

**FITOREMEDIASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT SENGG (Zn)  
DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN RAMI (*Boehmeria nivea*)**

Oleh  
**NUR LAILI MADARINA**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
MALANG  
2019**



**FITOREMEDIASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT SENGG (Zn)**

**DENGAN MENGGUNAKAN TANAMAN RAMI (*Boehmeria nivea*)**

Oleh

**NUR LAILI MADARINA**

**155040201111235**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI  
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

**SKRIPSI**

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

**FAKULTAS PERTANIAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**JURUSAN TANAH**

**MALANG**

**2019**

**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 manapun 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, Oktober 2019

Nur Laili Madarina



Skripsi ini saya Persembahkan untuk Bapak, Ibu, Adik yang jauh dari perantauan, Pembaca, Dan juga untuk yang bertanya "Kapan Lulus?" Maka ini adalah jawabannya. Terima Kasih  
Semoga Bermanfaat

"YOU WERE BORN TO BE REAL,  
NOT TO BE PERFECT." - SUGA



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Seng (Zn) dengan Menggunakan Tanaman Rami (*Boehmeria nivea*)  
Nama mahasiswa : Nur Laili Madarina  
NIM : 155040201111235  
Jurusan : Tanah  
Program studi : Agroekoteknologi

Disetujui  
Pembimbing Utama,



Prof. Ir. Eko Handayanto, MSc., PhD.  
NIP. 195203051979031004

Diketahui,  
Ketua Jurusan



Syahrul Kurniawan, SP., MP., Ph.D  
NIP. 197910182005011002

Tanggal Persetujuan: 16 OCT 2019

**LEMBAR PENGESAHAN**

Mengesahkan

**MAJELIS PENGUJI**

Penguji I



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

Penguji II



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

Penguji III



Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.  
NIP. 19540501 198103 1 006

Penguji IV



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

Tanggal Lulus: 29 NOV 2019

## RINGKASAN

**NUR LAILI MADARINA. 15504020111235. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam berat Seng (Zn) dengan Menggunakan Tanaman Rami (*Boehmeria nivea*). Dibawah bimbingan Eko Handayanto sebagai Pembimbing Utama**

Kontaminasi tanah pada lahan pertanian disebabkan oleh beberapa aktivitas manusia, salah satunya adalah kegiatan industri. Meningkatnya industrialisasi berbanding lurus dengan jumlah limbah yang dikeluarkan dalam proses produksi, sehingga potensi untuk terjadinya pencemaran lingkungan semakin tinggi. Selain itu, limbah yang dihasilkan sebagian besar mengandung logam berat berbahaya bagi lingkungan salah satunya adalah Seng (Zn). Seng (Zn) merupakan logam berat esensial, dalam jumlah rendah dibutuhkan oleh tubuh (manusia, hewan dan tumbuhan) tetapi dalam jumlah tinggi dapat memberi efek racun. Apabila diketahui kadar logam Zn yang telah melebihi baku mutu, maka perlu dilakukan tindak lanjut dalam mencegah gangguan yang dapat disebabkan logam Zn. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan tanaman rami (*Boehmeria nivea*) sebagai tanaman hiperakumulator yang digunakan dalam menetralkan pencemaran logam seng (Zn).

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juni 2019 di *Glasshouse* Kebun Percobaan Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian (STTP), Kabupaten Malang. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan terdiri dari 6 perlakuan yaitu 0 ppm (perlakuan kontrol), P1 (konsentrasi larutan  $Zn(NO_3)_2$  120 ppm), P2 (konsentrasi larutan  $Zn(NO_3)_2$  190 ppm), P3 (konsentrasi larutan  $Zn(NO_3)_2$  260 ppm), P4 (konsentrasi larutan  $Zn(NO_3)_2$  330 ppm), dan P5 (konsentrasi larutan  $Zn(NO_3)_2$  400 ppm) serta 4 kali ulangan sehingga didapat 24 unit sampel penelitian. Selanjutnya untuk mengetahui kadar logam Zn pada tanaman dan tanah adalah menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Zn pada tanaman rami berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman rami. Sehingga pertumbuhan tanaman rami terhambat akibat perlakuan konsentrasi larutan  $Zn(NO_3)_2$ . Mekanisme fitoremediasi yang dihasilkan tanaman rami yaitu mekanisme rhizofiltrasi dan fitoekstraksi karena tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi dengan menimbun logam di dalam akar, serta mengakumulasi logam berat tersebut ke bagian-bagian tanaman lain seperti batang dan daun. Semua perlakuan (P0, P1, P2, P3, P4, P5) memiliki nilai faktor transfer kurang dari satu ( $FT < 1$ ). Sehingga dalam hal ini tanaman rami tidak dikategorikan dalam tanaman hiperakumulator melainkan sebagai tanaman fitostabilisasi atau *metal excluder species*.

## SUMMARY

**NUR LAILI MADARINA. 155040201111235. Phytoremediation of Zinc Contaminated Soil Using Ramie Plant (*Boehmeria nivea*). Supervised by Eko Handayanto**

---

Soil contamination on agricultural land was caused by several human activities such as industrial activity. The improvement of industrialization are directly proportional to the residual issues. Besides, most of the residual factory was contained many heavy metals, one of them is zinc (Zn). Zinc (Zn) is an essential heavy metal where in low amounts are needed by the body (humans, animals, and plants) but in high amounts it could have a toxic effects. If it is known that the Zn metal in soil has exceeded the quality standard, then it is necessary to do a preventing action to remediating Zn metal contaminated soil. Therefore, this research are using Ramie Plant (*Boehmeria nivea*) as a hyperaccumalotor plant to neutralizing zinc metal contaminated soil.

The research was held on March until June 2019 at the Glasshouse of Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian (STPP) Malang. The method was used is Completely Randomized Design with six treatments and four replications, so it have 24 units. The treatments are P0 (control treatment), P1 (120 ppm concentration of  $Zn(NO_3)_2$ ), P2 (190 ppm concentration of  $Zn(NO_3)_2$ ), P3 (260 ppm concentration of  $Zn(NO_3)_2$ ), P4 (330 ppm concentration of  $Zn(NO_3)_2$ ), P5 (400 ppm concentration  $Zn(NO_3)_2$ ). To determined the amount concentration of Zn metal in soil and plants are using AAS method (*Atomic Absorbtion Spectrophotometer*).

The results showed that the concentration of zinc in plant significantly affected the growth of Ramie Plant (*Boehmeria nivea*) which caused the growth of ramie plant is not proportional. The mechanisms result of phytoremediation by ramie plant is rhizofiltration and phytoextraction because the plant have the mechanism of detoxifying with pile up the metal inside the roots, then accumulating the metal itself to the part of the plants such as stem and leaves. All treatments (P0, P1, P2, P3, P4, and P5) have the transfer factor value less then one ( $TF < 1$ ) which mean Ramie plant is not categorized as hyperaccumulator plants, but as the phytostabilitation plant or metal excluder species.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Seng (Zn) dengan Menggunakan Tanaman Rami (*Boehmeria nivea*)”** sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan Gelar Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Sehingga, dengan segala hormat dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Ir. Eko Handayanto, MSc., PhD selaku pembimbing utama yang memberikan pengarahan dan nasehat,
2. Syahrul Kurniawan, SP., MP.,Ph.D selaku ketua jurusan tanah yang telah memfasilitasi kebutuhan mahasiswa,
3. Seluruh dosen, staf dan karyawan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang khususnya Jurusan Tanah,
4. Bapak, Ibuk, dan Adik yang selalu mendoakan dan memberikan semangat serta dukungan moril maupun materil kepada penulis,
5. Naufal Rizka Pratama, Felinda Mutiara Putri, Siti Khoiriyah, Ahmad Nugraha Aji, Siti Khoirum Annisa, Choirum Ayun, Tri Mutieq Arrohma, Jackson Antonius Sitorus, Ulfa Ruly Dianita, Tanti Dwi Adiningrum, Jiyanti Yana Saputri, Siti Aisyah, Luthfiana Nafisah, dan rekan-rekan HIMAHORE yang turut serta menemani, membantu, dan memberi dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini,
6. Rekan-rekan MSDL 2015 yang turut serta membantu dan memberikan masukan terhadap 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, 25 September 2019

Penulis

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kudus pada tanggal 18 Juli 1997 sebagai putri pertama dari dua bersaudara Bapak Sugiarto dan Ibu Sri Wahyuni. Pendidikan yang telah ditempuh yaitu pendidikan dasar di SD 03 Demaan Kudus pada tahun 2003 sampai dengan tahun 2009. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP 1 Kudus pada tahun 2009 sampai dengan tahun 2012. Selanjutnya pada tahun 2012 sampai dengan tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA 2 Kudus. Pada tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) hingga pada tahun 2017, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

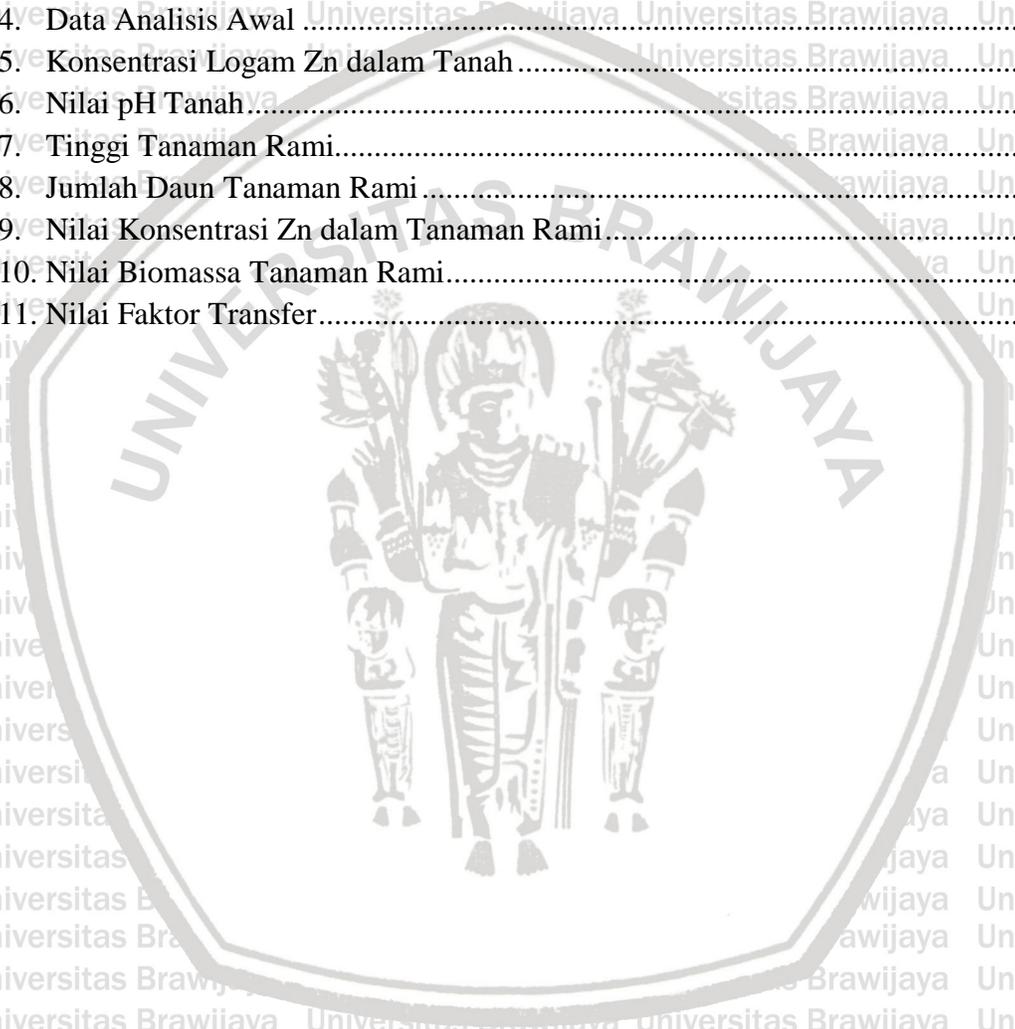
Selama menjadi mahasiswa penulis pernah mengikuti organisasi Eksekutif Mahasiswa sebagai Staff Tetap pada tahun 2016/2017 dan mengikuti beberapa kepanitiaan dalam acara Olimpiade Tempo Doeloe (OTD) 2016 sebagai Sekretaris Pelaksana, Festival Karya Brawijaya (FKB) 2016 sebagai Sekretaris Pelaksana, Pasca Gatraksi 2018 sebagai PDDM, dan Temu Warga Tanah 2018 sebagai Sekretaris Pelaksana. Selain itu, penulis juga mengikuti *Paper Competition* pada acara AAISC ( *Asian Academic Society International Conference* ) ke-7 di Prince Songkla University, Hat Yai, Thailand pada 12-14 November 2019.

