanaman, jumlah daun dan kadar logam berat baik yang terdapat pada tanah maupun tanaman.

3.5.1 Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan pada tanaman rami dengan menggunakan meteran (cm). Pengukuran dilakukan mulai dari bagian pangkal batang tanaman yang tumbuh di permukaan sampai dengan titik tertinggi batang dan diukur setiap satu kali dalam satu minggu selama penelitian yaitu dimulai pada 14 hari setelah tanam hingga panen. Pengukuran yang dilakukan menggunakan metode non destruktif.

3.5.2 Jumlah Daun

Perhitungan jumlah daun dilakukan setiap satu kali dalam satu minggu selama penelitian yaitu dimulai pada 14 hari setelah tanam hingga panen. Daun yang dihitung adalah daun yang membuka sempurna karena diduga sudah aktif melakukan proses metabolisme. Pengamatan jumlah daun dilakukan perhitungan secara manual. Pengukuran jumlah daun dilakukan dengan menggunakan metode non destruktif.

3.5.3 Kandungan Pb pada Tanah

Pengukuran konsentrasi timbal pada tanah dilakukan diakhir panen. Hal yang dilakukan yakni pengambilan sampel tanah dengan cara menancapkan pipa di tanah sampai ke dasar polibag hingga tanah masuk ke dalam lubang pipa lalu pipa ditarik keluar. Tanah tersebut selanjutnya dikeluarkan dari pipa dan dimasukkan ke dalam plastik. Hal ini dilakukan pada 24 unit percobaan di dalam polibag. Selanjutnya semua sampel tanah yang akan dianalisis ke laboratorium untuk dianalisa kandungan logam berat timbal (Pb) dengan menggunakan AAS.

3.5.4 Kandungan Pb pada Tanaman

Pada akhir panen juga dilakukan analisis kadar timbal pada tanaman dengan menggunakan metode AAS, dengan mengambil bagian tajuk dan akar tanaman. Pemanenan dilakukan dengan mengambil seluruh bagian tanaman, dicuci dan

ditiriskan, kemudian sampel daun dan akar dianalisis ke laboratorium untuk dianalisa kandungan logam berat timbal (Pb) dengan menggunakan AAS.

Tabel 5. Variabel Pengamatan

Objek	Parameter	Metode	Waktu Pengamatan
Tanah	Pb	AAS	0 HST dan 84 HST
	pH H ₂ O	Gravimetri	0 HST dan 84 HST
Tanaman	Tinggi tanaman	Non destruktif	14 HST, 28 HST, 42 HST, 56 HST, 70 HST, 84 HST.
	Jumlah tanaman	Non destruktif	14 HST, 28 HST, 42 HST, 56 HST, 70 HST, 84 HST.
	Pb	AAS	84 HST

3.6 Analisis Data

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, akan didapatkan data primer berupa besarnya kadar Pb pada tanah dan tanaman. Dari hasil pengujian tersebut akan dilakukan analisis ragam (ANOVA). Data diolah dengan menggunakan aplikasi GENSTAT. Apabila hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan antar perlakuan maka dilanjutkan dengan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Ring Test*) pada taraf signifikan 5% kemudian dilanjutkan dengan uji korelasi antar parameter dengan menggunakan *Microsoft excel 2013*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Dasar Penelitian

Analisis dasar merupakan analisis awal yang dilakukan untuk mengetahui nilai pH dan kadar logam berat sebelum dilakukan *treatment*. Adapun parameter yang digunakan dalam analisis awal disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Analisis Dasar

Objek	Nilai	Kriteria *
Pb Tanah Awal	1,99 ppm	Batas normal
Pb Tanah setelah Pemupukan	9,91 ppm	Batas normal
pH	5,80	Agak masam

Keterangan: * kriteria menurut Balitanah (2009)

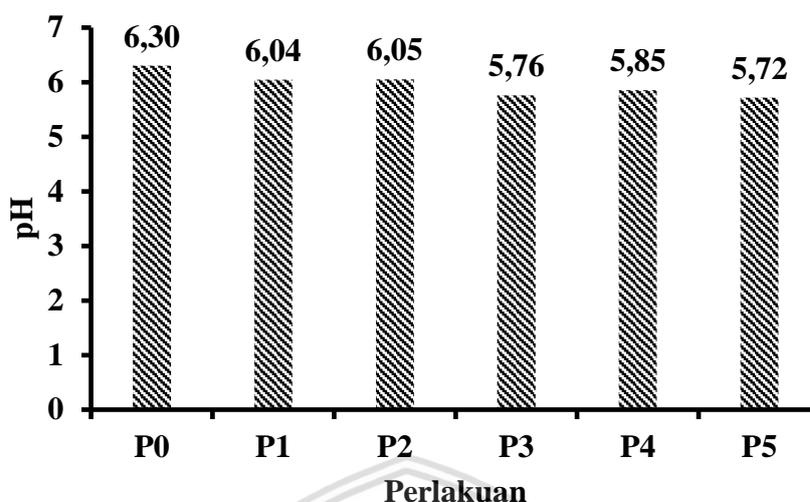
Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa tanah yang digunakan sebagai media tumbuh tanaman rami telah mengandung logam berat sebesar 1,99 ppm, meskipun termasuk dalam kategori di bawah ambang batas kritis. Hal tersebut diduga karena tanah yang digunakan di ambil dekat dengan aliran sungai di Karangploso – Malang, sehingga Pb yang terkandung berasal dari aliran sungai tersebut. Hal ini didukung dengan pernyataan Mukhtasor (2002); Sarong dkk., (2015) dalam Rizkiana, (2017) timbal menjadi salah satu logam berat yang bersifat tahan lama dalam badan air sebelum akhirnya mengendap atau terabsorpsi oleh adanya reaksi fisik dan kimia pertanian. Selain itu juga daerah tersebut dekat dengan areal pertanian hal tersebut berpotensi akibat dari kegiatan pertanian seperti pemupukan. Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian Alloway (1995) dalam Putri dkk., (2015) bahwa Pb dihasilkan dari limbah domestik yang berasal dari pemupukan seperti fosfat dan nitrat yang mengandung Pb sebesar 7 - 225 ppm dan 2-27 ppm.

