



**FITOREMEDIASI TANAMAN MANGROVE JENIS *Rhizophora apiculata*
TERHADAP KONSENTRASI TIMBAL (Pb) PADA TANAH**

SKRIPSI

**Oleh:
Nadhiroh Nur Laili
NIM 132110101058**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**FITOREMEDIASI TANAMAN MANGROVE JENIS *Rhizophora apiculata*
TERHADAP KONSENTRASI TIMBAL (Pb) PADA TANAH**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapai tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat
dan mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Oleh:
Nadhiroh Nur Laili
NIM 132110101058

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam karena karunia dan nikmat-Nya yang akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Bismillahirrohmaanirrohim, skripsi dengan judul Fitoremediasi Tanaman Mangrove Jenis *Rhizophora Apiculata* Terhadap Konsentrasi Timbal (Pb) Pada Tanahakan saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Maryanto dan Ibu Qomariyah yang telah membesarkan, mendidik, menyayangi dan selalu mendoakanku, serta selalu mendukungku baik secara moril maupun materil;
2. Kadua kakak saya, Wahyuni Setyo Rini (Almh) dan Anik Dwi Mulyani. Yang telah mendoakan dan menyemangati saya;
3. Bapak dan Ibu guru/dosen mulai dari TK, SD, SMP, SMA, hingga Perguruan Tinggi. Terima kasih sebesar-besarnya karena telah mendidik dan membimbing saya sampai saat ini. Semoga ilmu yang diberikan menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah;
4. Almamater saya mulai dari TK Bhakti Siwi, SDN Tanggul Wetan 08, MTSN Jember 3, SMAN 2 Jember yang telah berjasa mendidik dan mengajarkan banyak hal.
5. Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja, Almamater Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah memberikan banyak pelajaran.

MOTTO

Janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi,” mereka menjawab:
“Sesungguhnya kami orang-orang yang mengadakan perbaikan”. Ingatlah,
sesungguhnya mereka itulah orang-orang yang membuat kerusakan, tetapi mereka
tidak sadar”

(Terjemahan QS Al-Baqarah:11-12)1*)



1*) Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahan*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nadhiroh Nur Laili

NIM : 132110101058

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul: *Fitoremediasi Tanaman Mangrove Jenis Rhizophora Apiculata Terhadap Konsentrasi Timbal (Pb) Pada Tanah* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 29 Agustus 2018

Yang menyatakan,

(Nadhiroh Nur Laili)

NIM. 132110101058

PEMBIMBINGAN

SKRIPSI

**FITOREMEDIASI TANAMAN MANGROVE JENIS *Rhizophora apiculata*
TERHADAP KONSENTRASI TIMBAL (Pb) PADA TANAH**

Oleh

Nadhiroh Nur Laili

NIM. 132110101058

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes.

Dosen Pembimbing Anggota : Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul *Fitoremediasi Tanaman Mangrove Jenis Rhizophora apiculata Terhadap Konsentrasi Timbal (Pb) Pada Tanah* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada;

Hari : Rabu

Tanggal : 29 Agustus 2018

Tempat : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. DPU : Dr. Isa Ma'rufi., S.KM., M.Kes. (.....)

NIP. 197509142008121002

2. DPA : Rahayu Sri Pujiati., S.KM., M.Kes (.....)

NIP. 197708282003122001

Penguji

1. Ketua : Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes (.....)

NIP. 198111202005012001

2. Sekretaris: Christyana Sandra, S.KM., M.Kes (.....)

NIP. 198204162010122003

3. Anggota : Erwan Widiyatmoko, S.T (.....)

NIP. 197802052000121003

Mengesahkan

Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Jember

Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes.

NIP. 198005162003122002

RINGKASAN

Fitoremediasi Tanaman Mangrove Jenis *Rhizophoraapiculata* Terhadap Konsentrasi Timbal (Pb) Pada Tanah; Nadhiroh Nur Laili; 132110101058; 2018; 86 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Pencemaran logam berat di lingkungan dapat mengakibatkan bahaya kesehatan bagi makhluk hidup. Salah satu logam berat dengan kadar toksisitas paling tinggi pada manusia maupun hewan adalah timbal (Pb). Keracunan timbal dapat menimbulkan gangguan gastrointestinalis, gangguan iritabilitas, infertilitas, gangguan neurologi, gagal ginjal hingga kanker. Penyebab pencemaran lingkungan oleh Pb dapat berasal dari limbah cair industri maupun domestik. Hasil uji pendahuluan pada Bulan Oktober tahun 2017, timbal (Pb) di desa Patuguran Kecamatan Rejoso melebihi Baku Mutu Lingkungan (BML) yang telah ditetapkan oleh Environmental Protection Agency (EPA) terkait baku mutu timbal di lingkungan yaitu 9,5 mg/kg,

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan metode pemulihan kualitas lingkungan yang mudah diterapkan dan murah, yaitu dengan menggunakan metode fitoremediasi. Tanaman mangrove *Rhizophoraapiculata* dapat digunakan sebagai tanaman fitoremediasi karena kemampuannya yang mampu menyerap logam berat dan memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi di lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kadar timbal (Pb) pada tanah yang tidak ditanami mangrove dengan yang ditanami mangrove sebanyak 2 tanaman, 3 tanaman dan 4 tanaman dengan waktu kontak 30 hari

Metode penelitian ini adalah *True Eksperiment* dengan bentuk *Posttest-Only Control Design*. Terdapat empat kelompok dalam penelitian ini, dimana masing-masing kelompok terdiri dari 5 replikasi. Kelompok pertama merupakan kelompok kontrol, kelompok kedua merupakan kelompok yang ditanami mangrove sebanyak 2 tanaman (P1), kelompok ketiga merupakan kelompok yang ditanami mangrove sebanyak 3 tanaman (P2), dan kelompok keempat merupakan

kelompok yang ditanami mangrove sebanyak 4 tanaman (P3). Lama waktu pengontakan mangrove pada tanah adalah 30 hari.