## DAFTAR ISI

RINGKASAN .....	i
SUMMARY .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
RIWAYAT HIDUP .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Hipotesis .....	3
1.5. Manfaat .....	3
1.6. Alur Pikir Penelitian .....	4
2.1. Logam Berat Seng (Zn) .....	5
2.2. Pengaruh Zn pada Tanaman .....	7
2.3. Fitoremediasi .....	8
2.4. Tanaman Hiperakumulator .....	9
2.5. Metode AAS ( <i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i> ) .....	11
III. METODE PENELITIAN .....	13
3.1. Waktu dan Tempat .....	13
3.2. Alat dan Bahan .....	13
3.3. Metode Penelitian .....	13
3.4. Pelaksanaan Penelitian .....	14
3.5. Faktor Transfer .....	16
3.6. Variabel Pengamatan .....	17
3.7. Analisis Pendahuluan .....	18
3.8. Analisis Data .....	19
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	20
4.1. Penurunan Konsentrasi Zn dalam Tanah .....	20
4.2. Nilai pH Tanah .....	21
4.3. Pertumbuhan Tanaman Rami .....	23
4.4. Potensi Tanaman Rami Sebagai Tanaman Hiperakumulator .....	28
4.5. Pembahasan Umum .....	29
V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	32
5.1. Kesimpulan .....	32
5.2. Saran .....	32
DAFTAR PUSTAKA .....	33
LAMPIRAN .....	37

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kisaran Kadar Logam Berat sebagai Pencemar dalam Tanah dan Tanaman .....	7
2.	Kandungan Tanaman Rami .....	10
3.	Perlakuan Konsentrasi Seng .....	14
4.	Data Analisis Awal .....	18
5.	Konsentrasi Logam Zn dalam Tanah .....	20
6.	Nilai pH Tanah .....	21
7.	Tinggi Tanaman Rami .....	23
8.	Jumlah Daun Tanaman Rami .....	24
9.	Nilai Konsentrasi Zn dalam Tanaman Rami .....	26
10.	Nilai Biomassa Tanaman Rami .....	27
11.	Nilai Faktor Transfer .....	28



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur Pikir Penelitian.....	4
2.	Tanaman Rami .....	10
3.	Penurunan Konsentrasi Zn dalam Tanah .....	21
4.	Nilai pH Tanah setelah Fitoremediasi.....	22
5.	Tinggi Tanaman Rami.....	24
6.	Jumlah Daun Tanaman Rami.....	25
7.	Perubahan Daun Tanaman Rami yang Menguning .....	26



**DAFTAR LAMPIRAN**

Nomor	Teks	Halaman
1.	Denah Percobaan.....	37
2.	Perhitungan Nilai Faktor Translokasi.....	38
3.	Perhitungan Nilai Kapasitas Lapang .....	39
4.	Langkah Kerja Laboratorium Analisis Zn Tanah.....	40
5.	Langkah Kerja Laboratorium Analisis Zn Tanaman.....	41
6.	Hasil ANOVA Tinggi Tanaman Rami 15 HST .....	42
7.	Hasil ANOVA Tinggi Tanaman Rami 30 HST .....	42
8.	Hasil ANOVA Tinggi Tanaman Rami 45 HST .....	42
9.	Hasil ANOVA Tinggi Tanaman Rami 60 HST .....	42
10.	Hasil ANOVA Tinggi Tanaman Rami 75 HST .....	42
11.	Hasil ANOVA Tinggi Tanaman Rami 90 HST .....	43
12.	Hasil ANOVA Jumlah Daun Rami 15 HST .....	43
13.	Hasil ANOVA Jumlah Daun Rami 30 HST .....	43
14.	Hasil ANOVA Jumlah Daun Rami 45 HST .....	43
15.	Hasil ANOVA Jumlah Daun Rami 60 HST .....	43
16.	Hasil ANOVA Jumlah Daun Rami 75 HST .....	44
17.	Hasil ANOVA Jumlah Daun Rami 90 HST .....	44
18.	Hasil ANOVA Kadar Zn Tanah 60 HST .....	44
19.	Hasil ANOVA Kadar Zn Tanah 75 HST .....	44
20.	Hasil ANOVA Kadar Zn Tanah 90 HST .....	44
21.	Hasil ANOVA Kadar Zn Akar.....	45
22.	Hasil ANOVA Kadar Zn Tajuk.....	45
23.	Hasil ANOVA pH 60 HST .....	45
24.	Hasil ANOVA pH 75 HST .....	45
25.	Hasil ANOVA pH 90 HST .....	45
26.	Hasil ANOVA Bobot Kering Akar .....	46
27.	Hasil ANOVA Bobot Kering Tajuk.....	46
28.	Dokumentasi Penelitian .....	47

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kontaminasi tanah pada lahan pertanian disebabkan oleh beberapa aktivitas manusia, salah satunya adalah kegiatan industri. Meningkatnya industrialisasi berbanding lurus dengan jumlah limbah yang dikeluarkan dalam proses produksi, sehingga potensi untuk terjadinya pencemaran lingkungan semakin tinggi. Selain itu, limbah yang dihasilkan sebagian besar mengandung logam berat berbahaya bagi lingkungan salah satunya adalah Seng (Zn). Seng (Zn) merupakan logam berat esensial, dalam jumlah rendah dibutuhkan oleh tubuh (manusia, hewan dan tumbuhan) tetapi dalam jumlah tinggi dapat memberi efek racun. Apabila diketahui kadar logam Zn yang telah melebihi baku mutu, maka perlu dilakukan tindak lanjut dalam mencegah gangguan yang dapat disebabkan logam Zn (Hidayati, 2005). Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya untuk mereduksi pencemaran.

Upaya yang dilakukan untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat logam berat adalah dengan memanfaatkan sumber daya alam yang ramah lingkungan. Salah satu teknologi alternatif yang dikenal yaitu fitoremediasi. Selain ramah lingkungan, fitoremediasi tidak membutuhkan biaya yang terlalu besar jika dibandingkan dengan metode berbasis rekayasa seperti pencucian secara kimiawi ataupun pengerukan. Hal tersebut dikarenakan fitoremediasi berlandaskan pada kemampuan tumbuhan dalam menstimulasi aktivitas biodegradasi oleh mikroba yang berasosiasi dengan akar (*phytostimulation*) dan imobilisasi kontaminan di dalam tanah oleh eksudat dari akar (*phytostabilization*). Kemampuan tumbuhan dalam menyerap logam dari dalam tanah dalam jumlah besar dan secara ekonomis digunakan untuk meremediasi tanah yang bermasalah (*phytomining*) (Chaney *et al.*, 1995).

Hidayati (2005) menyatakan bahwa beberapa tanaman terbukti memiliki kemampuan beradaptasi dengan lingkungan yang ekstrim seperti tanah yang terkontaminasi zat-zat beracun. Sejumlah tumbuhan dari banyak famili terbukti memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuknya, sehingga bersifat hiperakumulator.

Tanaman yang dapat digunakan untuk fitoremediasi dengan nilai ekonomi yang cukup tinggi salah satunya adalah tanaman rami (*Boehmeria nivea*). Tanaman rami termasuk dalam tanaman serat yang toleran terhadap berbagai lingkungan ekstrim seperti kekeringan serta tanah yang kurang subur. Tanaman Rami telah tercatat dapat hidup di berbagai lingkungan yang terkontaminasi logam berat dan dapat mengakumulasi logam berat dengan jumlah yang besar (Whei S *et al.*, 2011). Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan tanaman rami (*Boehmeria nivea*) sebagai tanaman hiperakumulator yang digunakan dalam menetralsir pencemaran logam seng. Diharapkan alternatif ini mampu menurunkan kadar Zn 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 potensi tanaman rami (*Boehmeria nivea*) dalam menyerap logam berat seng (Zn) pada konsentrasi tertentu?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi logam berat Zn terhadap pertumbuhan tanaman rami (*Boehmeria nivea*)?

### 1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dalam penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui potensi tanaman rami (*Boehmeria nivea*) dalam menyerap logam berat seng (Zn) pada konsentrasi tertentu.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi logam berat Zn terhadap pertumbuhan tanaman rami (*Boehmeria nivea*) dengan melihat kadar Zn yang terkandung dalam tanaman rami.

#### 1.4. Hipotesis

Adapun hipotesis dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) berpotensi sebagai hiperakumulator dan dapat menurunkan kadar Zn dalam tanah tercemar logam berat Zn.
2. Konsentrasi logam berat Zn berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman rami (*Boehmeria nivea*).