Sumber pencemaran logam berat timbal berasal dari bererbagai kegiatan atau aktivitas manusia. Pada kegiatan pertanian Pb banyak ditemukan dari aktivitas pemupukan. Selain itu, pencemaran logam berat juga banyak ditemukan dalam badan air dan perairan seperti sedimen. Kontaminasi logam berat pada ekosistem perairan secara intensif berasal dari limbah domestik, industri dan aktivitas manusia lainnya (B. Putri, Mursid R., Nikie AYD, 2016). Serta didukung oleh penelitian Wati, C.C., S. Prijono, Z. Kusuma (2015) yang menyatakan bahwa emisi gas sisa

dalam bentuk logam berat timbal mayoritas banyak berasal dari polusi kendaraan bermotor. Pb dihasilkan oleh kendaraan bermotor umumnya sebesar 0,02 – 0,05 μm , yang semakin kecil ukuran Pb, semakin lama waktu Pb menggantung di udara. Penelitian ini sampel tanah yang digunakan diambil pada lahan pertanian yang juga tidak jauh dari jalan raya, sehingga sumber kandungan Pb yang ada pada sampel tanah yang diambil berasal dari polutan akibat kendaraan bermotor.

4.2 Pengaruh pH Tanah Terhadap Beberapa Konsentrasi Pb

Dari hasil pengukuran nilai pH tanah setelah aplikasi bahan pencemar berupa larutan Pb disajikan pada Gambar 5. Nilai pH pada keseluruhan perlakuan termasuk dalam kategori agak masam yakni memiliki nilai lebih dari 5,5 dan kurang dari 6,5. Pada Gambar 5 yang menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi logam berat Pb yang diaplikasikan pada tanah maka, pH tanah semakin rendah. Sehingga tanah yang mengandung logam berat khususnya timbal (Pb) tanahnya termasuk tanah masam yang kurang baik untuk pertumbuhan tanaman secara umum. Menurut Hardiani (2009) menyatakan bahwa ion-ion unsur hara yang ada di dalam tanah yang diserap oleh tanaman juga menunjukkan adanya unsur-unsur yang bersifat racun bagi tanaman sehingga untuk membantu mempermudah penyerapan ion-ion yang penting yang dibutuhkan oleh tanaman sangat penting pula untuk mengetahui kondisi atau nilai pH yang ada di dalam tanah.



Gambar 6. Nilai pH Tanah Akhir; P0 adalah aplikasi Pb dengan dosis 0 ppm, P1 adalah dosis Pb 20 ppm, P2 adalah dosis Pb 40 ppm, P3 adalah dosis Pb 60 ppm, P4 adalah dosis Pb 80 ppm, dan P5 adalah dosis Pb 100 ppm.

Dari gambar tersebut dapat diketahui perbedaan nilai pH pada masing-masing konsentrasi Pb. Pada analisis pH yang diperoleh hasil yaitu pada perlakuan kontrol memiliki nilai pH paling tinggi diantara perlakuan yang lainnya yakni 6,3 yang termasuk kategori agak masam. Sedangkan nilai pH terendah yakni 5,72 pada P5 dengan konsentrasi bahan pencemar timbal sebesar 100 ppm. Hal tersebut sesuai dengan studi literatur yang dijelaskan oleh Abror, Sabrina dan Hidayat (2013), bahwa nilai pH dengan ketersediaan logam berat Pb yang ada di dalam tanah berbanding terbalik, dimana peningkatan pH diikuti oleh penurunan kandungan logam berat Pb yang ada di dalam tanah.

4.3 Kadar Logam Timbal (Pb) di Dalam Tanah

Hasil analisis kadar Pb pada tanah awal adalah sebesar 1,99 ppm, setelah dilakukan aplikasi larutan Pb kandungan logam berat di dalam tanah semakin meningkat. Berdasarkan hasil analisis laboratorium kadar logam tanah disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kandungan Timbal (Pb) dalam Tanah

Perlakuan	Kadar Tanah Awal (ppm)	Kadar Tanah Akhir (ppm)	IBR (%)
P0	9,91	8,62 ^a	13,02
P1	29,91	7,87 ^a	73,69
P2	49,91	17,38 ^c	65,18
P3	69,91	13,19 ^b	81,13
P4	89,91	11,88 ^b	86,79
P5	109,91	17,48 ^c	84,10

Keterangan: Bilangan pada kolom yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji DMRT dengan taraf 5%. Hari Setelah Tanam (HST) pada P0 adalah aplikasi Pb dengan dosis 0 ppm, P1 adalah dosis Pb 20 ppm, P2 adalah dosis Pb 40 ppm, P3 adalah dosis Pb 60 ppm, P4 adalah dosis Pb 80 ppm, dan P5 adalah dosis Pb 100 ppm.

Kandungan Pb dalam media tanah yang digunakan pada pertumbuhan tanaman rami sebelum diberikan perlakuan larutan Pb adalah sebesar 1,99 ppm. Pemberian larutan Pb ke dalam tanah menyebabkan kandungan Pb semakin meningkat. Namun karena penyerapan tanaman rami berlangsung secara cepat sehingga dengan cepat tanaman rami mampu menyerap logam berat timbal yang ada di dalam media tanah tersebut. Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi larutan Pb pada masing-masing perlakuan berbeda nyata. Kemudian dilanjutkan dengan uji DMRT dengan taraf 5%. Kadar timbal yang tersisa di dalam media tanah pada perlakuan P2 dan P5 lebih tinggi dari pada perlakuan yang lainnya yaitu 17,38 ppm dan 17,48 ppm, sedangkan kadar timbal yang paling sedikit terdapat pada P0 dan P1 yang ditunjukkan dengan notasi yang sama dari hasil analisis uji lanjut. Pada P3 dan P4 memiliki notasi yang sama dengan nilai kadar Pb masing-masing 13,19 ppm dan 11,88 ppm. Hal tersebut diduga bahwa sebelum di berikan bahan pencemar sebagai *treatment*, pada P2 telah mengandung Pb lebih besar, sehingga ketika diberi bahan pencemar kadarnya bisa mencapai sama dengan atau lebih dari pada P5 dengan konsentrasi 100 ppm Pb.