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa penelitian ini tidak berdistribusi normal. Hasil uji *kruskal wallis* dengan $\alpha = 0,05$ menunjukkan bahwa nilai signifikansi sebesar 0,003, artinya terdapat perbedaan rata-rata antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan. Hasil uji *Mann whitney* menunjukkan bahwa hanya terdapat dua kelompok yang memiliki nilai signifikansi kurang dari 0,05 yaitu kelompok perlakuan pertama (P1) dengan perlakuan kedua (P2) dan kelompok perlakuan pertama (P1) dengan perlakuan ketiga (P3) dengan nilai signifikansi berturut-turut sebesar 0,116 dan 0,734.

Kesimpulan dalam penelitian ini yaitu nilai rata-rata kadar timbal (Pb) yang tidak diberi perlakuan (K) sebesar 6,061 mg/kg dan terdapat perbedaan penurunan kadar timbal (Pb) antara kelompok kontrol (K) dengan kelompok perlakuan (P) dengan penurunan kadar timbal (Pb) secara signifikan terjadi pada kelompok P₂ (3 tanaman mangrove) mampu menurunkan kadar timbal (Pb) dengan nilai rerata 0,028 mg/kg (99,54%). Penyebab penyerapan timbal (Pb) oleh kelompok P₂ lebih besar dibanding P₁ atau P₃ dapat dimungkinkan oleh tingkat keasaman (pH) media tanam (tanah) kelompok P₂ lebih rendah dari pada kelompok yang lain sehingga kemampuan penyerapan timbal (Pb) oleh tanaman juga lebih tinggi. Saran bagi koordinator kelompok tambak, diharapkan dapat memberikan informasi sekaligus pembudidayaan tanaman mangrove *Rhizophora apiculata* sebagai tanaman fitoremediasi logam berat. Bagi peneliti selanjutnya dapat menambahkan waktu kontak, serta perlu penelitian lebih lanjut dalam bentuk *Pre-Post Control Group Design* agar diketahui nilai konsentrasi cemaran sebelum diberi perlakuan dan sesudah diberi perlakuan.

SUMMARY

Phytoremediation using mangrove Rhizophora apiculata to lead (Pb) concentration on soil; Nadhiroh Nur Laili; 132110101058; 2018; 86 pages; Departement of Environmental Health and Occupational Safety Health, Faculty of Public Health, University of Jember.

Heavy metals pollution in the environment can cause health hazards, both in humans, plants, animals, and the environment. One of the heavy metals with the highest levels of toxicity in humans and animals is lead (Pb). Lead poisoning can lead to gastrointestinal disorders, irritability disorders, infertility, neurological disorders, kidney failure to cancer. The causes of environmental pollution by Pb can come from industrial and domestic wastewater. The preliminary test results in October 2017, lead (Pb) in Patuguran village Rejoso still exceed the Environmental Quality Agency which has been established by Environmental Protection Agency (EPA) related to the environmental quality standard at 9.5 mg/kg.

Based on the description above, it is necessary to do environmental recovery that have been contaminated by using phytoremediation method. This method can be used because it is easy to apply and cheap as well. Mangrove *Rhizophora apiculata* can be used as phytoremediation. Mangrove *Rhizophora apiculata* is selected because of its ability to absorb heavy metals and have high adaptability in the environment, so there is the potential to manage and utilize them as phytoremediation plants heavy metal absorber. The aim of this study is to analyze the difference of lead (Pb) content on land not planted by mangrove with planted mangrove as much as 2 plants, 3 plants and 4 plants with 30 days contact time.

This study method is True Experiment with Posttest-Only Control Design form. There are four groups in this study, where each group consists of 5 replications. The first group was the control group, the second group was planted with 2 plants (P1), the third group was planted with 3 plants (P2), and the fourth

group was planted with 4 plants (P3) mangrove. The duration of mangrove rebellion on the soil is 30 days.

The results of statistical tests show that this study is not normally distributed. The homogeneity test of this study use kruskall wallis test. The result kruskall wallis test with $\alpha = 0,05$ shows that significance value of this study is 0,003, which means that there is difference of mean between control group and treatment group. Mann Whitney test result showed that there were only two groups having significance value less than 0.05 ie first treatment group (P1) with second treatment (P2) and first treatment group (P1) with third treatment (P3) with successive value of significance are 0.116 and 0.734.

The conclusion of this study is the average value of unbanked lead (Pb) of 6,061 mg/kg. and there is difference of lead level (Pb) decrease between control group (K) and treatment group (P) with decreasing of lead level (Pb) significantly occurred in group P2 (3 mangrove plants) able to decrease lead level (Pb) with average value 0,028 mg/kg (99,54%). The cause of absorption of lead (Pb) by group P2 is greater than P1 or P3 can be made possible by the level of acidity (pH) of the planting medium (soil) group P2 is lower than the other groups so that the absorption ability of lead (Pb) by plants is also higher. Suggestion for the coordinator of wet land group, is expected to provide information as well as cultivation of *Rhizophoraapiculata* mangrove plant as phytoremediation plant. For further researcher can add exact contact time, and need further study in the form of Pre-Post Control Group Design so that the concentration of contamination is known before being treated and after being treated.