#### 1.5. Manfaat

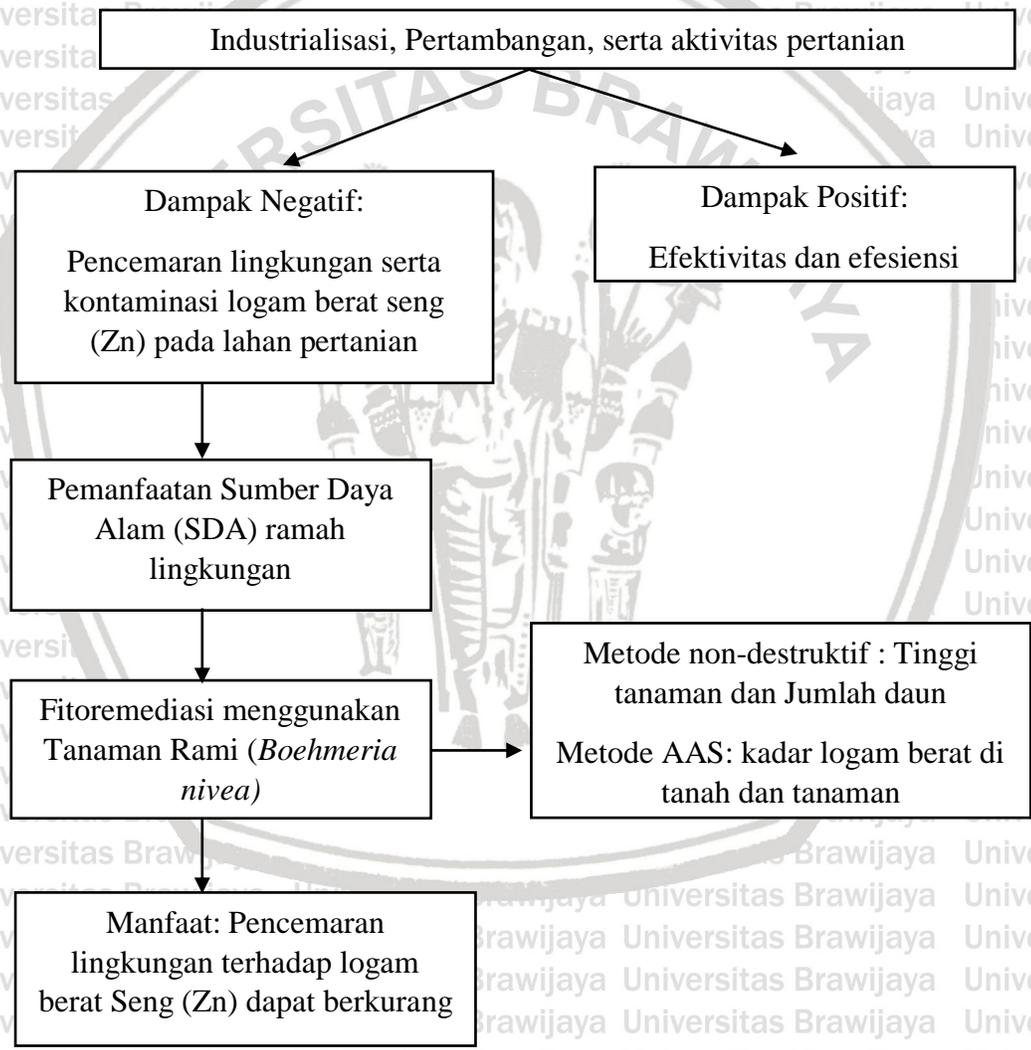
Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi bahwa tanaman rami (*Boehmeria nivea*) dapat digunakan sebagai alternatif untuk mengurangi kadar logam berat seng (Zn) dalam tanah.
2. Memberikan informasi bahwa tanaman rami termasuk tanaman hiperakumulator dalam menyerap logam berat seng (Zn).



### 1.6. Alur Pikir Penelitian

Kegiatan industrialisasi semakin hari semakin meningkat dan menghasilkan dampak positif maupun negatif bagi lingkungan. Dampak positif dari industrialisasi adalah tercapainya suatu tujuan dengan lebih efektif dan efisien. Namun, dampak negatif dari industrialisasi adalah jumlah limbah dan pencemaran lingkungan seperti kontaminasi logam berat yang berbanding lurus dengan produksi. Oleh karena itu diperlukan solusi atas permasalahan tersebut dengan fitoremediasi. Alur pikir penelitian disajikan pada Gambar 1



Gambar 1. Alur Pikir Penelitian

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Logam Berat Seng (Zn)

Logam pada umumnya termasuk logam yang mempunyai berat jenis (*specific gravity*) kurang dari 5 gram/cm<sup>3</sup> atau bukan logam berat. Sementara logam yang biasanya tidak terlalu banyak di tanah adalah logam berat. Logam ini mempunyai berat jenis lebih dari 5 gram/cm<sup>3</sup> bernomor atom 22 sampai dengan 92 (Bruce *et al.*, 2002). Seng dengan nama kimia Zink dilambangkan dengan Zn. Sebagai salah satu unsur logam berat Zn mempunyai nomor atom 30 dan memiliki berat atom 65,39. Logam ini cukup mudah ditempa dan liat pada 110-150°C. Zn melebur pada 410°C dan mendidih pada 906°C (Nisa *et al.*, 2008). Zn dalam pemanasan tinggi akan menimbulkan endapan seperti pasir. Zn diperlukan tubuh untuk proses metabolisme, tetapi dalam kadar tinggi dapat bersifat menjadi racun (Nisa *et al.*, 2008).

Seng (Zn) adalah komponen alam yang terdapat di kerak bumi. Zn adalah logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif, berwarna putih-kebiruan, pudar bila terkena uap udara, dan terbakar bila terkena udara dengan api hijau terang. Zn dapat bereaksi dengan asam, basa dan senyawa non logam. Seng (Zn) dalam tidak berada dalam keadaan bebas, tetapi dalam bentuk terikat dengan unsur lain berupa mineral. Mineral yang mengandung Zn di alam bebas antara lain kalaminit, franklinite, smithsonite, willemite, dan zinkit (Widowati *et al.*, 2008). Seng juga merupakan salah satu bentuk materi anorganik yang sering menimbulkan berbagai permasalahan yang cukup serius pada perairan. Penyebab terjadinya biasanya berasal dari masukan air yang terkontaminasi oleh limbah buangan industri dan pertambangan.

Kisaran konsentrasi total logam berat dalam tanah dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu faktor geogenik dan faktor antropogenik. Faktor geogenik meliputi jumlah dan jenis mineral-mineral penyusun dan pengiring batuan induk tanah, kejadian longsor, erosi dan sedimentasi serta deposisi dan erupsi dari gunung berapi. Faktor antropogenik meliputi pencemaran limbah padat, cair maupun gas akibat proses produksi dan limbah industri, transportasi dan domestik serta perbedaan tipe penggunaan dan pengelolaan lahan, misalnya akibat penggunaan pupuk dan pestisida.

Limbah yang biasa mengandung logam berat berasal dari pabrik kimia, listrik, dan elektronik, logam dan penyepuhan elektro (*electroplating*), kulit, metalurgi dan cat serta bahan pewarna. Limbah padat permukiman juga mengandung logam berat. Selain disebabkan oleh aktivitas perindustrian, kadar Zn dalam tanah juga dipengaruhi oleh kegiatan pertanian itu sendiri. Sumber utama polutan Zn dalam tanah adalah aktivitas pertambangan dan peleburan logam, pertanian yang menggunakan pupuk dari sisa limbah, dan pertanian dengan bahan kimia (pupuk dan pestisida). Berbagai jenis pupuk, baik pupuk inorganik maupun organik seperti pupuk P, pupuk N, pupuk kandang, kapur dan kompos mengandung berbagai logam salah satunya Zn. Pupuk P mengandung Zn sebesar 50-1450 mg/kg, pupuk N mengandung Zn sebesar 1-42 mg/kg, pupuk kandang mengandung Zn sebesar 15-566 mg/kg, kapur mengandung Zn sebesar 10-450 mg/kg, dan kompos mengandung Zn sebesar 82-5894 mg/kg (Alloway, 1995).

Logam berat yang masuk ke dalam perairan kebanyakan berasal dari kegiatan manusia. Akan tetapi logam berat di dalam lingkungan tidak dengan sendirinya membahayakan kehidupan makhluk hidup. Logam berat membahayakan apabila masuk ke dalam sistem metabolisme makhluk dalam jumlah melebihi ambang batas. Ambang batas untuk tiap macam logam berat dan untuk tiap jenis makhluk hidup berbeda-beda. Pemasukan logam berat ke dalam sistem metabolisme manusia dan hewan dapat secara langsung atau tidak langsung. Pemasukan secara langsung terjadi bersamaan dengan air yang diminum (Liphazdi dan Kirkham, 2005).

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.** Kisaran kadar logam berat sebagai pencemar dalam tanah dan tanaman

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	70	100-400
Cu	2 – 100	4 – 15
Pb	2 - 200	0,1 – 10

Sumber: (Barchia, 2009).

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 (Barchia, 2009).

## 2.2. Pengaruh Zn pada Tanaman

Tanaman mengambil unsur Zn dalam bentuk  $Zn^{++}$ . Tingginya serapan Zn oleh tanaman dipengaruhi oleh tingkat kelarutan  $Zn^{++}$  didalam tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketersediaan Zn dalam tanah adalah pH, bahan organik, *adsorption site*, aktivitas mikroba, kelembaban, iklim dan interaksi antara Zn dengan unsur makro/mikro dalam tanah dan tanaman (Alloway, 1995). Logam Zn bermanfaat bagi tanaman dalam jumlah yang kecil. Namun pada jumlah/konsentrasi yang lebih tinggi, unsur Zn mampu menurunkan pertumbuhan tanaman. Tanaman yang tercemar logam berat seng memicu berbagai perubahan morfologi tanaman. Akan tetapi, kenampakan respon tanaman terhadap kontaminan logam berat berbeda-beda. Berapa kenampakan morfologi tanaman yang terkontam logam berat adalah terjadi penurunan atau pengurangan pertumbuhan tanaman, termasuk klorosis daun, nekrosis, serta penurunan laju perkecambahan biji (Handayanto *et al.*, 2017).

### 2.3. Fitoremediasi

Menurut (Moenir, 2010) fitoremediasi didefinisikan sebagai penggunaan tanaman atau tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, menghilangkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar khususnya logam berat maupun senyawa organik lainnya. Pada penelitian fitoremediasi di lapangan ada beberapa persyaratan bagi tanaman yang akan digunakan dalam, sehingga tidak semua jenis tanaman dapat digunakan karena tidak semua tanaman dapat melakukan metabolisme, volatilisasi dan akumulasi semua polutan dengan mekanisme yang sama (Santriyana *et al.*, 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 (Suprabawati dan Yusi, 2015). Mekanisme kerja fitoremediasi menurut (Fitriyah *et al.*, 2013) yaitu mencakup proses fitoekstraksi, rhizofiltrasi, fitodegradasi, fitostabilisasi dan fitovolatilisasi.

1. Fitoekstraksi adalah penyerapan logam berat oleh akar tanaman dan mengakumulasi logam berat tersebut ke bagian-bagian tanaman seperti akar, batang dan daun.
2. Rhizofiltrasi adalah pemanfaatan kemampuan akar tanaman untuk menyerap, mengendapkan, mengakumulasi logam berat dari aliran limbah.
3. Fitodegradasi adalah metabolisme logam berat di dalam jaringan tanaman oleh enzim seperti dehalogenase dan oksigenase.
4. Fitostabilisasi adalah kemampuan tanaman dalam mengekskresikan (mengeluarkan) suatu senyawa kimia tertentu untuk mengimobilisasi logam berat di daerah rizosfer (perakaran).
5. Fitovolatilisasi terjadi ketika tanaman menyerap logam berat dan melepaskannya ke udara lewat daun dan ada kalanya logam berat mengalami degradasi terlebih dahulu sebelum dilepas lewat daun

Keuntungan fitoremediasi adalah dapat bekerja pada senyawa organik dan anorganik, prosesnya dapat dilakukan secara insitu dan eksitu, mudah diterapkan dan tidak memerlukan biaya yang tinggi, teknologi yang ramah lingkungan dan bersifat

estetik bagi lingkungan, serta dapat mereduksi kontaminan dalam jumlah yang besar.

Sedangkan kerugian fitoremediasi ini adalah prosesnya memerlukan waktu lama, bergantung kepada keadaan iklim, dapat menyebabkan terjadinya akumulasi logam berat pada jaringan dan biomasa tumbuhan, dan dapat mempengaruhi keseimbangan

rantai makanan pada ekosistem (Santriyanan *et al.*, 2013).