Indeks Bioremediasi (IBR) merupakan perhitungan tingkat penurunan konsentrasi timbal (Pb) pada media tanam dilakukan berdasarkan data hasil perlakuan Pb. Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel menunjukkan bahwa tingkat penurunan kandungan Pb tertinggi pada P4 dan P5 dengan konsentrasi awal 89,91 ppm dan 109,91 ppm serta konsentrasi akhir 11,88 ppm dan 17,48 ppm, diperoleh persentase Indeks Bioremediasi yakni 86,79% dan 84,10%. Hal tersebut

menunjukkan bahwa tanaman rami mampu dan efektif menurunkan kadar Pb > 50%. Hasil ini menunjukkan bahwa tanaman rami mampu menyerap logam berat. Perhitungan laju penyerapan menunjukkan bahwa jenis logam tersebut mempengaruhi penyerapan logam tertentu pada tanaman dalam proses fitoemidiasi. Apabila dibandingkan dengan logam berat Cd (Cadmium), logam berat Pb memiliki laju penyerapan paling tinggi ketika dalam keadaan tunggal (Siswoyo dkk., 2009). Penelitian ini menunjukkan bahwa logam berat yang digunakan sebagai bahan pencemar yakni $Pb(NO_3)_2$ atau Pb (II) Nitrat yang merupakan senyawa logam berat yang terdiri dari dua unsur yang bergabung secara reaksi kimia.

4.4 Kadar Logam Timbal (Pb) pada Tanaman

Kadar logam yang terdapat di dalam tanah akan berpengaruh pada kandungan logam yang terdapat pada tajuk tanaman rami. Berdasarkan hasil analisis laboratorium berupa akumulasi logam berat Pb pada tajuk dan akar tanaman rami serta nilai faktor translokasi tanaman rami disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Analisis Kandungan Pb pada Tanaman Rami

Perlakuan	Pb pada Tajuk	Pb pada Akar	FT
P0	3,25 ^a	8,34 ^b	0,39
P1	3,46 ^a	5,47 ^a	0,63
P2	3,20 ^a	7,72 ^b	0,41
P3	3,16 ^a	15,53 ^d	0,20
P4	4,55 ^b	13,02 ^c	0,35
P5	5,30 ^b	8,86 ^b	0,60

Keterangan: Bilangan pada kolom yang diikuti dengan huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada uji DMRT dengan taraf 5%. Hari Setelah Tanam (HST) pada P0 adalah aplikasi Pb dengan dosis 0 ppm, P1 adalah dosis Pb 20 ppm, P2 adalah dosis Pb 40 ppm, P3 adalah dosis Pb 60 ppm, P4 adalah dosis Pb 80 ppm, dan P5 adalah dosis Pb 100 ppm.

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) ($P < 0,05$) terdapat pengaruh yang nyata antara kadar logam pada bagian tajuk dan akar tanaman rami, kemudian dilanjutkan dengan uji DMRT dengan taraf 5% sehingga diperoleh perbedaan antar perlakuan yang disajikan pada Tabel 8. Kadar logam yang terdapat pada tajuk dan akar tanaman rami pada masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa akumulasi logam yang lebih tinggi terdapat pada Akar. Nilai tersebut di peroleh dari perhitungan hasil analisis statistik. Kadar logam pada tajuk terdapat nilai paling tinggi pada P4 dan P5 yakni masing-masing 4,55 ppm dan 5,30 ppm yang

ditunjukkan dengan notasi yang sama, sedangkan pada P0, P1, P2, dan P3 memiliki nilai kadar Pb masing-masing 3,25 ppm, 3,46 ppm, 3,20 ppm, dan 3,16 ppm yang ditunjukkan dengan notasi yang sama. Hal tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi dari masing-masing perlakuan memiliki perbedaan antar konsentrasi yang diberikan.

Kadar logam Pb yang tersisa pada bagian akar yakni memiliki persentase lebih besar pada masing-masing perlakuan, kadar tertinggi terdapat pada P3 dengan nilai sebesar 15,53 ppm, sedangkan untuk kadar paling rendah terdapat pada P1 yakni sebesar 5,47 ppm keduanya ditunjukkan dengan notasi yang berbeda, karena pada perlakuan tersebut menunjukkan perbedaan kadar yang memiliki *range* cukup jauh. Hal ini dalam mekanisme fitoremediasi tanaman rami termasuk fitofiltrasi atau rhizofiltrasi. Menurut Favas dkk., (2014) bahwa rhizofiltrasi merupakan salah satu mekanisme fitoremediasi dimana penyerapan kontaminasi logam berat yang memiliki konsentrasi paling banyak pada akar dibandingkan organ tanaman yang lain.

Faktor translokasi dapat membedakan bahwa mekanisme tanaman tersebut dalam melakukan akumulasi adalah fitostabilisasi dan fitoekstraksi. Kadar Pb tertinggi pada tajuk yakni pada P5 dengan konsentrasi perlakuan sebanyak 100 ppm adalah sebesar 5,30 ppm dengan kadar pada akar lebih sedikit dibandingkan dengan P3 dan P4. Hal tersebut menunjukkan bahwa kadar logam yang terdapat di akar telah di translokasikan pada bagian tajuk sehingga kadar di akar pada saat itu menjadi berkurang. Sedangkan pada bagian akar kadar Pb tertinggi pada P3 dengan konsentrasi perlakuan sebanyak 60 ppm adalah sebesar 15,53 ppm. Nilai FT pada P3 dan P5 adalah 0,20 dan 0,60.

Namun nilai FT tertinggi pada P2 yakni 0,63. Hal tersebut karena kadar Pb yang ada di akar dengan yang di tajuk memiliki range yang tidak terlalu jauh yakni 5,47 ppm Pb yang ada di akar kemudian di transfer ke bagian tajuk sebanyak 3,46 ppm. Pada nilai FT terendah di P3 yakni 0,20 dikarenakan kadar Pb pada akar dengan yang di translokasikan ke bagian tajuk memiliki range yang sangat jauh, yakni 15,53 ppm kadar pb pada akar kemudian di translokasikan ke bagian tajuk sebesar 3,16 ppm. Nilai Faktor Translokasi pada masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa lebih kecil daripada 1 (<1). Sehingga tanaman rami merupakan tanaman

yang toleran dan mampu menyerap logam berat Pb, tetapi bukan termasuk tanaman hiperakumulator (Handayanto dkk., 2017).

4.5 Pengaruh Pb Terhadap Pertumbuhan Tanaman Rami

Pertumbuhan tanaman rami yang di pengaruhi oleh pencemaran timbal dapat dilihat pada kondisi fisiologi tanaman yaitu tinggi tanaman dan jumlah daun. Kedua parameter tersebut sangat berpengaruh terhadap penyerapan logam berat terutama Pb (timbal). Karena sebagian besar tanaman menyerap logam berat melalui akar dan akan di translokasikan kebagian lain seperti batang dan daun.