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga dapat terselesaikan skripsi dengan judul *Fitoremediasi Tanaman Mangrove Jenis Rhizophora apiculata Terhadap Konsentrasi Timbal (Pb) Pada Tanah*, sebagai salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan Strata 1 atau S-1 Kesehatan Masyarakat, di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Skripsi ini menjabarkan tentang bagaimana fitoremediasi timbal (Pb) pada tanah dengan menggunakan variasi jumlah tanaman mangrove *Rhizophora apiculata*, sehingga nantinya dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengolahan limbah logam berat timbal (Pb) yang berdampak bagi kesehatan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya pembimbing dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, kami menyampaikan terimakasih dan penghormatan yang tiada tara kepada Bapak **Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes** dan Ibu **Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes** selaku dosen yang telah memberikan petunjuk, koreksi, dan saran hingga terwujudnya skripsi ini.

Terima kasih dan penghargaan kami sampaikan pula kepada yang terhormat:

1. Ibu Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes, selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember dan Dosen Pembimbing Akademik;
2. Bapak Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes, selaku Ketua Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
3. Ibu Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes dan Ibu Christyana Sandra, S.KM., M.Kes, selaku Ketua Penguji dan Sekretaris Penguji. Terima kasih atas masukan dan saran demi terselesainya skripsi ini;
4. Bapak Erwan Widiyatmoko, S.T, selaku Penguji Anggota dari Dinas Kesehatan Kabupaten Jember. Terima kasih atas masukan dan saran demi terselesainya skripsi ini;

5. Seluruh dosen Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember yang telah berbagi ilmu dan membantu saya selama masa studi pengalaman dan ilmu kepada kami;
6. Bapak Jamali selaku Pemilik Tanah Tambak Desa Patuguran dan Masyarakat Desa Patuguran Kecamatan Rejoso Kabupaten Pasuruan yang telah bersedia memberikan izin pengambilan sampel tanah dan telah membantu banyak hal selama proses penelitian;
7. Teman-teman Kelompok PBL 5 Desa Mojogemi, UKMKI “Ash-Shihah”, UKM “Komplids”, Peminatan Kesehatan Lingkungan 2013, angkatan 2013 yang telah memberi pelajaran, doa dan semangat selama menimba ilmu;
8. Teman-teman yang membantu penelitian ini, Yessi, Ade, Indah, Rossa, Ninis (Almh), Middy, Holfi, Lisa, Tika, Endah, Ima, Riska, Rizqi, Kharta, Maulida;
9. Seluruh pihak lain yang terlibat dalam penelitian ini yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Skripsi ini telah kami susun dengan optimal, akan tetapi tidak menutup kemungkinan adanya kekurangan. Kami dengan terbuka menerima kritik dan saran yang membangun. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 29 Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

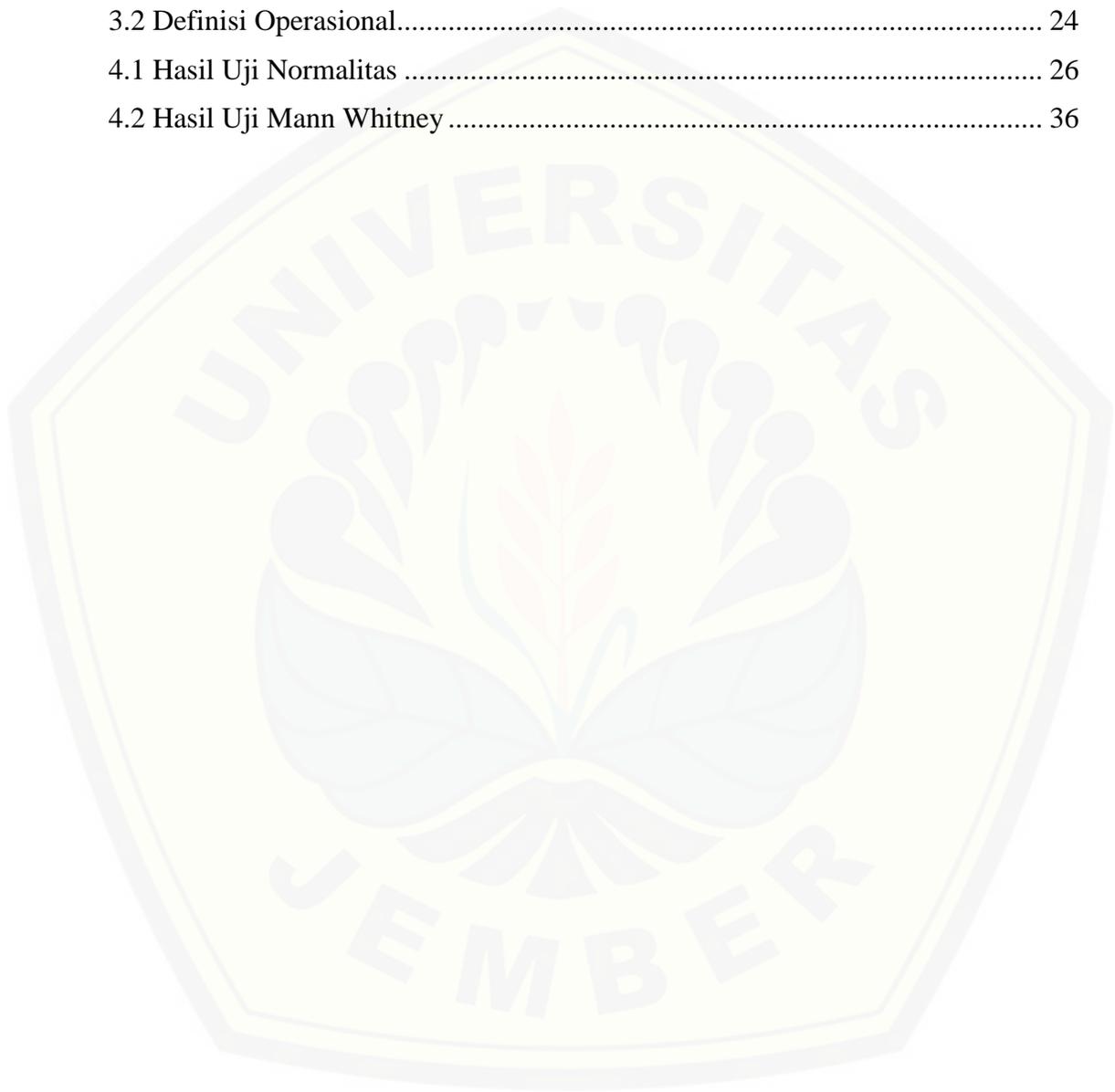
	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	iv
PEMBIMBINGAN	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
DAFTAR NOTASI	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.3.1 Tujuan Umum	7
1.3.2 Tujuan Khusus	7
1.4 Manfaat Penelitian	8
1.4.1 Manfaat Teoritis.....	8
1.4.2 Manfaat Praktis	8
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Sumber Limbah Cair	9
2.1.1 Limbah Cair Domestik.....	9