#### 2.4. Tanaman Hiperakumulator

Mekanisme biologis dari hiperakumulasi unsur logam pada dasarnya meliputi proses-proses: (1) Interaksi rizosferik, yaitu proses interaksi akar tanaman dengan media tumbuh (tanah dan air). Dalam hal ini tumbuhan hiperakumulator memiliki kemampuan untuk melarutkan unsur logam pada rizosfer dan menyerap logam bahkan dari fraksi tanah yang tidak bergerak sekali sehingga menjadikan penyerapan logam oleh tumbuhan hiperakumulator melebihi tumbuhan normal. Pada kondisi normal konsentrasi Zn, Cd, atau Ni pada akar adalah 10 kali lebih tinggi dibanding konsentrasi pada tajuk, tetapi pada tumbuhan hiperakumulator, konsentrasi logam pada tajuk melebihi tingkat konsentrasi pada akar (Shanker *et al.*, 2005). (2) Sistem translokasi unsur dari akar ke tajuk pada tumbuhan hiperakumulator lebih efisien dibandingkan tanaman normal dengan dibuktikan menggunakan rasio konsentrasi logam tajuk/akar pada tumbuhan hiperakumulator lebih dari satu (Hidayati, 2005).

Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) merupakan salah satu tanaman penghasil serat alam yang dapat menjadi sumber bahan baku produk tekstil seperti halnya kapas karena memiliki kemiripan dengan kapas, perbedaannya adalah kapas memiliki serat pendek sedangkan rami adalah serat panjang. Dibanding dengan kapas, serat rami lebih kuat, mudah menyerap keringat dan tidak mudah kena bakteri atau jamur. Selain diambil serat dari kulit batangnya, semua bagian tanaman rami dapat dimanfaatkan. Akar tanaman (rhizome) dapat digunakan sebagai bahan tanaman (bibit) untuk pengembangan rami, daunnya dapat sebagai pakan ternak, sedangkan kulit batang dan kayunya dapat digunakan untuk bahan baku pulp maupun kompos (Whei *et al.*, 2011).

Adapun botani tanaman rami menurut (Whei *et al.*, 2011) tanaman rami tergolong

dalam Divisi *Magnoliophyta*, Kelas *Magnoliosida*, Subkelas *Hammamelidae*, Ordo *Urticales*, Famili *Urticeae*, Genus *Boehmeria*, dan Species *Boehmeria nivea*



**Gambar 2.** Tanaman Rami

Rami tidak sekadar tanaman penghasil serat, tetapi memiliki manfaat lain. Bahkan, rami digolongkan sebagai komoditas *zero waste*. Artinya, limbah hasil olahan yang berupa serat dapat diolah menjadi berbagai produk alternatif. Tidak hanya limbah olahan, seluruh bagian tanaman rami yang tidak diolah bisa dijadikan produk dengan nilai ekonomi tinggi. Pemanfaatan bagian lain dari tanaman rami selain sebagai penghasil serat ditunjukkan oleh Tabel 2 :

**Tabel 2.** Kandungan tanaman rami

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 (1,43 ppm)
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)

Tanaman rami cocok ditanam di daerah tropis, salah satunya adalah Indonesia dengan ketinggian ideal 400 m sampai 1500 m diatas permukaan air laut. Curah hujan yang dibutuhkan yaitu 90 mm/bulan yang merata sepanjang tahun, kondisi tanah datar

terbuka serta berstruktur ringan seperti tanah liat berpasir (*sandy-clay*) dengan pH 5,6 sampai dengan 6,5. Umur produktif tanaman rami yaitu 6 sampai dengan 8 tahun dimana dapat dipanen 5 sampai dengan 6 kali dalam satu tahun. Batang tanaman rami tumbuh *rhizome* yang berbentuk ramping dan pertumbuhannya dapat mencapai ketinggian diatas 250 cm, diameter batangnya yaitu antara 8 sampai 20 mm dengan berat batang 60 sampai dengan 140 gram dan jumlah perumpun 4 sampai 12 batang serta memiliki warna hijau sampai coklat (Whei *et al.*, 2011).

### 2.5. Metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*)

Spektrometri merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Salah satu bagian dari spektrometri ialah Spektrometri Serapan Atom (SSA), merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog *et al.*, 2000).

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom dimana terjadi penyerapan energi oleh atom sehingga atom mengalami transisi elektronik dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. 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 (Al-Anshori, 2005).

Penentuan konsentrasi logam Zn 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, dimana larutan standar untuk logam Zn, 0 ppm, 0,5 ppm, 1,0 ppm, 1,5 ppm, dan 2,0 ppm (Rahayu *et al.*, 2013).

Komposisi yang dibutuhkan untuk pembentukan atom bebas adalah:

a. Sumber Sinar

Sumber cahaya yang digunakan dalam alat AAS ialah lampu katoda berongga (*hollow cathode lamp*). Lampu ini terdiri dari suatu katoda dan anoda yang terletak dalam suatu silinder gelas berongga yang terbuat dari kwarsa. Katoda terbuat dari logam yang akan dianalisis. Silinder gelas berisi suatu gas lembam pada tekanan rendah. Ketika diberikan potensial listrik maka muatan positif ion gas akan menumbuk katoda sehingga terjadi pemancaran spektrum garis logam yang bersangkutan.

b. Monokromator dan Sistem Optik

Berkas cahaya dari lampu katoda berongga akan dilewatkan melalui celah sempit dan difokuskan menggunakan cermin menuju monokromator. Monokromator dalam alat SSA akan memisahkan, mengisolasi dan mengontrol intensitas energi yang diteruskan ke detektor. Monokromator yang biasa digunakan ialah monokromator difraksi grating.

c. 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*.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juni 2019 di *Glasshouse* Kebun Percobaan Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian (STTP), Kabupaten Malang. Sedangkan analisis kandungan logam seng (Zn) dan pH tanah dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang. Pengukuran biomassa tanaman rami dilakukan di Laboratorium Biologi Jurusan Tanah Universitas Brawijaya.

#### 3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian terdapat dua macam yaitu alat yang digunakan pada lapangan, dan alat yang digunakan dalam laboratorium.

##### A. Lapangan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, pot plastik, meteran, gelas ukur, papan alfboard. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan adalah bahan pencemar berupa  $Zn(NO_3)_2$ , bibit rami sebagai tanaman fitoremediator, media tanam berupa campuran tanah, kompos, dan *cocopeat* dengan perbandingan 2:1:1, serta aquades sebagai pelarut bahan pencemar.

##### B. 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 percobaan dilaksanakan dalam pot plastik yang dilakukan di *glasshouse* 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 adalah sebagai berikut :

**Tabel 3.** Perlakuan konsentrasi seng

NO	Kode	Perlakuan
1	P0	Tanpa perlakuan seng
2	P1	Seng dengan konsentrasi 120 ppm
3	P2	Seng dengan konsentrasi 190 ppm
4	P3	Seng dengan konsentrasi 260 ppm
5	P4	Seng dengan konsentrasi 330 ppm
6	P5	Seng dengan konsentrasi 400 ppm

Tabel diatas menunjukkan dosis perlakuan yang diaplikasikan pada penelitian. Penentuan beberapa dosis perlakuan didasarkan pada kriteria ambang batas normal dan batas kritis seng yang ada di dalam tanah dan tanaman. Menurut (Barchia, 2009), logam berat seng pada ambang batas kritis pada tanah adalah 70 ppm sedangkan untuk tanaman adalah 100-400 ppm.

### 3.4. Pelaksanaan Penelitian

Berikut merupakan proses pelaksanaan penelitian :

#### A. Aklimatisasi Tanaman Rami (*Boehmeria nivea*)

Aklimatisasi adalah proses penyesuaian diri tanaman terhadap perubahan kondisi lingkungan. Sampel yang digunakan diambil dari kebun percobaan Balittas yang kemudian di aklimatisasi selama 14 hari agar tanaman mampu beradaptasi dengankondisi lingkungan yang berbeda dari tempat asalnya.

#### B. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah tanah, kompos, dan *cocopeat* dengan perbandingan 2:1:1. Tanah yang digunakan sebagai media tanam diambil di lahan sekitar Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian, Kecamatan Sukun, 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 pot plastik.

#### C. Penanaman Tanaman Rami

Setelah persiapan media tanam selesai, maka dapat dilakukan penanaman tanaman rami dengan menggunakan rhizome yang diperoleh dari BALITTAS. Penanaman bibit dilakukan sebanyak 1 bibit tiap pot plastik berukuran 40 x 40 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 (Wiyantoko *et al.*, 2017).

#### D. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan dilakukan dengan harapan untuk melindungi dan mempertahankan kondisi tanaman rami supaya pertumbuhan tanaman rami tetap terjaga. Adapun kegiatan pemeliharaan yang dilakukan yaitu penyiraman yang dilakukan setiap hari sekali pada pagi hari. Kemudian penyiangan yang dilakukan secara manual ketika terdapat gulma didalam pot. Selain itu, dilakukan pengendalian hama secara mekanis maupun kimia jika diperlukan.

#### E. Analisis Tanah Dasar

Analisis tanah dasar dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya pH dan kandungan logam berat sebelum dilakukan perlakuan. Hal ini penting dilakukan karena terkait dengan indikator kesuburan tanah serta untuk mengetahui keberadaan logam beracun.

#### F. Aplikasi Bahan Pencemar

Pembuatan larutan logam  $Zn(NO_3)_2$  dilakukan di laboratorium FMIPA Universitas Negeri Malang. Sebelumnya dilakukan penimbangan Zn yang dilakukan sesuai dengan masing-masing konsentrasi perlakuan yakni 120 ppm, 190 ppm, 260 ppm, 330 ppm, 400 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 seng dilakukan pada saat tanaman berumur 50 HST yaitu pada masa vegetatif tanaman atau pada saat bunga belum muncul.

#### G. 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 metode AAS sesuai SNI. Uji Zn mengacu SNI 06-6989.8-2004. Sampel tanah dan tanaman dianalisis di laboratorium untuk diketahui besarnya kandungan logam seng yang terdapat pada sampel tanah dan tanaman tersebut. Analisis

laboratorium dilakukan pada masing-masing sampel yakni sampel tanah dan tanaman sebagai berikut:

#### H. 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.

#### I. 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 seng pada masing-masing bagian tanaman.

### 3.5. Faktor Transfer

Perhitungan nilai faktor transfer untuk mengetahui rasio konsentrasi Zn dalam tanaman dibandingkan nilai konsentrasinya dalam media tempat tumbuh. Dengan kata lain yaitu untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tanaman mentranslokasikan logam berat dalam akar ke seluruh bagian tanaman (Mellem *et al.*, 2012). Berikut merupakan cara perhitungan nilai faktor transfer:

$$FT = \frac{\text{Logam berat pada tanaman}}{\text{Logam berat pada tanah}}$$

Menurut (Rachmatulloh *et al.*, 2015) nilai faktor transfer lebih besar dari 1,0 merupakan batas ambang terendah suatu tanaman disebut pengakumulator logam. Pada faktor transfer lebih dari 1,0 jumlah logam yang terkonsentrasi didalam tanaman lebih

besar daripada yang terkonsentrasi didalam tanah, sehingga material tanaman yang harus dibuang lebih sedikit jika dibandingkan dengan jumlah tanah yang harus dipindahkan untuk berat kontaminasi yang sama. Hal tersebut menunjukkan bahwa fitoremediasi dapat menghemat biaya pembersihan. Adapun menurut (Taylor, 2006) bahwa nilai faktor transfer (FT)  $>1$  maka tanaman tersebut memiliki kemampuan menyerap dan melakukan mobilisasi logam berat dengan baik. Sedangkan jika nilai FT  $<1$  maka tanaman tersebut rendah dalam melakukan mobilisasi logam berat.