4.4.1 Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan salah satu indikator pengamatan untuk melihat pertumbuhan tanaman rami akibat perlakuan *treatment* dalam suatu penelitian. Berdasarkan hasil pengamatan pada 14 HST, 28 HST, 42 HST, 56 HST, 70 HST, 84 HST menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi tanaman semakin meningkat pada setiap pengamatan. Pertumbuhan tinggi tanaman rami akibat dari aplikasi logam berat timbal juga di pengaruhi oleh konsentrasi bahan pencemar yang diaplikasikan. Hasil analisis ragam (ANOVA) ($P < 0,05$) pertumbuhan tinggi tanaman rami dapat disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Tinggi Tanaman Rami

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)					
	14 HST	28 HST	42 HST	56 HST	70 HST	84 HST
P0	19,75	45,56	83,06	104,19	116,50	120,9
P1	15,06	50,25	75,12	98,06	115,80	124,8
P2	14,69	60,19	80,25	94,81	105,80	110,00
P3	17,62	60,06	79,88	97,25	107,20	105,5
P4	12,88	47,19	71,50	88,75	100,80	112,2
P5	9,94	43,30	66,60	93,06	107,80	115,2

Keterangan : Hari Setelah Tanam (HST) pada P0 adalah aplikasi Pb dengan dosis 0 ppm, P1 adalah dosis Pb ppm, P2 adalah dosis Pb 40 ppm, P3 adalah dosis Pb 60 ppm, P4 adalah dosis Pb 80 ppm, dan P5 adalah dosis Pb 100 ppm.

Berdasarkan pada tabel analisis ragam diatas menunjukkan bahwa pada perlakuan P0 (kontrol) memiliki nilai paling tinggi daripada perlakuan yang lainnya. Hal tersebut disebabkan karena tidak ada perlakuan Pb pada perlakuan P0 (kontrol) sehingga pertumbuhan tanaman rami tumbuh dengan normal. Diketahui bahwa pada data yang disajikan di Tabel 9 menunjukkan pertumbuhan tinggi

tanaman rami tidak berpengaruh nyata pada setiap perlakuan pencemaran logam berat timbal yang diaplikasikan. Namun, dilihat dari hasil analisis ragam tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan logam Pb dalam tanah, penambahan tinggi tanaman rami semakin rendah. Hal tersebut menjadi indikator bahwa pencemaran logam berat mengganggu proses metabolisme pertumbuhan tanaman rami.

4.4.2 Jumlah Daun

Selain tinggi tanaman, jumlah daun juga sangat menentukan optimal atau tidaknya suatu pertumbuhan tanaman, sehingga tidak menutup kemungkinan bahwa jumlah daun juga berpengaruh terhadap produksi tanaman rami. Hasil pengamatan yang dilakukan pada setiap minggunya rata-rata terjadi penurunan setiap perlakuan. Pengamatan atau perhitungan jumlah daun dilakukan sesuai kriteria bahwa daun tersebut dihitung satu ketika bentuk morfologi daun sudah mampu melakukan fotosintesis. Artinya, seluruh permukaan daun telah membuka sempurna, serta tidak terdapat kondisi fisik yang rusak/cacat. Hasil analisis jumlah daun tanaman rami disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Jumlah Daun Tanaman Rami

Perlakuan	Jumlah daun					
	14 HST	28 HST	42 HST	56 HST	70 HST	84 HST
P0	12	22	71	86	100	86
P1	11	20	52	66	77	62
P2	12	24	68	70	88	82
P3	14	25	54	69	73	75
P4	10	22	64	79	82	86
P5	10	17	56	77	77	77

Keterangan : Hari Setelah Tanam (HST) pada P0 adalah aplikasi Pb dengan dosis 0 ppm, P1 adalah dosis Pb 20 ppm, P2 adalah dosis Pb 40 ppm, P3 adalah dosis Pb 60 ppm, P4 adalah dosis Pb 80 ppm, dan P5 adalah dosis Pb 100 ppm.

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa aplikasi bahan pencemar larutan timbal juga tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman rami pada setiap pengamatan yang dilakukan. Selain tinggi tanaman, rata-rata jumlah daun tertinggi yaitu pada perlakuan P0 dengan dosis Pb 0 ppm (kontrol) yakni hingga mencapai 100 helai pada pengamatan 70 HST. Namun, pada pengamatan terakhir atau pada 84 HST terjadi penurunan. Hal tersebut karena sifat

fisiologis tanaman rami yang mengugurkan daunnya pada masa penuaan atau setelah berakhirnya masa vegetatif tanaman. Menurut Balittas (2012) menyatakan bahwa tanaman rami mulai berbunga pada umur 20 – 30 hari.



Gambar 7. Bentuk Morfologi daun Tanaman Rami

4.6 Hubungan Antar Parameter Kadar Pb

Kadar Pb yang terdapat di dalam tanah dan tanaman memiliki berbagai korelasi terhadap morfologi tanaman rami dan pH tanah. Hal tersebut ditunjukkan pada tabel korelasi di bawah ini (Tabel 11).

Tabel 11. Korelasi Antar Parameter Pengamatan

Parameter	pH	Pb Akar	Pb Tajuk	Pb Tanah	Tinggi tanaman	Jumlah daun
pH	1					
Pb Akar	-0,56526	1				
Pb Tajuk	-0,60086	0,052004	1			
Pb Tanah	-0,55469	0,166777	0,395368	1		
Tinggi tanaman	0,782423	-0,3741	-0,85218	-0,58413	1	
Jumlah daun	0,591124	0,066927	-0,18167	-0,06313	0,197015	1

Tabel di atas menunjukkan hubungan antara Parameter pH tanah, Pb pada akar dan tajuk tanaman, Pb dalam tanah, serta tinggi tanaman dan jumlah daun. pH tanah dengan kadar Pb baik pada akar dan tajuk tanaman rami maupun kadar Pb di dalam tanah memiliki korelasi negatif dengan nilai berturut-turut -0,56526, - 0,60086 dan 0,55469. Hal tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara pH tanah dengan kadar logam berat Pb berbanding terbalik. Meningkatnya nilai pH di dalam tanah diikuti dengan penurunan kadar logam Pb. Artinya semakin tinggi nilai pH, kadar logam Pb akan semakin rendah. Sedangkan hubungan pH dengan sifat morfologi tanaman rami yang meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun memiliki korelasi

positif, dengan nilai korelasi tinggi tanaman dan jumlah daun berturut-turut adalah 0,782423 dan 0,591124. Nilai korelasi sifat morfologi tanaman rami tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara pH tanah dengan tinggi tanaman dan jumlah daun berhubungan nyata, hal tersebut didasarkan pada kriteria Sugiyono (2017).