2.1.2	Limbah Cair Industri.....	10
2.2	Pencemaran Tanah.....	10
2.3	Timbal.....	11
2.4	Fitoremediasi	17
2.5	Mangrove	18
2.5.1	Mangrove <i>Rhizophora apiculata</i>	19
2.5.2	Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Mangrove	21
2.6	Proses Fitoremediasi	23
2.7	Aklimatisasi.....	24
2.8	Kerangka Teori.....	25
2.9	Kerangka Konsep	26
BAB 3.	METODE PENELITIAN.....	27
3.1	Jenis Penelitian	27
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.2.1	Tempat Penelitian	28
3.2.2	Waktu Penelitian.....	28
3.3	Populasi, Sampel dan Replikasi Penelitian	29
3.3.1	Populasi Penelitian.....	29
3.3.2	Sampel Penelitian	29
3.2.3	Replikasi Penelitian	29
3.4	Variabel Penelitian dan Definisi Operasional.....	31
3.4.1	Variabel Penelitian.....	31
3.4.2	Definisi Operasional, Cara Pengukurandan Skala Data	31
3.5	Alat dan Bahan Penelitian	32
3.5.1	Alat.....	32
3.5.2	Bahan Penelitian	33
3.6	Proses Penelitian.....	33
3.7	Kerangka Alur Proses Kerja Penelitian.....	37
3.8	Data dan Sumber Data.....	38
3.8.1	Data Primer	38
3.8.2	Data Sekunder.....	38
3.9	Teknik Penyajian dan Analisis Data	38

3.10 Alur Penelitian	40
BAB 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil Penelitian	41
4.1.1 Kadar Timbal (Pb) pada Tanah Tambak Tanpa Penanaman Mangrove <i>Rhizophora apiculata</i> (Kelompok Kontrol)	41
4.1.2 Kadar Timbal (Pb) Tanah Tambak Kelompok Perlakuan	42
4.1.3 Perbedaan Hasil Uji Kandungan Timbal (Pb) Kelompok Kontrol (K) dengan Kelompok Perlakuan	44
4.2 Pembahasan	46
4.2.1 Kadar Timbal (Pb) pada Kelompok Kontrol (K)	46
4.2.2 Kadar Timbal (Pb) pada Kelompok Perlakuan (P1,P2,P3)	47
4.2.3 Perbedaan Hasil Rata-rata Pb Kelompok Kontrol dengan Kelompok Perlakuan	47
BAB 5. PENUTUP	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Rancang Acak Lengkap Penelitian	27
3.2 Definisi Operasional.....	24
4.1 Hasil Uji Normalitas	26
4.2 Hasil Uji Mann Whitney	36