### 3.6. Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan yang diamati adalah kondisi fisik tanaman yang diamati setiap satu kali dalam satu minggu. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, jumlah daun, serta kadar logam berat baik yang berada di tanah maupun di tanaman.

#### A. Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman rami dilakukan dengan menggunakan meteran (cm) yang dilakukan setiap satu kali dalam satu minggu selama penelitian berlangsung dan dimulai pada 14 hari setelah tanam hingga panen dengan metode non-destruktif.

Pengukuran tinggi tanaman mulai dari pangkal batang hingga ujung tertinggi batang

#### B. Jumlah Daun

Perhitungan jumlah daun dilakukan setiap satu kali dalam satu minggu selama penelitian berlangsung yang dimulai pada 14 hari setelah tanam hingga panen dengan metode non-destruktif. Perhitungan dilakukan secara manual dengan menghitung daun yang sudah membuka sempurna karena diduga telah aktif melakukan metabolisme.

#### C. Kandungan Zn pada Tanah

Pengukuran konsentrasi Zn pada tanah dilakukan pada akhir panen. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara menancapkan pipa di tanah hingga dasar polybag lalu ditarik keluar. Selanjutnya tanah dikeluarkan dari pipa dan dimasukkan dalam plastik. Hal ini dilakukan pada 24 sampel pengamatan dalam polybag. Selanjutnya tanah dapat dianalisis untuk konsentrasi Zn dengan metode AAS di laboratorium.

#### D. pH Tanah

Pengukuran pH tanah dilakukan saat sebelum dan sesudah diberi perlakuan konsentrasi larutan logam berat Zn untuk mengetahui kadar kenaikan atau penurunan pH tanah. Tanah yang telah lolos ayakan 2,0 mm lalu ditimbang 5 gram dan diberi aquades 10 ml. Kemudian dikocok selama 1 jam dan didiamkan selama 24 jam. Setelah itu diukur dengan menggunakan pH meter.

#### E. Kandungan Zn pada Tanaman

Konsentrasi Zn juga dilakukan pada tanaman rami pada akhir panen. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil bagian akar serta tajuk tanaman rami. Sampel daun dan akar tanaman dicuci bersih, kemudian ditiriskan. Selanjutnya analisis konsentrasi Zn dapat dilakukan di Laboratorium dengan metode AAS.

#### F. Biomassa Tanaman

Pengukuran biomassa tanaman dilakukan setelah tanaman rami siap dipanen. Biomassa tanaman dilakukan dengan tujuan mengetahui total bobot kering seluruh bagian tanaman untuk mengetahui adanya pengaruh konsentrasi logam berat Zn yang telah diserap oleh tanaman rami.

### 3.7. Analisis Pendahuluan

Analisis awal yang dilakukan meliputi pH tanah, konsentrasi Zn sebelum dilakukan perlakuan dosis logam berat Seng (Zn).

**Tabel 4.** Data analisis awal

Analisis	Nilai	Kategori
Zn Tanah Awal	2,47 ppm	Batas normal
pH	5,5	Agak masam

Keterangan: Kriteria berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2009). Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang.

Awal pengujian kadar logam berat Zn (Tabel 4) menunjukkan tanah sebagai media tumbuh tanaman rami telah mengandung logam berat Zn. Kandungan logam berat Zn didalam tanah secara alamiah telah ada namun dalam jumlah yang sedikit, kecuali tanah daerah pertambangan atau tanah tersebut sudah tercemar (Darmono, 2008). Nilai derajat kemasaman (pH) tergolong netral. Berdasarkan kriteria penilaian

sifat kimia tanah LPT (1983) bahwa pH dengan nilai 5,5-6,5 tergolong agak masam, sedangkan pH dengan nilai 6,6-7,5 tergolong netral.

### 3.8. Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan uji taraf 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter penelitian. Apabila nilai menunjukkan pengaruh nyata maka dilakukan uji lanjutan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) taraf 5 % untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.



## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Penurunan Konsentrasi Zn dalam Tanah

Setelah dilakukan kegiatan fitoremediasi menggunakan tanaman rami, kadar logam berat Zn dalam tanah mengalami penurunan. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada Tabel 5.

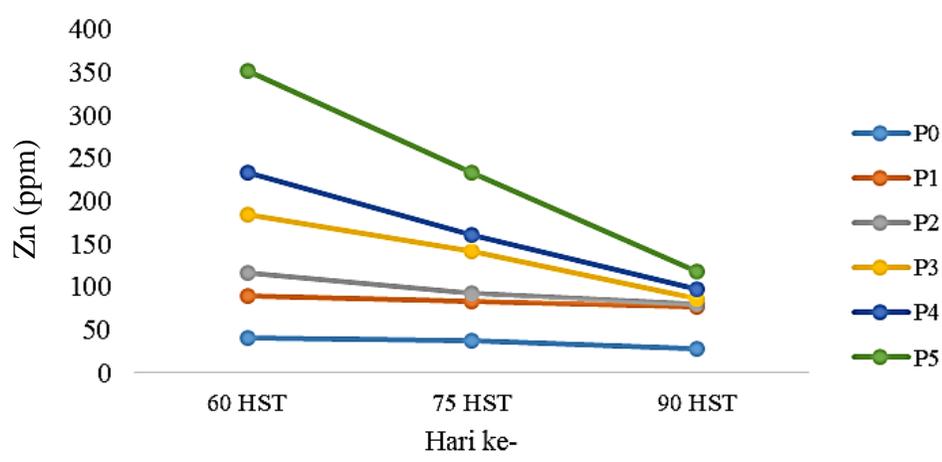
**Tabel 5.** Konsentrasi logam Zn dalam tanah

Perlakuan	Hari ke- 60 (ppm)	Hari ke-75 (ppm)	Hari ke-90 (ppm)
P0	41,2 a	37,9 a	27,63 a
P1	89,1 ab	84,2 b	76,7 b
P2	116,6 b	92,2 b	81,04 b
P3	184,6 c	141,9 c	87,6 bc
P4	233,7 c	161,2 c	97,44 c
P5	351,4 d	233,6 d	117,39 d

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 Zn dengan dosis 0 ppm, P1 adalah dosis Zn 120 ppm, P2 adalah dosis Zn 190 ppm, P3 adalah dosis Zn 260 ppm, P4 adalah dosis Zn 330 ppm, dan P5 adalah dosis Zn 400 ppm.

Pemberian larutan Zn ke dalam tanah menyebabkan kandungan Zn semakin meningkat. Oleh karena itu dilakukan pengamatan setiap dua minggu sekali untuk mengetahui penurunan kadar Zn yang telah ditanami tanaman rami. Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) yang dilanjutkan dengan uji DMRT taraf 5% menunjukkan bahwa konsentrasi larutan Zn pada masing-masing perlakuan menunjukkan berbeda nyata (Lampiran 18, 19, dan 20). Kadar Zn yang tersisa di dalam tanah pada perlakuan P5 lebih tinggi dari pada perlakuan yang lainnya yaitu 351,4 ppm, 233,6 ppm, dan 117,39 ppm sedangkan kadar Zn yang paling sedikit terdapat pada P0 dengan nilai 41,2 ppm, 37,9 ppm, dan 27,63 ppm.

Pengukuran Zn pada tanah dilakukan tiap 2 minggu setelah diberi perlakuan logam berat Zn (yaitu mulai hari ke-60, hari ke-75, dan hari ke 90) dimana tanah yang diambil di daerah sekitar *rhizosfer* tanaman. Menurut (Surahmaida dan Sarwoko, 2017) tujuan dilakukan pengukuran tersebut adalah untuk *monitoring* pertumbuhan tanaman rami sehingga tidak sampai merusak tanaman, dan untuk mengetahui kemampuan tanaman rami dalam meremediasi tanah tercemar logam seng (Zn).



**Gambar 3.** Penurunan Konsentrasi Zn dalam Tanah

Berdasarkan grafik pada Gambar 3 menunjukkan bahwa P5 memiliki penurunan konsentrasi Zn paling signifikan. Hal tersebut diduga karena P5 memiliki konsentrasi Zn paling tinggi dalam tanah sehingga tanaman rami menyerap logam Zn lebih banyak pula. Sedangkan P0 cenderung konstan walaupun pada hari ke 75 menuju hari ke 90 mengalami penurunan. Hal tersebut karena tidak diberikan perlakuan konsentrasi logam Zn sehingga tanaman tidak banyak menyerap logam Zn.

#### 4.2. Nilai pH Tanah

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi tanaman rami dalam menyerap unsur hara tersedia dalam tanah. Sehingga dalam hal ini, pH mempengaruhi proses pertumbuhan tanaman. Tabel 6 menunjukkan nilai pH tanah setelah pemberian dosis perlakuan logam berat seng (Zn).

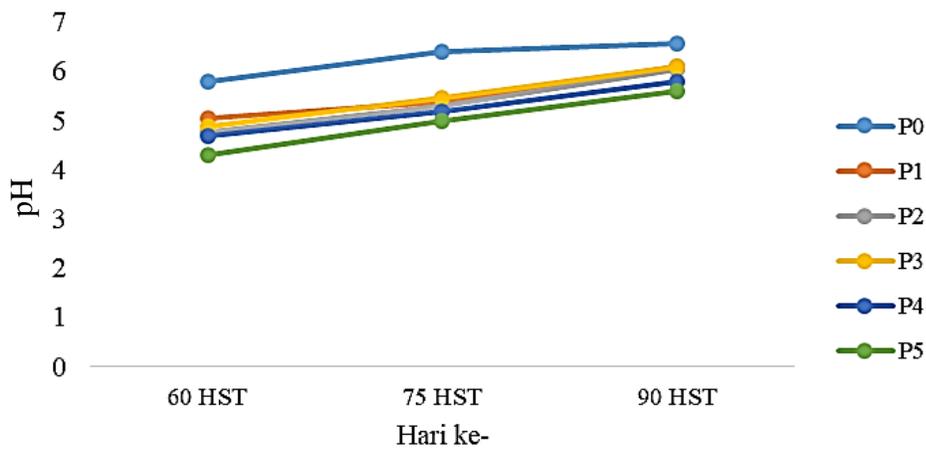
**Table 6.** Nilai pH tanah

Perlakuan	Hari ke- 60 (ppm)	Hari ke-75 (ppm)	Hari ke-90 (ppm)
P0	5,78 c	6,4 b	6,56 d
P1	5,05 b	5,38 a	6,08 bc
P2	4,78 ab	5,3 a	6,05 c
P3	4,88 b	5,45 a	6,08 c
P4	4,68 ab	5,18 a	5,78 ab
P5	4,3 a	5 a	5,6 a

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 Zn

dengan dosis 0 ppm, P1 adalah dosis Zn 120 ppm, P2 adalah dosis Zn 190 ppm, P3 adalah dosis Zn 260 ppm, P4 adalah dosis Zn 330 ppm, dan P5 adalah dosis Zn 400 ppm.