Kadar Pb pada akar memiliki korelasi positif dengan Pb pada tajuk dan Pb yang terdapat di dalam tanah. Kedua parameter tersebut memiliki nilai korelasi berturut-turut 0,052004 dan 0,166777. korelasi kedua parameter tersebut yakni kenaikan kadar Pb pada akar diikuti oleh kenaikan Pb pada tajuk tanaman dan Kadar Pb dalam tanah. Sedangkan untuk kadar Pb baik yang terdapat pada akar, tajuk maupun tanah memiliki korelasi negatif terhadap sifat morfologi tanaman rami, kedua sifat morfologi tersebut yakni tinggi tanaman dan jumlah daun. Semakin meningkatnya kadar Pb akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun.

4.7 Pembahasan Umum

Tanaman rami (*Boemeria nivea*) menjadi salah satu tanaman fitoremediator logam berat timbal. Karena tanaman rami mampu bertahan hidup pada kondisi tanah yang mengandung logam berat diatas ambang batas kritis tanah. Enam dosis perlakuan yang di aplikasikan sebagai larutan pencemar pada tanaman rami diantaranya yakni 20 ppm, 40 ppm, 60 ppm, 80 ppm, 100 ppm serta perlakuan kontrol (0 ppm). Seperti pada penelitian sebelumnya oleh Mubarak dkk., (2016) bahwa tanaman rami mampu mengakumulasi logam berat Arsenik sebesar 20 mg.L⁻¹ larutan As. Serta penelitian yang dilakukan oleh Zhu dkk., (2013) bahwa tanaman rami mampu bertahan hidup pada tanah yang tercemar logam berat Cd hingga dosis 100 ppm, meskipun pertumbuhan pada dosis tertinggi produksinya mulai menurun.

4.7.1 Analisis Dasar

Perlakuan masing-masing dosis yang diberikan memberikan pengaruh yang berbeda nyata pada uji ANOVA ($P < 0,05$). Pada perlakuan P0 (kontrol) mengandung timbal sebesar 8,62 ppm. Meskipun tidak diberikan pencemar buatan, tetapi berdasarkan analisa yang dilakukan diketahui bahwa tanah awal yang digunakan telah mengandung Pb sebesar 1,99 ppm. Selain itu juga, hal tersebut diduga karena sebelum di aplikasikan larutan timbal pada perlakuan kontrol juga

diberikan pupuk dasar berupa Urea dan Phonska, sehingga besar kemungkinan bahwa kandungan logam Pb tersebut berasal dari pupuk dasar yang diaplikasikan (Gambar 6 dan 7).



Gambar 8. Aplikasi Pupuk *Strater*



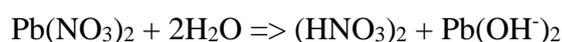
Gambar 9. Lokasi Pengambilan Sampel

Terkait dengan bahan pencemar yang di aplikasikan dalam bentuk $Pb(NO_3)_2$ atau timbal nitrat. Logam timbal pada pupuk anorganik NPK padat berikatan dengan unsur hara mikro seperti ion nitrat membentuk timbal nitrat yang menjadi indikator bahwa logam timbal yang terdapat di dalam tanah selalu terikat kuat pada bahan organik atau koloid yang masuk ke dalam tanah (Wiyantoko, Kurniawati, Purbaningias, 2017). Hal tersebut juga didukung oleh penelitian Benson (2014) yang menyatakan bahwa dalam pupuk urea terdapat kandungan Pb rata-rata sebesar 7,46 ppm

4.7.2 Pengaruh pH terhadap Kadar Logam Pb dalam Tanah

Selain itu juga pemberian bahan pencemar logam berat juga berpengaruh terhadap pH tanah. Menurut Wiyantoko dkk., (2017) yang menjelaskan bahwa, proses sirkulasi logam Pb dari tanah ke tanaman sangat tergantung pada komposisi dan pH tanah. Dari hasil analisis pH yang dilakukan, pH tanah pada perlakuan P0, P1, P2, P3, P4 dan P5 termasuk dalam kategori pH agak masam yaitu antara 5,50 – 6,50. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui uji korelasi bahwa parameter antara akumulasi logam berat Pb yang ada di dalam tanah dengan derajat kemasaman tanah berbanding terbalik. Pernyataan tersebut selaras dengan penjelasan Abror, dkk., (2013) bahwa nilai pH dengan ketersediaan logam berat Pb yang ada di dalam

tanah berbanding terbalik, dimana peningkatan pH diikuti oleh penurunan kandungan logam berat Pb yang ada di dalam tanah. Hal tersebut didukung dengan pernyataan Amalina, Zainus, dan Sudarno (2015) ketika dilakukan pemberian bahan pencemar yang mengandung logam berat, logam berat tersebut akan bereaksi dengan ion hidroksida sehingga membentuk padatan hidroksida berupa $Pb(OH)^-$. Reaksi kimia bahan pencemar yang digunakan sebagai berikut :



Reaksi tersebut menunjukkan bahwa Pb (II) nitrat yang di yang diencerkan dengan aquades akan menghasilkan asam kuat berupa $(HNO_3)_2$ dan basa lemah berupa $Pb(OH)_2$, sehingga reaksi tersebut bersifat asam. Reaksi tersebut terjadi ketika ion H^+ dilepaskan di dalam tanah sehingga menyebabkan pH tanah rendah.

4.7.3 Kadar Logam Berat Pb Pada Tanah

Perlakuan yang memiliki konsentrasi Pb paling tinggi di dalam tanah adalah pada perlakuan P2 dan P5 yaitu sebesar 17,38 ppm dan 17,48 ppm, keduanya memiliki selisih yang sangat sedikit yakni 0,10 ppm. Sedangkan untuk perlakuan yang memiliki konsentrasi paling rendah adalah pada perlakuan P1 yakni sebesar 7,87 ppm. Hal tersebut diduga karena kemampuan tanaman rami dalam mentoleransi pada konsentrasi toksik. Hal tersebut sesuai dengan Fitter (1982) dalam Nugrahanto dkk., (2014) terkait dengan mekanisme tanaman dalam menghadapi konsentrasi toksik yang pertama adalah penanggulangan untuk meminimumkan pengaruh toksik.