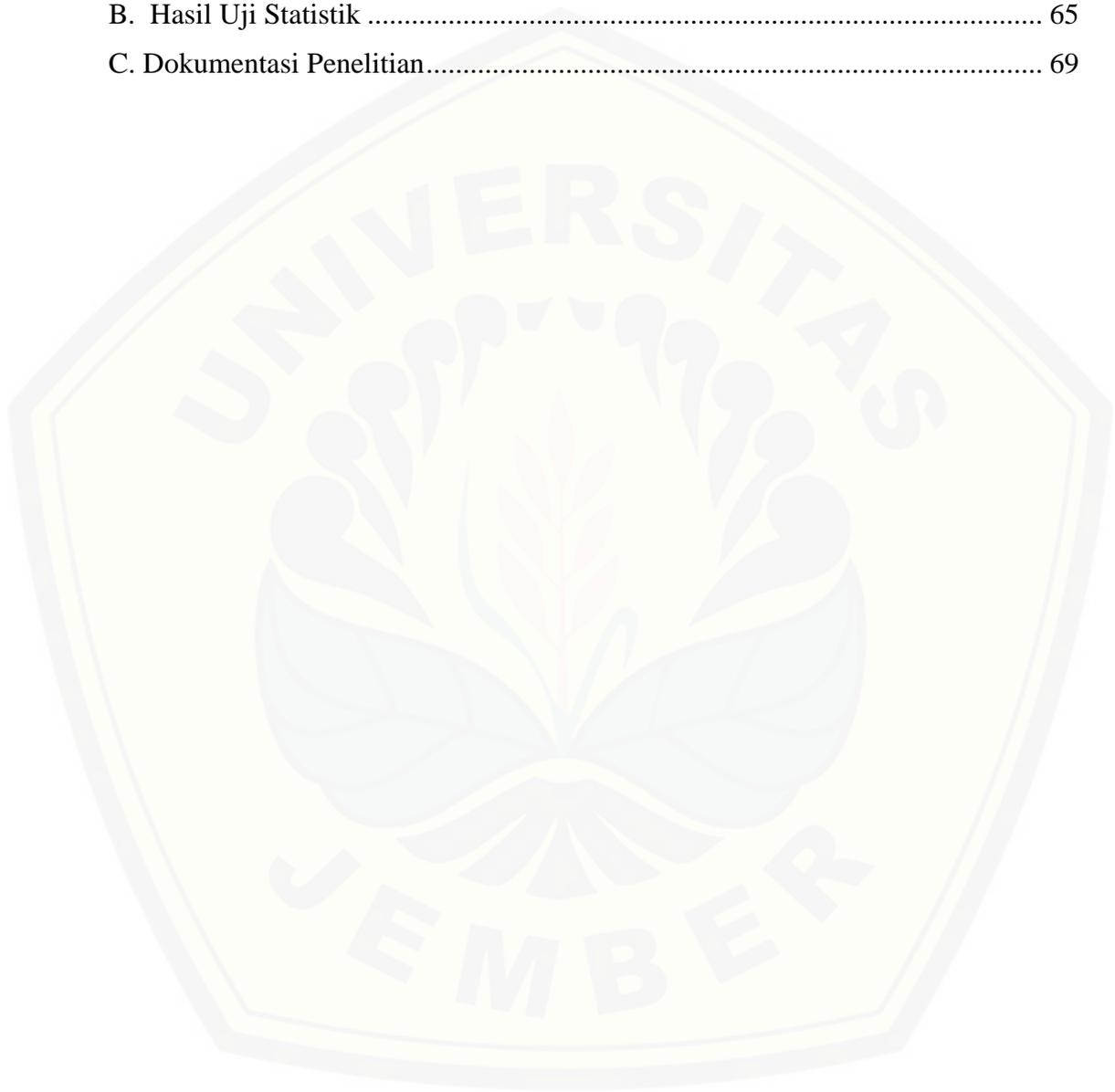


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Mangrove <i>Rhizophora apiculata</i>	18
2.2 Kerangka Teori.....	22
2.3 Kerangka Konseptual	23
3.1 Rancangan Penelitian	25
3.2 Ilustrasi Bak Penanaman Mangrove.....	32
3.3 Kerangka Alur Prosedur Kerja Penelitian.....	34
3.4 Kerangka Alur Penelitian.....	37
4.1 Kadar Timbal (Pb) Kelompok Kontrol	39
4.2 Kadar Timbal (Pb) Kelompok Perlakuan.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Hasil Uji Laboraturium	64
B. Hasil Uji Statistik	65
C. Dokumentasi Penelitian.....	69



DAFTAR SINGKATAN

AAS = *Atomic Absorption Spectrophotometry*

As = Arsen

Au = Emas

ATSDR = *The Agency for Toxic Substances and Disease Registry*

BPS = Badan Pusat Statistik

BML = Baku Mutu Lingkungan

Cd = Kadmium

Cr = Kromium

C₂H₅ = Etil

Cu = Tembaga

cm = centimeter

EPA = *Environmental Protection Agency*

Fe = Besi

Hb = Hemoglobin

HClO₄ = Asam perklorat

Hg = Merkuri

HNO₃ = Asam Nitrat

mg/kg = miligram per kilogram

K = Kelompok Kontrol

pH = Derajat keasaman

ppm = *part per million*

P₁ = Kelompok perlakuan dengan ditanami mangrove 2 tanaman

P₂ = Kelompok perlakuan dengan ditanami mangrove 3 tanaman

P₃ = Kelompok perlakuan dengan ditanami mangrove 4 tanaman

Pb = Timbal

R = Random

TEL = *Tetra Ethyl Lead*

UNEP = *United Nations Environment Programme*

WHO = *World Health Organization*

Zn = Seng

DAFTAR NOTASI

% : Persen

< : Kurang dari

> : Lebih dari

\leq : Kurang dari sama dengan

\geq : Lebih dari sama dengan

$^{\circ}\text{C}$: Derajat Celsius

α : Alpha

(: Buka kurung

) : Tutup kurung

/ : Garis Miring



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, perkembangan industri yang ada di wilayah Indonesia cukup pesat. Peningkatan industri yang ada akan selalu meningkat seiring dengan meningkatnya proses industrialisasi. Pencemaran logam berat yang terjadi dalam lingkungan dapat menimbulkan bahaya bagi kesehatan bagi makhluk hidup maupun lingkungan (Widowati et al., 2008:2). Proses tersebut akan sangat cepat masuk ke dalam tubuh manusia melalui jalur rantai makanan. Apabila manusia sebagai rantai makanan tertinggi dalam piramida makanan mengkonsumsi bahan makanan yang berasal dari hewan maupun tumbuhan yang telah tercemar logam berat dalam jaringan tubuhnya, maka logam berat tersebut secara otomatis dapat terakumulasi di dalam tubuh manusia (Ridhowati, 2013: 9).