Hasil analisis ragam (ANOVA) pemberian perlakuan logam berat Zn memberikan pengaruh nyata terhadap nilai pH dengan nilai P-Value <0,05 (Lampiran 23, 24, dan 25). Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai pH yang ada di dalam tanah pada tiap konsentrasi dan selama waktu pemaparan mengalami kenaikan. Tanah pada P0 memiliki nilai pH tertinggi karena tidak ada perlakuan logam Zn sehingga pH mendekati netral. Sedangkan P5 memiliki nilai pH terendah karena terdapat konsentrasi logam Zn paling tinggi yaitu 400 ppm. Menurut (Kurniawati *et al.*, 2018) semakin besar konsentrasi logam pada media, maka akan semakin rendah nilai pH pada media karena logam bersifat asam. Namun setelah dilakukan fitoremediasi, nilai pH tanah sedikit naik mendekati netral. Hal tersebut mengindikasikan terjadinya reaksi setelah dilakukan fitoremediasi. Berikut merupakan grafik nilai pH setelah fitoremediasi.



**Gambar 4.** Nilai pH Tanah setelah Fitoremediasi

Konsentrasi logam dalam tanah dipengaruhi oleh reaksi tanah dan fraksi-fraksi tanah yang bersifat dapat mengikat ion logam. Dengan peningkatan pH, kadar logam berat dalam fase larutan menurun akibat meningkatnya reaksi hidrolisis, kerapatan kompleks, adsorpsi, dan muatan yang dimiliki koloid tanah.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa pH bersama dengan mineral liat dan kandungan oksida hidrat dapat mengatur adsorpsi spesifik logam berat yang meningkat secara linear dengan pH sampai tingkat maksimum (Charlena, 2004).

### 4.3. Pertumbuhan Tanaman Rami

#### 4.3.1. Pengaruh Larutan $Zn(NO_3)_2$ terhadap Tinggi Tanaman Rami

Tinggi tanaman merupakan parameter yang diamati untuk mengetahui pertumbuhan tanaman rami setiap minggunya. Hal tersebut bertujuan untuk memperoleh ukuran kuantitatif dalam membandingkan pertumbuhan tanaman rami baik dari aspek fisiologis maupun ekologis. Pengamatan dilakukan selama 3 bulan yaitu pada 15, 30, 45, 60, 75, dan 90 HST (Hari Setelah Tanam).

**Tabel 7.** Tinggi tanaman rami

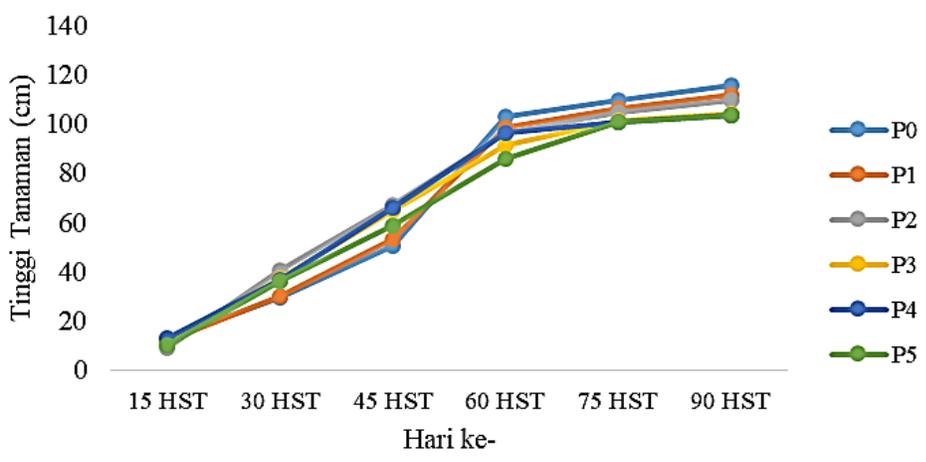
Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)					
	15 HST	30 HST	45 HST	60 HST	75 HST	90 HST
P0	13	29,75	50,25	103 c	109,5 ab	115,5 bc
P1	11,75	30	53	98,5 bc	106,25 b	111,5 c
P2	9,25	40,75	67,25	96,5 bc	104,75 ab	109,75 b
P3	11,25	37	64,75	91,5 ab	101 a	104 a
P4	12,75	36,5	65,75	96,5 bc	100,75 a	103,75 a
P5	9,9	36,3	58,8	85,75 a	100,8 a	103,25 a

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 Zn dengan dosis 0 ppm, P1 adalah dosis Zn 120 ppm, P2 adalah dosis Zn 190 ppm, P3 adalah dosis Zn 260 ppm, P4 adalah dosis Zn 330 ppm, dan P5 adalah dosis Zn 400 ppm.

Tinggi tanaman pada hari ke-15, 30, dan 45 memiliki nilai yang tidak berbeda nyata karena belum diaplikasikan perlakuan konsentrasi logam berat seng (Zn).

Pengaplikasian konsentrasi logam berat seng (Zn) dimulai ketika tanaman rami telah melewati masa vegetatif yaitu pada 50 HST dengan tujuan supaya tanaman mampu menyerap logam berat Zn dengan optimal. Pada hari ke-60, 75, dan 90 hasil analisis ragam (ANOVA)  $P < 0,05$  pada pertumbuhan tinggi tanaman rami memiliki nilai yang berbeda nyata terhadap konsentrasi bahan pencemar yang diaplikasikan (Lampiran 9, 10, dan 11). Tanaman rami tetap mengalami pertumbuhan namun cenderung terhambat akibat konsentrasi logam berat Zn yang diberikan. Tabel 7 menunjukkan bahwa pada perlakuan P0 memiliki nilai paling tinggi dibandingkan ke lima perlakuan. Hal tersebut

disebabkan karena tidak ada perlakuan konsentrasi logam berat Zn sehingga pertumbuhan tanaman rami normal. Sedangkan P5 memiliki nilai paling rendah karena adanya perlakuan konsentrasi logam Zn paling tinggi yaitu 400 ppm. Berikut merupakan grafik dari tinggi tanaman rami selama waktu pemaparan.



Gambar 5. Tinggi Tanaman Rami

Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan logam Zn dalam tanah, penambahan tinggi tanaman rami semakin rendah sehingga menjadi indikator bahwa pencemaran logam berat mengganggu proses metabolisme pertumbuhan tanaman rami (Widyati, 2011).

4.3.2. Pengaruh Larutan Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> terhadap Jumlah Daun Tanaman Rami

Pengamatan jumlah daun merupakan indikator untuk mengetahui pertumbuhan tanaman rami selain tinggi tanaman. Nilai jumlah daun tanaman rami disajikan dalam

Tabel 8.

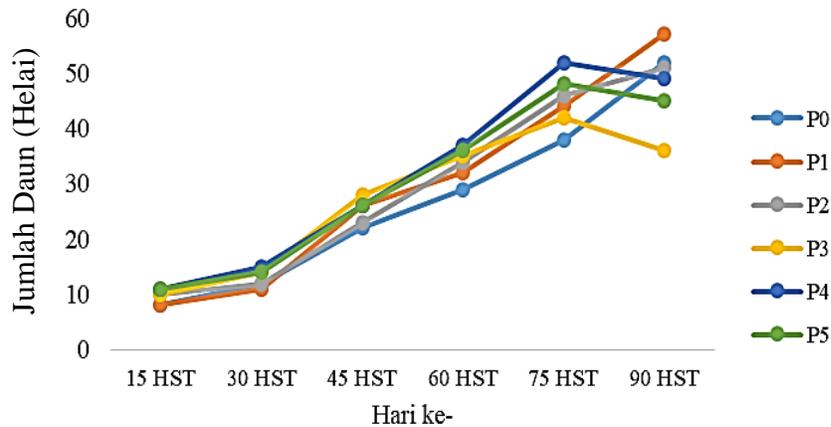
Table 8. Jumlah daun tanaman rami

Perlakuan	Jumlah daun					
	15 HST	30 HST	45 HST	60 HST	70 HST	90 HST
P0	8	12	22	29 a	38 a	52 cd
P1	8	11	26	32 ab	44 abc	57 d
P2	10	12	23	34 b	46 bcd	51 bcd
P3	10	14	28	35 b	42 ab	36 a
P4	11	15	26	37 b	52 d	49 bc
P5	11	14	26	36 b	48 cd	46 a

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 Zn

dengan dosis 0 ppm, P1 adalah dosis Zn 120 ppm, P2 adalah dosis Zn 190 ppm, P3 adalah dosis Zn 260 ppm, P4 adalah dosis Zn 330 ppm, dan P5 adalah dosis Zn 400 ppm.

Jumlah daun tanaman rami pada hari ke-15, 30, dan 45 memiliki nilai yang tidak berbeda nyata sedangkan pada hari ke-60, 75, dan 90 memiliki nilai yang berbeda nyata (Lampiran 15, 16, dan 17). Tabel 8 menunjukkan bahwa setiap perlakuan mengalami pertambahan dan pengurangan daun pada waktu tertentu. Selain itu, hampir semua perlakuan mengalami peningkatan jumlah daun dari awal hingga akhir pengamatan, hanya perlakuan P3, P4, dan P5 yang mengalami penurunan jumlah daun akibat daun rontok. Menurut (Mirecki *et al.*, 2015), Konsentrasi seng (Zn) yang tinggi pada tanaman dapat menyebabkan kerontokan daun, sedangkan konsentrasi seng (zn) yang rendah mampu meningkatkan pembentukan daun baru.



**Gambar 6.** Jumlah Daun Tanaman Rami

Jumlah daun Pada P3, P4, dan P5 mengalami kerontokan pada daun tua yaitu pada 90 HST. Gejala kerontokan diawali dengan perubahan warna daun yang menguning (Gambar 7). Hal tersebut diduga karena tanaman menyerap logam Zn yang tinggi sehingga menimbulkan gejala keracunan. Menurut Widyati (2011) kelebihan penyerapan unsur Fe, Cu, dan Zn pada tanaman *A. crassicarpa* menyebabkan tanaman memiliki daun yang berwarna kuning.



**Gambar 7.** Perubahan Daun Tanaman Rami yang Menguning

#### 4.3.3. Konsentrasi Larutan $Zn(NO_3)_2$ dalam Tanaman Rami

Hasil analisis ragam ANOVA ( $P < 0,05$ ) menunjukkan terdapat pengaruh nyata antara kadar logam bagian tajuk dan kadar logam bagian akar tanaman rami (Lampiran 21 dan 22). Kemudian dilanjutkan dengan uji lanjutan DMRT taraf 5% sehingga didapatkan perbedaan antar perlakuan. Berdasarkan tabel 9, nilai konsentrasi Zn pada P5 (dosis perlakuan Zn 400 ppm) memiliki nilai paling tinggi sedangkan P0 (perlakuan kontrol) memiliki nilai paling rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa kadar logam Zn yang ada pada akar dan tajuk tanaman rami berbanding lurus dengan jumlah dosis yang diberikan dimana P5 merupakan dosis tertinggi.

**Tabel 9.** Nilai konsentrasi Zn dalam tanaman rami

Perlakuan	Zn pada Tajuk (ppm)	Zn pada Akar (ppm)
P0	4,49 a	6,16 a
P1	7,65 b	10,88 b
P2	10,14 c	18,14 c
P3	10,73 c	19,61 cd
P4	13,49 d	22,48 d
P5	14,95 d	26,41 e

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 Zn dengan dosis 0 ppm, P1 adalah dosis Zn 120 ppm, P2 adalah dosis Zn 190 ppm, P3 adalah dosis Zn 260 ppm, P4 adalah dosis Zn 330 ppm, dan P5 adalah dosis Zn 400 ppm.