Empat pendekatan yang digunakan adalah: lokalisaasi yang biasanya terdapat pada akar, ekskresi melalui kelenjar pada tajuk (aktif), serta melalui akumulasi pada daun yang tua diikuti dengan penguguran daun, dan inaktivasi secara kimia. Selain itu, kemungkinan dipengaruhi oleh sifat dari bahan pencemar buatan yang digunakan. Pernyataan tersebut didukung oleh penelitian Hidayati (2013) terkait dengan sifat dari logam berat Pb yang mampu berikatan dengan mineral dan bahan-bahan organik tanah secara kuat sehingga tanaman sulit untuk menyerapnya melalui akar. Sekali Pb terserap oleh akar akan mudah mengadakan ikatan kompleks dengan nutrien di dalam tanaman sehingga membatasi kemampuan tanaman untuk

mentranslokasikan logam tersebut ke bagian tajuk sehingga logam Pb kebanyakan mengendap di dalam tanah.

4.7.4 Kadar Logam Berat Pb Pada Tanaman

Logam berat yang diremiasi menggunakan tanaman rami akan terakumulasi di dalam bagian organ tanaman yaitu akar dan tajuk. Dalam penelitian ini tanaman rami dikategorikan ke dalam mekanisme fitofiltrasi atau rhizofiltrasi. Menurut Parmar dkk., (2015) fitofiltrasi merupakan penyerapan logam berat oleh tanaman menggunakan akar tanaman dan beberapa organ tanaman lain untuk pencemaran di kawasan berair. Hal tersebut juga dapat dibuktikan dengan akumulasi logam Pb paling banyak terdapat pada akar. Menurut Nugrahanto, N.P, Bambang Y. dan Ria A (2014) bahwa sebagian besar penyerapan logam berat oleh beberapa tanaman fitoremediator mengakumulasi logam berat khususnya Pb terbanyak pada akar.

Besarnya akumulasi pada akar disebabkan oleh kemampuan logam Pb dalam menggantikan ion lain dari sisi pertukaran akar dan diikat kuat oleh akar. Tanaman rami merupakan tanaman yang toleran dan mampu menyerap logam berat Pb namun bukan termasuk tanaman hiperakumulator. Hal tersebut berpedoman pendapat Hidayati (2005) yang menjelaskan bahwa terdapat beberapa kriteria suatu tanaman dikatakan berpotensi sebagai tanaman hiperakumulator diantaranya yaitu akar pada tanaman hiperakumulator memiliki daya selektif yang tinggi serta sistem translokasi unsur dari akar ke tajuk sangat efisien hal tersebut didukung dengan nilai Faktor Translokasi lebih dari satu. Selain itu hiperakumulator bersifat dapat mengakumulasi logam berat lebih banyak pada tajuknya dibandingkan dengan organ lain seperti akar dan batang.

4.7.5 Pengaruh Logam Berat Pb terhadap Sifat Morfologi Tanaman Rami

Berdasarkan hasil analisis ragam, tinggi tanaman dan jumlah daun pada tanaman rami akibat pemberian perlakuan larutan Pb menunjukkan hasil yang berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman rami. Hal tersebut menunjukkan bahwa pencemaran logam berat mempengaruhi proses metabolisme tanaman. Namun pada kondisi aktual di lapangan penyerapan logam berat oleh tanaman rami tidak menunjukkan gejala keracunan, atau kerusakan pada organ tanaman. Hal tersebut diduga karena tanaman rami mampu mentolerir logam Pb dalam jumlah yang lebih

besar (lebih dari 100 ppm) serta kemungkinan besar juga disebabkan karena adanya aktivitas pencucian (*leaching*) atau lepasnya logam berat dari tanah yang terbawa oleh air ketika penyiraman dan partikel Pb yang tertinggal pada bagian dasar polibag saat pengambilan sampel tanah yang akan di analisis.

Menurut Palar (1994) menjelaskan bahwa selain sebagai media tumbuh tanaman, tanah juga sekaligus memiliki peranan yang sangat penting dalam proses pengangkutan bahan-bahan pencemar yang ada di dalam tanah. Sedangkan proses pengangkutan itu sendiri dibagi menjadi tiga yakni pengaliran (*flow on*), peresapan (*absorption*) dan pelumeran (*leaching*). Selain itu juga, mengingat bahwa larutan logam berat Pb yang digunakan juga dalam bentuk $Pb(NO_3)_2$. Sehingga sifat dari ikatan tersebut yang mempengaruhi pencucian. Sebagian besar tanaman yang menyerap nitrogen di dalam tanah dalam bentuk ion nitrat, karena anion selalu berada di dalam tanah dan mudah terserap oleh akar. Oleh karena itu ion nitrat yang selalu berada di dalam tanah, maka ion nitrat lebih mudah tercuci oleh aliran tanah (Wiyantoko dkk., 2017).

Secara umum, pencemaran logam berat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Tingginya kandungan Pb menyebabkan aktivitas enzim terhambat, ketidakseimbangan air, perubahan permeabilitas membran dan mengganggu ketersediaan berbagai unsur hara tanaman (Handayanto dkk., 2017). Hal tersebut sesuai dengan data hasil rata-rata uji statistik yang menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol tanaman rami memiliki tinggi tanaman paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang mengandung bahan pencemar timbal. Hal tersebut juga terjadi pada indikator jumlah daun yang menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol memiliki persentase lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Baik pada tinggi tanaman dan jumlah daun perbedaan masing-masing perlakuan sangat kecil.

Namun berdasarkan hasil analisis statistik yaitu ANOVA ($P < 0,05$), menunjukkan bahwa kedua ciri-ciri morfologi tanaman rami baik pada tinggi tanaman maupun jumlah daun tidak mempengaruhi akibat adanya cemaran logam berat timbal. Hal tersebut diduga karena beberapa faktor baik dari faktor internal dan faktor eksternal. Dari faktor internal beberapa kemungkinan yang timbul yakni dikarenakan tanaman rami masih toleran pada dosis 100 – 200 ppm kemudian faktor

eksternal berasal dari sifat bahan pencemar berupa $Pb(NO_3)_2$, karena Pb yang berikatan dengan ion nitrat sedangkan ion nitrat sendiri yang sifatnya mudah tercuci di dalam tanah. Besar kemungkinan hal tersebut dipengaruhi oleh kegiatan penyiraman yang dilakukan setiap harinya. Penyiraman tersebut diduga menjadi penyebab pencucian oleh logam berat yang ada di dalam tanah. Ketersediaan unsur logam di dalam tanah serta proses penyerapan unsur logam ke dalam tanaman ditentukan oleh konsentrasi total logam serta bentuk dari logam tersebut di dalam tanah (Hidayati 2005).