Pencemaran tanah tidak jauh berbeda atau bisa dikatakan memiliki hubungan yang erat dengan pencemaran air maupun pencemaran udara. Oleh karena itu, sumber pencemar air dan sumber pencemar udara pada umumnya merupakan sumber pencemar tanah. Air permukaan tanah yang mengandung bahan pencemar misalnya limbah industri, logam berat, sampah rumah tangga, sisa-sisa pupuk dan pestisida dari wilayah pertanian, limbah deterjen, pada akhirnya dapat mengakibatkan terjadinya pencemaran pada tanah daerah tempat air permukaan ataupun tanah daerah yang dilalui air permukaan tanah yang tercemar (Sembel, 2015: 108).

Terdapat lima logam berat yang masuk kategori dengan tingkat toksisitas yang tinggi menurut EPA tahun 2007, diantaranya Hg, Pb, Cr, Cd dan As. Kelima logam berat tersebut, terdapat secara alami di alam, hanya saja sebagian besar muncul di lingkungan akibat limbah dari sisa hasil aktifitas rumah tangga maupun industri. Limbah tersebut berpotensi untuk merusak lingkungan apabila kadar yang dibuang ke lingkungan melebihi baku mutu yang ditetapkan. Timbal (Pb) adalah salah satu logam yang mendapat perhatian karena bersifat toksik dalam tubuh dan sulit terdegradasi. Intoksikasi Pb bisa terjadi melalui jalur oral, lewat makanan, minuman, pernafasan, kontak lewat kulit, kontak lewat mata serta lewat

parenteral (Widowati *et al*,2008:110). Penggunaan logam berat timbal(Pb) sering dijumpai sebagai bahan dasar pembuatan cat, bahan aditif bensin, pengkilap keramik, tinta koran serta bahan campuran logam lainnya. Penggunaan timbal dalam kehidupan masyarakat maupun kegiatan perindustrian tersebut, pada umumnya di dasari alasan timbal (Pb) yang merupakan bahan aditif murah dan terjangkau harganya (Palar, 2008: 75).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Widyasari, *etal* 2013, diketahui bahwa Pb masih terdapat di lingkungan dalam jumlah yang banyak. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa zat pencemar Pb mengakibatkan susunan tanah mengalami perubahan sehingga mengganggu organisme hidup baik di dalam maupun pada permukaan tanah, selain itu masuknya zat pencemar Pb ke dalam tanah memberikan kontribusi pada pencemaran air tanah ataupun air permukaan. Logam berat timbal (Pb) dapat terakumulasi ke dalam tubuh manusia dan bersifat bioakumulasi, sehingga kadar Pb dalam tubuh manusia dapat menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan air sumur yang dikonsumsi oleh warga sekitar (Widyasari, *et al*, 2013).

Toksisitas logam berat timbal (Pb) bersifat kronis dan akut jika memapar manusia maupun hewan. Paparan timbal (Pb) dalam jumlah yang besar, secara kronis bisa mengakibatkan kelelahan, gangguan gastrointestinal, kelesuan, gangguan iritabilitas, infertilitas pada laki-laki, depresi, sakit kepala, sulit berkonsentrasi, daya ingat terganggu dan sulit tidur (Moelyaningrum, 2017). Sementara paparan yang bersifat akut, menyebabkan terjadinya gangguan gastrointestinal, seperti kram perut, kolik dan biasanya diawali dengan sembelit, sakit perut hebat, mual dan muntah, gangguan neurologi berupa ensefalopi seperti sakit kepala, bingung, sering pingsan dan koma serta gangguan fungsi ginjal, oliguria, gagal ginjal dan kanker (Widowati *et al*, 2008:121-122). Timbal (Pb) Selain mengganggu aktivitas haemopoitik, sistem syaraf, sistem urinaria, sistem gastrointestinal, sistem kardiovaskuler, sistem reproduksi, sistem endokrin, juga mengganggu sistem muskuloskeletal seperti tulang dan gigi. logam berat timbal (Pb) memiliki sifat sebagai kalsium antagonism dan menghambat metabolisme kalsium. Sehingga jika paparan Pb tinggi di lingkungan maka metabolisme

kalsium pada proses remineralisasi gigi oleh kalsium dan fosfor pada saliva tidak dapat berlangsung optimal, demineralisasi akan terus berlangsung sehingga risiko karies gigi yang utamanya terjadi pada anak juga makin meningkat (Moelyaningrum, 2010).

Paparan Pb terhadap anak juga mengakibatkan bahaya bagi kesehatan anak. Keracunan timbal pada anak dapat menyebabkan: penurunan IQ dan pemusatan perhatian, kesulitan membaca dan menulis, hiperaktif dan gangguan perilaku, gangguan pertumbuhan dan fungsi penglihatan dan pergerakan, gangguan pendengaran: anemia, kerusakan otak, liver, ginjal, syaraf dan pencernaan, koma, kejang-kejang atau epilepsi. Banyaknya kemungkinan pemapar Pb pada manusia diduga akan meningkatkan resiko gangguan terhadap kesehatan. Utamanya jika paparan Pb mengenai wanita dan ibu hamil. Pb dapat mengakibatkan terjadinya osteoporosis, sementara pada ibu hamil Pb dapat masuk ke janin melalui plasenta. Pb tersimpan dalam tulang selama beberapa tahun, dimana Pb dari tulang akan ikut bersama darah pada kondisi tertentu seperti hamil dan menyusui maupun fraktur dan osteoporosis (Moelyaningrum, 2016).