Berdasarkan Tabel 9 menunjukkan bahwa konsentrasi Zn pada akar memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi Zn pada tajuk. Besarnya penyerapan kadar Zn pada akar tanaman juga dikarenakan akar mempunyai sistem penghentian transpor logam menuju daun sehingga terdapat penumpukkan logam di akar (Kumar *et al.*, 1995). Selain itu, menurut (Prihandrijanti *et al.*, 2009) dalam penelitiannya

menyebutkan bahwa akar tumbuhan memiliki kemampuan mentraslokasikan logam berat lebih banyak dibandingkan bagian tunas atau pucuk.

Oleh karena itu, mekanisme fitoremediasi yang mungkin terjadi pada Tanaman Rami (*Boehmeria nivea*) dengan data yang didapat pada penelitian ini adalah

*Rhizofiltration* dan *Phytoextraction*. *Rhizofiltration* merupakan proses dimana adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan dilakukan oleh akar (Salt *et al.*, 2000). Mekanisme *Rhizofiltration* diduga terjadi karena akumulasi logam Zn banyak terdapat pada bagian akar. Secara umum *Rhizofiltration* mempunyai kemampuan lebih efektif dalam mengolah logam berat. Hal tersebut dapat terjadi karena akar tanaman memiliki afinitas yang tinggi dan sistem transport aktif secara biologis dalam mengakumulasi logam-logam (Dita, 2008). Mekanisme fitoremediasi yang kedua yang mungkin terjadi dalam Tanaman Rami (*Boehmeria nivea*) adalah *Phytoextraction*. Berdasarkan Tabel 9 terlihat bahwa Tanaman Rami (*Boehmeria nivea*) juga mengakumulasi logam Zn pada bagian tajuk (batang dan daun). Mekanisme *Phytoextraction* meliputi penyerapan kontaminan oleh akar tanaman selanjutnya ditranslokasikan kedalam organ tanaman (Ghosh dan Singh, 2005). Pada proses pengubahan kontaminan terjadi dibagian akar dan sebagian diantaranya diakumulasikan kedalam biomassa tanaman, baik pada batang dan daun (Tjahaja *et al.*, 2006)

#### 4.3.4. Pengaruh Larutan $Zn(NO_3)_2$ terhadap Biomassa Tanaman Rami

Pengukuran biomassa dilakukan dengan mengetahui berat kering tanaman yang dipengaruhi oleh konsentrasi logam Zn yang mampu diserap oleh tanaman. Nilai biomassa tanaman rami dapat disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Nilai biomassa tanaman rami

Perlakuan	Bobot Kering (g/tanaman)	
	Tajuk	Akar
P0	50,58 b	53,98 c
P1	36,51 a	40,75 b
P2	36,71 a	39,64 ab
P3	35,54 a	39,12 ab
P4	34,76 a	37,55 ab
P5	34,6 a	36,13 a

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 Zn

dengan dosis 0 ppm, P1 adalah dosis Zn 120 ppm, P2 adalah dosis Zn 190 ppm, P3 adalah dosis Zn 260 ppm, P4 adalah dosis Zn 330 ppm, dan P5 adalah dosis Zn 400 ppm.

Hasil analisis ragam ANOVA ( $P < 0,05$ ) menunjukkan terdapat pengaruh nyata dari bobot kering akar dan tajuk tanaman rami (Lampiran 26 dan 27). Semakin tinggi konsentrasi Zn dalam tanah dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan tanaman, sehingga produksi biomassa pun menurun. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Filter dan Hay, 2004) bahwa logam berat dapat mengganggu proses metabolisme tanaman sehingga terhambatnya pembentukan sel-sel tanaman dan jaringan meristem pada akar. Hal tersebut dapat menurunkan pertumbuhan tajuk dan akar sehingga dapat menurunkan produksi biomassa tanaman. Peningkatan tinggi tanaman yang tidak diikuti kenaikan berat kering tanaman mengindikasikan bahwa proses fotosintesis tidak berjalan dengan baik (Hindersah dan Matheus, 2015).

#### 4.4. Potensi Tanaman Rami Sebagai Tanaman Hiperakumulator

Penentuan tanaman sebagai hiperakumulator dapat ditentukan berdasarkan faktor transfer (Tjahaya, 2007). Faktor transfer dapat diketahui dengan mengukur konsentrasi logam Zn yang ada pada tanaman dan konsentrasi logam Zn yang ada pada tanah. Faktor transfer dari tanah ke tanaman merupakan proses penting dalam kaitannya dengan fitoremediasi (Rossiana, 2007). Nilai faktor transfer dapat disajikan pada tabel

11

**Tabel 11.** Nilai faktor transfer

Perlakuan	Konsentrasi Zn		Nilai Faktor Transfer (FT)
	Pada Tanaman	Pada Tanah	
P0	10,65	27,63	0,39
P1	18,53	76,7	0,24
P2	28,28	81,04	0,35
P3	30,34	87,6	0,35
P4	35,97	97,44	0,37
P5	41,36	117,39	0,35

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 Zn dengan dosis 0 ppm, P1 adalah dosis Zn 120 ppm, P2 adalah dosis Zn 190 ppm, P3 adalah dosis Zn 260 ppm, P4 adalah dosis Zn 330 ppm, dan P5 adalah dosis Zn 400 ppm.

Pada tabel 11 menunjukkan bahwa tanaman rami memiliki nilai Faktor transfer (FT) yang kurang dari 1 yang berarti tanaman rami bukan termasuk tanaman hiperakumulator, melainkan hanya sebagai tanaman *metal excluder species*. Hal ini

didasari dari pernyataan (Mirecki *et al.*, 2015) yang menyatakan bahwa nilai faktor transfer yang lebih besar dari 1 dapat dikategorikan sebagai *metal accumulator species*, sedangkan tumbuhan yang mempunyai nilai faktor transfer yang kurang dari 1 dikategorikan sebagai *metal excluder species*. Tanaman yang dikategorikan sebagai *metal accumulator species* merupakan tanaman yang mengkonsentrasi logam yang tinggi pada bagian aerialnya (batang dan daun) tanpa ekskresi kerusakan struktur dan fungsi tanaman. Sedangkan tanaman yang dikategorikan sebagai *metal excluder species* merupakan tanaman yang mencegah masuknya logam berat dari tanah dan menjaga konsentrasi logam berat tersebut mengeksudat bahan *chelating* tanaman melalui akar. Dalam hal ini tanaman rami dapat dikategorikan sebagai *metal excluder species*.

#### 4.5. Pembahasan Umum

Tanaman rami (*Boemeria nivea*) merupakan salah satu tanaman yang 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 0 ppm, 120 ppm, 190 ppm, 260 ppm, 330 ppm serta 400 ppm. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Zhu *et al.*, 2013) menjelaskan 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.

Perlakuan masing-masing dosis yang diberikan memberikan pengaruh yang berbeda nyata pada uji ANOVA ( $P < 0,05$ ). Pada perlakuan P0 (kontrol) mengandung Zn sebesar 2,47 ppm. Selain itu juga, hal tersebut diduga karena sebelum di aplikasikan larutan Zn pada perlakuan kontrol juga diberikan pupuk organik, sehingga diduga kandungan logam Zn tersebut berasal dari pupuk dasar yang diaplikasikan. Sesuai dengan pernyataan (Alloway, 1995), selain disebabkan oleh aktivitas perindustrian, kadar Zn dalam tanah juga dipengaruhi oleh kegiatan pertanian itu sendiri. Sumber utama polutan Zn dalam tanah adalah aktivitas pertambangan dan peleburan logam, pertanian yang menggunakan pupuk dari sisa limbah, dan pertanian dengan bahan kimia (pupuk dan pestisida). Berbagai jenis pupuk, baik pupuk inorganik maupun

organik seperti pupuk P, pupuk N, pupuk kandang, kapur dan kompos mengandung berbagai logam salah satunya Zn. Pupuk P mengandung Zn sebesar 50-1450 mg/kg, pupuk N mengandung Zn sebesar 1-42 mg/kg, pupuk kandang mengandung Zn sebesar 15-566 mg/kg, kapur mengandung Zn sebesar 10-450 mg/kg, dan kompos mengandung Zn sebesar 82-5894 mg/kg.

Selain itu juga pemberian bahan pencemar logam berat juga berpengaruh terhadap pH tanah. Menurut (Wiyantoko *et al.*, 2017) yang menjelaskan bahwa, proses sirkulasi logam Zn 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 yang tergolong netral yaitu antara 5,7-6,7. Pernyataan tersebut selaras dengan penjelasan (Abror, *et al.*, 2013) bahwa nilai pH dengan ketersediaan logam berat Zn yang ada di dalam tanah berbanding terbalik, dimana peningkatan pH diikuti oleh penurunan kandungan logam berat Zn yang ada di dalam tanah. Hal tersebut didukung dengan pernyataan (Amalina *et al.*, 2015) ketika dilakukan pemberian bahan pencemar yang mengandung logam berat, logam berat tersebut akan bereaksi dengan ion hidroksida sehingga membentuk padatan hidroksida berupa  $Zn(OH)^-$ . Penurunan Kadar Zn dalam tanah dikarenakan tanaman mampu menyerap logam Zn yang ada dalam tanah kemudian diakumulasikan didalam jaringan tanaman.

Penurunan kandungan Zn dalam tanah menunjukkan bahwa terjadinya pemindahan logam dari tanah ke bagian tanaman melalui jaringan pengangkut xylem dan floem. Logam berat Zn pada tanaman rami paling banyak terakumulasi pada bagian akar dibandingkan bagian tajuk. Hal tersebut dikarenakan Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dibagi menjadi tiga proses, yaitu : Pertama, 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. Senyawa-senyawa yang larut dalam air biasanya diambil oleh akar bersama air, sedangkan senyawa-senyawa hidrofobik diserap oleh permukaan akar. Kedua, 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 (xylem dan floem) ke bagian tanaman lainnya. Ketiga, 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 (Priyatno *et al.*, 2008). Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman rami mengalami proses Rhizofiltrasi. Tanaman yang toleran terhadap logam berat cenderung membatasi translokasi dari tanah ke akar dan akar ke tajuk karena memiliki akumulasi logam yang sedikit dalam biomassa mereka, sedangkan tanaman *hyperaccumulator* secara aktif mengambil dan mentranslokasi logam menjadi biomassa di atas permukaan tanah mereka (Yoon *et al.*, 2006). Berdasarkan perhitungan faktor translokasi, tanaman rami dapat dikategorikan sebagai fitostabilisasi atau *metal excluder species* dimana proses yang dilakukan oleh tanaman untuk mentransformasi polutan menjadi senyawa non toksik tanpa menyerap terlebih dahulu polutan tersebut dalam tubuh tanaman.