4.7.6 Korelasi Antar Parameter Pengamatan

Berdasarkan hasil uji korelasi yang menunjukkan hubungan antar kadar Pb yang diamati yakni hubungan kadar Pb yang ada di dalam tanah dengan kadar Pb yang terdapat pada tanaman serta hubungan antara kadar logam berat yang ada di dalam tanah dengan derajat kemasaman tanah (pH tanah). Hubungan antara akumulasi logam berat yang terdapat di dalam tanah dan tanaman memiliki korelasi positif meskipun dengan nilai yang sangat rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa besarnya konsentrasi kontaminan logam yang ada di dalam tanah berpengaruh terhadap penyerapan logam oleh akar dan tajuk tanaman rami. Hal tersebut juga karena adanya pengaruh dari sifat logam berat Pb tersebut. Pernyataan tersebut juga didukung dengan literatur Alloway *dalam* Hayati (2010) bahwa pergerakan logam dari akar ke tajuk dipengaruhi oleh sifat logam itu sendiri, seperti unsur Mn, Zn, B, dan Se sebagai unsur yang cepat bergerak atau berpindah ke tajuk tanaman. Sedangkan Ni, Co dan Cu, tergolong pergerakan yang sedang atau *intermediet* dan untuk Cr, Pb dan Hg tergolong logam yang paling lambat bergerak atau berpindah ke tajuk.

Serta didukung oleh pernyataan Yoon dkk., (2006) yang menyatakan bahwa ada saatnya akar juga mempunyai sistem pemberhentian untuk transfer logam dari akar ke tajuk tanaman terutama logam non esensial sehingga terjadi kecenderungan logam menumpuk di bagian akar. Sedangkan hubungan antara akumulasi logam berat yang ada di dalam tanah dengan derajat kemasaman tanah yakni keduanya memiliki korelasi negatif, dimana hubungan keduanya berbanding terbalik. Hal

tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi akumulasi logam berat yang ada di dalam tanah, semakin rendah nilai pH tanah.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dalam penelitian adalah :

1. Tanaman rami mampu menyerap logam berat timbal (Pb) serta toleran pada kadar logam 100 – 200 ppm di dalam tanah. Kemampuan tersebut juga di buktikan dengan nilai Indeks Bioremediasi atau dapat menurunkan akumulasi logam berat > 50%.
2. Mekanisme fitoremediasi tanaman rami dikategorikan dalam mekanisme rhizofiltrasi, karena tanaman rami pada masing-masing perlakuan menunjukkan bahwa akumulasi logam yang lebih tinggi terdapat pada akar. Nilai tersebut di peroleh dari perhitungan rata – rata hasil analisis statistik. Kemudian faktor translokasi yang tertinggi terdapat pada perlakuan P1 (dengan konsentrasi larutan Pb sebanyak 20 ppm) yaitu sebesar 0,63. Hal ini menunjukkan bahwa nilai Faktor Translokasi tidak lebih dari satu ($FT < 1$). Sehingga dapat dikatakan bahwa tanaman rami mampu dan toleran dalam menyerap logam berat timbal tetapi bukan termasuk sebagai tanaman hiperkumulator untuk pencemar logam berat timbal.
3. Aplikasi bahan pencemar logam berat berupa $Pb(NO_3)_2$ dengan dosis 100 – 200 ppm untuk tanaman rami memberikan pengaruh tidak nyata baik pada tinggi tanaman dan jumlah daun.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian selanjutnya secara langsung di lapangan pada lahan yang tercemar Pb (timbal) menggunakan tanaman rami untuk melihat serapan Pb yang terakumulasi pada tanaman rami.

DAFTAR PUSTAKA

- Abror, M., T. Sabrina, B. Hidayat. 2013. Pengaruh Biomassa Azolla Terhadap Status Logam Berat Timbal (Pb) Pada Tanah. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 1(3) : 5 – 7.
- Alloway, B.J dan D.C. Ayres. 1997. *Chemical Principles of Environmental Pollution*, 2nd Edition. Blackie Academic and Professional. London: Chapman & Hall.
- Amalina Y.N., Z. salimin, dan Sudarno. 2015. Pengaruh pH dan Waktu Proses dalam Penyisihan Logam Berat Cr, Fe, Zn, Cu, Mn, dan Ni dalam Air Limbah IndustriElektroplating dengan Proses Oksidasi Biokimia.*Jurnal Teknik Lingkungan*.4(3): 1 – 9.
- Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. 2012. Ramindo 1. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. Available at <http://balittas.litbang.pertanian.go.id> (Diakses 02 November 2014, 15.30 WIB).
- Barchia, M.F. 2009. *Agroekosistem Tanah Mineral Masam*. Yogyakarta : UGM Press.
- Budiastuti, Putri, M. Raharjo, N. Astorina, Y. Dewanti. 2016. Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal Di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4: (5).
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta : UI-Press.
- Departemen Kesehatan RI. 2002 . Keputusan. Menteri Kesehatan RI No.907/ Menkes/ SK/ VII/ 2002 Tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum, Pusat Laboratorium Kesehatan Depkes Republik Indonesia, Jakarta.
- Favas, Paulo J.C., João Pratas, Mayank Varun, Rohan D'Souza and Manoj S. Paul. 2014. Phytoremediation of Soils Contaminated with Metals and Metalloids at Mining Areas: Potential of Native Flora. INTECH. Phytoremediation of Soils Contaminated with Metals and... <http://dx.doi.org/10.5772/57469>.
- Gusnita, D. 2012. Pencemaran Logam Berat Pb di Udara dan Upaya Penghapusan Bensin Bertimbal. *Jurnal Berita Dirgantara*. Peneliti Bidang Komposisi Atmosfer, Lapan. 13(3): 93 – 101.
- Handayanto, E., Y. Nuraini, N Maddarisna, Netty S., Amrullah. 2017. Fitoremidiasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah. Malang : UB Press. 3-19.
- Hardiani. 2008. Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah B3 dari Proses Deinking Industri Kertas Secara Fitoremediasi. *Jurnal Riset Industri*.