Timbal dan persenyawaannya dapat berada di badan perairan secara alami melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan serta proses korosifikasi batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin. Aktifitas manusia dalam kegiatan industri yang membuang limbahnya ke perairan serta gas kendaraan bermotor yang mengandung timbal (Pb) menjadi salah satu penyebab logam berat timbal (Pb) dalam tanah maupun badan air melebihi batas normal (Ryadi, 1984).

Kabupaten Pasuruan merupakan salah satu dari lima kabupaten di provinsi Jawa Timur dengan tingkat pertumbuhan industri yang cukup pesat. Pesatnya industri di kabupaten tersebut, menyebabkan peningkatan pencemaran lingkungan salah satunya pencemaran lingkungan yang terbawa oleh aliran air. Berdasarkan data yang didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kecamatan Rejoso Kabupaten Pasuruan dalam angka 2015, diketahui terdapat berbagai macam aktifitas masyarakat yang berpotensi untuk menghasilkan timbal di wilayah Kecamatan

Rejoso, diantaranya terdapat 3 industri besar seperti adanya industri pupuk kimia, industri konveksi serta industri perikanan dan pertanian. Kegiatan-kegiatan yang tersebut, merupakan kegiatan yang memiliki potensi untuk menimbulkan pencemaran timbal (Pb) bagi lingkungan sekitar selain kegiatan yang berasal dari limbah rumah tangga.

Sungai Rejoso merupakan salah satu dari 4 sungai terbesar di Kabupaten Pasuruan dengan Daerah Aliran Sungai seluas 158,50 km² yang melalui 8 kecamatan (Barrina *et al*, 2016). Salah satu wilayah yang mendapat aliran sungai Rejoso adalah desa Tambak Patuguran kecamatan Rejoso yang merupakan desa yang terletak dibagian hilir sungai. Hasil studi pendahuluan yang dilakukan peneliti, pada tanggal 22 Oktober 2017 pukul 08.30 di wilayah desa Tambak Patuguran, diketahui bahwa kandungan timbal (Pb) pada sedimen Tambak desa Patuguran sebesar 9,5 mg/kg. Pada tanggal tersebut, curah hujan rata-rata di wilayah Pasuruan 3,8 mm dengan curah hujan maksimal 35,0 mm (BPS, 2017).

Peraturan terkait baku mutu lingkungan Timbal (Pb) di sedimen, khususnya di Indonesia masih belum ada. Namun, jika mengacu pada baku mutu Timbal (Pb) lingkungan menurut EPA tahun 2007, dapat diketahui bahwa kondisi sedimen yang ada di tambak Patuguran, sudah melampaui baku mutu lingkungan. Menurut EPA tahun 2007, batas maksimal Timbal (Pb) di lingkungan adalah 5 mg/kg. Maka dari itu, sedimen di tambak desa Patuguran masuk dalam kategori tercemar.

Hal ini didukung kuat dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Haryono, *et al* pada bulan Maret 2016 yang melakukan penelitian di Perairan pantai Lekok Kabupaten Pasuruan, dengan judul penelitian Kandungan Logam Berat Pb Air Laut, Sedimen dan Daging Kerang Hijau *Perna viridis*, perairan pantai Lekok masuk dalam kategori tercemar. Penelitian tersebut, dilakukan di perairan Lekok Kabupaten Pasuruan pada 3 stasiun teliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat timbal (Pb) pada air tertinggi dijumpai di muara sungai Rejoso yaitu sebesar 0,444 mg/L, selanjutnya logam berat Pb tertinggi pada sedimen juga dijumpai di muara sungai Rejoso yaitu 23,8 mg/kg, demikian pula kandungan logam berat tertinggi pada kerang hijau (*Perna viridis*) tertinggi, ditemukan di muara sungai Rejoso (Haryono *et al*, 2016)

Timbal akan cenderung berada di atas permukaan tanah (kedalaman 0 sampai 30 cm dari permukaan tanah) dan mengendap sebagai sedimen karena masa molekulnya yang cukup berat. Timbal di udara akan berangsur-angsur mengendap, begitu pula pada badan air. Sehingga jika diurutkan, pencemaran timbal tertinggi berada pada tanah, badan air dan udara (Henry, 2000).

Fitoremediasi merupakan metode yang digunakan untuk menyerap logam berat di lingkungan dengan cara menyerap senyawa, mendegradasi, mengeluarkan dan menstabilkan bahan pencemar logam berat ataupun senyawa lainnya. Tumbuhan fitoremediasi pada umumnya, dapat menyerap logam berat melalui penyerapan akar tanaman. Teknik fitoremediasi kerap kali digunakan untuk mengembalikan kualitas lingkungan yang tercemar logam berat seperti logam berat Zn, Pb, Au serta Cr (Caroline, 2015: 735).

Salah satu tumbuhan yang dapat hidup di wilayah pesisir adalah tumbuhan mangrove. Mangrove yang tumbuh di muara sungai merupakan penampung akhir limbah-limbah yang terbawa aliran sungai, utamanya jika limbah yang masuk ke lingkungan estuari melebihi kemampuan pemurnian alami oleh badan air. Penyerapan logam berat oleh akar pohon dipengaruhi oleh sistem perakaran. Pohon mangrove, memiliki tekanan osmosis tinggi dalam cairan selnya, oleh karena itu sistem akarnya berdaya adsorpsi lebih tinggi. Kondisi ini memudahkan tumbuhan untuk menyerap air walaupun dalam kondisi salinitas yang meningkat (Arisandi, 2012).