Selain itu, produksi biomassa tanaman dipengaruhi oleh konsentrasi logam. Produksi biomassa tanaman paling tinggi yaitu pada perlakuan kontrol dengan dosis Zn 0 ppm, dan produksi biomassa paling rendah terdapat pada perlakuan dengan dosis Zn tertinggi yaitu 400 ppm. Semakin tinggi konsentrasi Zn dalam tanah dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan tanaman, sehingga produksi biomassa pun menurun. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Filter dan Hay, 2004) bahwa logam berat dapat mengganggu proses metabolisme tanaman, sehingga membantu pembentukan sel-sel tanaman dan jaringan meristem pada akar. Menurunnya pertumbuhan jaringan pada akar dapat mengakibatkan penurunan pertumbuhan bagian tajuk tanaman. Sehingga hal tersebut dapat menurunkan produksi biomassa tanaman.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Konsentrasi Zn pada tanaman rami berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman rami, sehingga pertumbuhan tanaman rami terhambat akibat perlakuan konsentrasi larutan logam berat Zn.
2. Mekanisme fitoremediasi yang dihasilkan tanaman rami yaitu mekanisme rhizofiltrasi dan fitoekstraksi karena tanaman mempunyai mekanisme detoksifikasi dengan menimbun logam di dalam akar, serta mengakumulasi logam berat tersebut ke bagian-bagian tanaman lain seperti batang dan daun.
3. Semua perlakuan (P0, P1, P2, P3, P4, P5) memiliki nilai faktor transfer kurang dari satu ( $FT < 1$ ), sehingga dalam hal ini tanaman rami tidak dikategorikan dalam tanaman hiperakumulator melainkan sebagai tanaman fitostabilisasi atau *metal excluder species*.

### 5.2. Saran

Perlu uji lanjutan mengenai tanaman rami sebagai tanaman hiperakumulator logam Zn dengan jangka waktu yang lebih lama. Tanaman rami merupakan tanaman perennial (tahunan) sehingga penelitian dapat dilakukan secara bertahap yaitu 1-2 tahun skala lapangan untuk melihat efektivitas tanaman rami dalam menyerap logam berat khususnya Zn. Selain itu, pengambilan sampel tanah dapat diambil langsung dari lahan yang tercemar limbah pertambangan sehingga potensi tanaman rami dalam menyerap logam berat dapat dianalisis secara akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abror, M, Teuku, S, Benny, H. 2013. Pengaruh Biomassa Azolla Terhadap Status Logam Berat Timbal (Pb) Pada Tanah. Jurnal Online Agroekoteknologi. 1(3) : 5 – 7.
- Al Anshori, J. 2005. Spektrometri Serapan Atom. Laboratorium Kimia Bahan Alam dan Lingkungan. Universitas Padjadjaran. 6-10.
- Amalina, Y.N, Zainus, S, dan Sudarno. 2015. Pengaruh pH dan Waktu Proses dalam Penyisihan Logam Berat Cr, Fe, Zn, Cu, Mn, dan Ni dalam Air Limbah Industri Elektroplating dengan Proses Oksidasi Biokimia. Jurnal Teknik Lingkungan. 4(3): 1 – 9.
- Alloway, B.J dan D.C. Ayres. 1995. Chemical Principles of Environmental Pollution, 2nd Edition. Blackie Academic and Professional. London: Chapman dan Hall.
- Barchia, M.F. 2009. Agroekosistem Tanah Mineral Masam. Yogyakarta : UGM Press. 158-169.
- Bruce F. M, Fiona A. N, Nnanna C. Uwakwe, B. J. Chambers, J. A. Harris, T. C.J. Hill. 2002. Zinc Contamination Decreases the Bacterial Diversity of Agricultural Soil. FEMS Microbiology Ecology. (43): 13-19.
- Carlana, 2004. Pencemaran Logam Berat Timbal dan Kadmium pada Sayur-Sayuran. Bogor: Falsafah Sain (PSL 702). Institut Pertanian Bogor.
- Chaney, R.L. 1995. Potential Use of Metal Hyperaccumulators. Mining Environ Manag (3) : 9 – 11.
- Dita, R. 2008. Fitoremediasi Tanah Tercemar Kromium Menggunakan Tanaman Angsana (*Pterocarpus indicus*).TA Jurusan Teknik Lingkungan. FTSP.ITS.
- Erfandy, D, Ishak, J. 2009. Balai Penelitian Tanah. Teknologi Pengendalian Pencemaran Logam Berat pada Lahan Pertanian. 169.
- Filter, A. H dan Hay, R.K.M. 2004. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Terjemahan oleh Sri Andani dan E. D. Purbayanti. Hlm 403-421. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Fitriyah, A. W. 2013. Analisis Kandungan Tembaga (Cu) dalam Air dan Sedimen di Sungai Surabaya. Jurnal [Online].Diakses pada 16 Mei 2015.
- Ghosh, M, Singh, S.P. 2005. A Review on Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of Its Byproducts. Applied Ecology Environment Research. 3(1): 1-8.
- Handayanto, E., Y. Nuraini, N. Maddarisna, Netty, S., Amrullah. 2017. Fitoremidiasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah. Malang : UB Press. 3-19.

Hidayati, N. 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. HAYATI Journal of Biosciences. (12): 35-40.

Hindersah, R. and Matheus, J. 2015. Response of Maize in Cadmium Contaminated Tin Mine Tailings Following Indigenous Bacterial Inoculation. Jurnal Budidaya Tanaman 4(1): 8-14 (in Indonesian).

Kumar, P.B.A.N., Dushenkov, V., Motto, H. and Raskin, I. 1995. Phytoextraction: The Use of Plants to Remove Heavy Metals from Soils. Environ. Sci. Technol, 29: 1232-1238.

Kurniawati, Lia. O.S, Handayanto. E, Rindyastuti. R., 2018. Fitoremediasi Air Tercemar Logam Kromium dengan Menggunakan *Sagittaria lancifolia* dan *Pistia stratiotes* serta Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Kangkung Darat (*Ipomea reptans*). Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan. (5) 1: 739-746.

Liphazdi, M.S, Kirkham, M.B. 2005. Phytoremediation of Soil Contaminated With Heavy Metals: A Technology for Rehabilitation of The Environment. South African Journal of Botany. 7(1): 24-37.

Mellem, J.H., Baijnath dan Odhav, B. 2012. Bioaccumulation of Cr, Hg, As, Pb, Cu, dan Ni With The Ability For Hyperaccumulation by *Amaranthus dubius*. African Journal of Agricultural Research. 7(4): 591-596.

Mirecki, N., Rukie. A, Ljubomir. Š, Lidija. M, dan Zoran S. I. 2015. Transfer Factor as Indicator of Heavy Metals Content in Plants. Fresenius Environmental Bulletin. PSP (24)(11c).

Moenir, M. 2010. Kajian Fitoremediasi Sebagai Alternatif Pemulihan Tanah Tercemar Logam Berat. Jurnal Riset Teknologi Pencegahan dan Pencemaran Industri, 1(2): 115-123.

Nisa, C., Utami. I., dan Sunardi. 2013. Model Adsorpsi Timbal (Pb) dan Seng (Zn) dalam Sistem Air Sedimen Di Waduk Riam Kanan Kalimantan Selatan. Konversi (2) : 1.

Prihandrijanti, M., T. Lidiawati, E. Indrawan, H. Winanda, dan H. Gunawan, 2009. Fitoremediasi dengan enceng gondok dan Kiambang Untuk Menurunkan Konsentrasi Deterjen, Minyak Lemak dan Krom Total. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia. Bandung.

Priyatno, N., Dwiwitno, F., Ariyani, F. 2008. Kandungan Logam Berat (Hg, Mn, Cd, dan Ni) pada Ikan, Air, dan Sedimen di Waduk Cirata, Jawa Barat. Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, 3(1):69-78.

Rachmatulloh, M.A, Evi. S, dan Poppy. I.T., 2015. Penentuan Faktor Transfer dan *Growth Value*  $^{134}\text{Cs}$  dan  $^{60}\text{Co}$  pada Tanaman Bunga Matahari (*Helianthus annuus L.*) dengan Cara Hidroponik untuk Kajian Awal Fitoremediasi. Youngster Physics Journal. 4(1): 139 – 148.

- Rahayu, B., Mery. N., dan Tahril. 2013. Analisis Logam Zink (Zn) dan Besi (Fe) Air Sumur di Kelurahan Pantoloan Kecamatan Paku Utara. *Jurnal Akademika Kimia*, 2(1): 1-4.
- Rossiana, N., 2007. Penurunan Kandungan Logam Berat dan Pertumbuhan Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria L* (nielsen) Bermikoriza dalam Medium Limbah Lumpur Minyak Hasil Ekstraksi. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Salt, D.E., dan V. Kramer. 2000. Mechanism of Metal Hyperaccumulation in Plants. In: *Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean Up The Environment*. Wiley, New York, (1): 231-246
- Santriyana, Dery Diah. 2013. Eksplorasi Tanaman Hiperakumulator Aluminium (Al) yang ditumbuhkan pada Limbah Ipa Pdam Tirta Khatulistiwa Kota Pontianak. *Jurnal [Online]*. Diakses pada 16 Mei 2015.
- Shanker A.K, Cervantes. C, Loza T.H, Avudainayagam. S, 2005. Chromium Toxicity in Plants” *Enveiron. Int* 31 (5): 739-753
- Yoon J.C, Xinde. Z, Qixing, dan Ma L.Q, 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. *Science of the Total Environment*: 456-464.
- Skoog. D. A., Donald M. West, F. James Holler, dan Stanley R. Crouch, 2000. *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Hardcover: 992 pages, Publisher: Brooks Cole.
- Suprabawati, A., dan Yusi. F. 2015. Fitoremediasi Logam Berat Cd (II), Cr (VI) dan Pb (II) Dalam Tanah dengan tanaman sawi hijau (*Brassica Rapa Var.Parakinensis*). Universitas Jenderal Achmad Yani.
- Surahmaida, dan Sarwoko. M. 2017. Uji Kemampuan Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) Dalam Meremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Kadmium (Cd). *Journal of Pharmacy and Science* 2(2): 30-34.
- Taylor, M.P. 2006. Distribution and Storage of Sediment-associated Heavy Metals Downstream of the Remediated Rum Jungle Mine on the East Branch of the Finnis River, Northern Territory, Australia. *Journal of Geochemical Exploration* (92): 55– 72.
- Tjahaja, P. Intan, Suhulman, P. Sukmabuana, dan Ruchijat. 2006. Fitoremediasi Lingkungan Perairan Tawar: Penyerapan Radiosesium (*Salvinia molesta*). *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 7(1): 83-96.
- Tjahaja, Poppy I. 2007. Penyerapan <sup>134</sup>Cs dari Tanah oleh Tanaman Bunga Matahari (*Helianthus anuus, Less*). *Jurnal Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri, BATAN*. Bandung.

- Whei, S, Jie Yu-Cheng, Xing Hu-Cheng, Lu Yan-Wei, Huang Ming, Kang Wan-Li, dan Wang Dong. 2011. Tolerance to Cadmium in Ramie (*Boehmeria nivea*) Genotypes and Its Evaluation Indicators. *Acta Agron Sin*, 2011, 37(2): 348–354.
- Widowati, W., A. Sastiono, dan R. Jusuf. 2008. Efek Toksik Logam: Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Widyati E. 2011. Optimasi Pertumbuhan *Acacia crassicaarpa* CUNN. EX BENTH. pada tanah bekas tambang batubara dengan ameliorasi tanah. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 08(1): 19–30.
- Wiyantoko, B., P. Kurniawati, T.E. Purbaningtiyas. 2017. Pengujian Nitrogen Total, Kandungan Air Dan Cemaran Logam Timbal Pada Pupuk Anorganik Nitrogen Phospor Kalium (NPK) Padat . 6(01): 54 – 55.
- 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.
- Zhu, Y.L., E.A.H. Pilon-Smits, L. Jouanin dan N. Terry. 1999. Overexpression of Glutathione Synthetase In Indian Mustard Enhances Cadmium Accumulation And Tolerance. *Plant Physiology*. 119:73-79.