- _____. 2009. Potensi Tanaman dalam Mengakumulasi Logam Cu pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas. *Jurnal BS Balai Besar Pulp dan Kertas Bandung*, 44(1): 27 – 40.
- Hayati, Rita. 2010. Karakterisasi Abu Terbang (*Fly Ash*) Dan Eksplorasi Vegetasi Fitoremediator di Area Landfill Abu Terbang Untuk Pengelolaan Ramah Lingkungan. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Herwanto, B., Santoso, E., 2006, Adsorpsi Ion Logam Pb (II) pada Membran Selulosa Kitosan Terikat Silang. *Akta Kimia Indonesia*. 22(01): 9 – 24.
- Hidayati, N. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. Bogor. Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- _____. 2013. Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat. *J. Tek. Ling.* 14(2): 1 – 8.
- Hutagalung, R.I dan S. Jalaluddin, 1982. Feeds for Farm Animals from the Oil Palm. Malaysia : Universitas Pertanian Serdang.
- Ibbet, R.N., Kaenthong, S., Philips, D.A.S., Wilding, M.A., 2006, Characteristics of Porosity of Regenerated Cellulosic Fibres Using Classical Dye Adsorption Techniques. *Lenzinger Berichte*. 88: 77 – 86.
- Juhaeti T, Sharif F, Hidayati N. 2004. Inventarisasi Tumbuhan Potensial Untuk Fitoremediasi. *Jurnal Biodiversitas*. 6(01): 31 - 33.
- Kementerian Kependudukan dan Lingkungan Indonesia bekerjasama dengan Universitas Dalhousie Canada. 1992. Environmental Management in Indonesia. Report on Soil Quality Standard for Indonesia (intern report).
- Kord, B., Mataji, A., dan Babaie, S., 2010, Pine (*Pinus eldarica* Medw.) needles as indicator for heavy metals pollution. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 7(1): 79 – 84.
- Lew, Kisti. 2009. Understanding the Elements of The Periodic table Lead. New York: The Rosen Publishing Grup, Inc. 5 – 7.
- Mellem, J., Baijnath dan B. Odhav. 2012. Bioaccumulation of Cr, Hg, As, Pb, Cu, Ni with the ability for hyperaccumulation by *Amaranthus dubius*. *Journal of Agriculture Science* 7 (1) : 591 – 596.
- Mubarak, Hussani, N. Mirza, Li-YuanChai, Zhi-HuiYang, W. Yong, Chong-JianTang, Q. Mahmood, A. Pervez, U. Farooq, S. Fahad, W.Nasim, dan K. H.M.Siddique. 2016. Biochemical and Metabolic Changes in Arsenic Contaminated *Boehmeria nivea* L. *BioMed Research International*. Article ID 1423828, 8 pages.
- Musaddad, M.A. 2007. Agribisnis tanaman rami. Depok : Panebar Swadaya.
- Nugrahanto, N.P, Bambang Y.dan Ria A.2014. Pengaruh Pemberian Logam Berat Pb terhadap Akar, Daun, dan Pertumbuhan Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Jurnal of Marine Research*. 2(3): 107 – 114.

- Opeolu. 2005. Phyto-remediation of Lead Contaminated Soil Using *Amaranthus Cruentus*. Journal of Department of Enviromental Management and Toxicology. Abeokuta.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Parmar, S. dan Vir S. 2015. Hytoremediation Approaches for Heavy Metal Pollution: A Review. Journal Of Plant Science and Research. 02(02): 135
- Pemerintah Republik Indonesia. 1990. Peraturan Pemerintah RI No 20 Tahun 1990 Tentang Pengendalian Pencemaran Air.
- Pratama, D. Septiani, D. Hidayat, E. Wijianto, H.Yuniar. 2016. Validasi Metode Analisis Pb Dengan Menggunakan Flame Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Untuk Studi Biogeokimia Dan Toksisitas Logam Timbal Pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum*). Analit:Analytical and Environmental Chemistry. 1(01).
- Purwati, Rully D. 2010. Strategi Pengembangan Rami. Perspektif. 9(02): 106 - 118.
- Putri, Wike A.E.Dietriech G Bengen, T. Prartono, dan E. Riani. 2015. Konsentrasi Logam Berat (Cu Dan Pb) di Sungai Musi Bagian Hilir. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. 7(02): 453-463
- Rizkiana, latifah, S. Karina, Nurfadillah. 2017. Analisis Timbal (Pb) Pada Sedimen Dan Air Laut Di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Banda Aceh .Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah. 2(1): 89-96.
- Rungwa, stanley, Gabriel Arpa, Harry sakulas, Anthony harakuwe, David timi. 2013. Phytoremediation – An Eco-Friendly and Sustainable Method of Heavy Metal Removal from Closed Mine Environments in Papua New Guinea. Procedia Earth and Planetary Science 6: 269 – 277.
- Santoso, Budi dan Adji Sastrosupadi. 2008. Budidaya Tanaman Rami Untuk Produksi Serat Tekstil. Malang: Bayumedia Publishing.
- Siswoyo, Eko, Kasam, dan Dian w.2009. Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Limbah Cair Laboratorium Kualitas Lingkungan Uii Dengan Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan. 1(1): 68 – 76.
- Slavin, M. 1978. Atomic Absorption Spectroscopy Second Edition. New York : United State of America.
- Subandi. 2011. Budidaya Tanaman Perkebunan (Bagian Tanaman Rami). Bandung: Gunung Djati Press.
- Sugiyono. (2017). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Suherni. 2010. Keracunan Timbal di Indonesia. The LEAD Group Inc. hal. 5

- Tommy, M. dan Palapa. 2009. Bioremediasi Merkuri (Hg) dengan Tumbuhan Air Sebagai Salah Satu Alternatif Penanggulangan Limbah Tambang Emas Rakyat. *Agritek*. 17 (15).
- Wati C.C, S. Prijono, Z. Kusuma. 2015. The effect of motor vehicle emission towards lead (Pb) content of rice field soil with different clay content. *Journal of Degraded Andmining Land Management*. 3: (1). 453- 458.
- Widowati, Wahyu., Astiana S. dan Jusuf R. R. 2008. Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Yogyakarta : ANDI.
- Wiyantoko,B., P. Kurniawati, T.E. Purbaningtias. 2017. Pengujian Nitrogen Total, Kandungan Air Dan Cemarkan Logam Timbal Pada Pupuk Anorganik Nitrogen Phospor Kalium (NPK) Padat . 6(01): 54 – 55.
- Yoon, J., C. Xinde, Z. Qixing , and L.Q. Ma. 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. *Science of the Total Environment*: 456-464.
- Zhu, Huang, Liu, Luo, Rao, Cao, Ren (2013), Accumulation And Subcellular Distribution Of Cadmium In Ramie (*Boehmeria nivea* L.) planted on elevated soil cadmium contents. *Plant Soil Environ*. 59(2): 57–61.