Jenis tumbuhan mangrove yang diketahui bersifat bioakumulator adalah jenis *Rhizophora sp.* Jenis mangrove tersebut diketahui, memiliki mekanisme dalam menanggulangi materi toksik yang diserap dari lingkungan. Mekanisme yang umumnya dikembangkan tersebut adalah mekanisme secara inaktivasi dan lokalisasi secara kimia. Lokalisasi kimia merupakan mekanisme penanggulangan dimana material toksik disimpan pada bagian sel organ tertentu pada tumbuhan, sehingga material toksik terdeposit dan tidak mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan (Surya, 2008:8).

Penelitian yang dilakukan oleh Farhan *et al.*, (2017) terkait peranan mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora apiculata* dalam menurunkan kadar

logam berat Zn. Penelitian tersebut menyatakan bahwa mangrove *Rhizophora apiculata* memiliki efisiensi removal yang lebih baik dibandingkan mangrove *Avicennia marina* dengan kemampuan removal logam berat Zn sebesar 89,83% pada konsentrasi Zn 100 mg/Lt, 84,92% pada konsentrasi Zn 200 mg/Lt dan 74,94% pada konsentrasi logam berat Zn 300 mg/Lt.

Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Rokhmalia, dkk tahun 2017 terkait Fitoremediasi Tumbuhan mangrove jenis *Avicennia marina* Terhadap Konsentrasi Timbal (Pb) Pada Tanah. Penelitian tersebut menggunakan rancangan penelitian eksperimental semu yaitu *Pre-Post Test Control Group* menggunakan 27 sampel tumbuhan mangrove jenis *Avicennia marina* dengan variasi 0, 3, dan 4 pohon, usia 1 tahun yang dipaparkan pada tanah mengandung logam berat Timbal (Pb) dengan waktu kontak 0, 7, 14 hari, kemudian dianalisis kandungan kesuburan tanah sebagai media remediasi tanaman mangrove *Avicennia marina*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan efektivitas tanaman mangrove *Avicennia marina* dalam menurunkan pencemaran Pb dengan 4 tumbuhan yaitu 81,92%, 3 tumbuhan sebesar 72,13% dan penurunan 4% pada tanah yang tidak ditanami tumbuhan mangrove. Hasil uji statistik pada penelitian tersebut, menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara konsentrasi Pb dengan menggunakan 3 jumlah tanaman yang berbeda (0,3,4) pohon dalam proses fitoremediasi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka peneliti ingin menganalisis perbedaan kadar logam berat Timbal (Pb) antara tanah yang tidak ditanami tanaman mangrove jenis *Rhizophora apiculata* dengan yang ditanami mangrove *Rhizophora apiculata* 2 tanaman, 3 tanaman dan 4 tanaman. Tanaman mangrove jenis *Rhizophora apiculata* dipilih, karena mangrove jenis *Rhizophora apiculata* memiliki kemampuan mereduksi logam berat dalam sedimen yang lebih baik dibanding *Avicenniamarina* (Farhan *et al.*, (2017)), sehingga ada potensi untuk memanfaatkan. Berdasarkan penelitian terdahulu juga telah dijelaskan kemampuan tanaman mangrove tersebut dalam menurunkan kadar timbal (Pb) pada tanah menggunakan 2, 3 dan 4 tumbuhan mangrove dengan waktu kontak mangrove dengan limbah selama 28 hari.

Penelitian terkait Fitoremediasi ini, diharapkan dapat memulihkan kembali lingkungan perairan yang rusak karena cemaran logam berat khususnya lingkungan perairan pantai sekaligus sebagai upaya pelestarian lingkungan. Berdasarkan uraian diatas maka masalah yang dikaji berupa, potensi mangrove *Rhizophora apiculata* sebagai agen fitoremediasi logam berat timbal (Pb) pada tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana Perbedaan Penyerapan Logam Timbal (Pb) Pada Tanah yang ditanami tanaman Mangrove Jenis *Rhizophora apiculata* 2 tanaman, 3 tanamandan *Rhizophora apiculata* 4 tanaman dengan waktu kontak 30 hari?”

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan Umum

Menganalisisperbedaan kadar timbal (Pb) pada tanah tambak desa Patuguran kecamatan Rejoso kabupaten Pasuruan yang tidak ditanami mangrove *Rhizophoraapiculata* dengan yang ditanami mangrove *Rhizophoraapiculata* sebanyak 2 tanaman, 3 tanaman dan 4 tanaman dengan lama waktu kontak 30 hari.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Mengukur kadar timbal (Pb) dalam tanah yang tidak ditanami mangrove *Rhizophora apiculata* sebagai kelompok kontrol (K)dengan waktu kontak 30 hari
- b. Mengukur kadar timbal (Pb) dalam tanah yang ditanami mangrove *Rhizophora apiculata* sebanyak 2 tanaman, 3 tanaman dan 4 tanaman sebagai kelompok perlakuan (P) dengan waktu kontak 30 hari

- c. Menganalisis perbedaan kadar timbal (Pb) pada tanah yang tidak ditanami mangrove sebagai kelompok kontrol (K) dengan yang ditanami mangrove *Rhizophora apiculata*² tanaman, *Rhizophora apiculata*³ tanamandan *Rhizophora apiculata* 4 tanaman sebagai kelompok perlakuan (P) dengan waktu kontak 30 hari.

1.4 Manfaat

1.4.1 Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah dan mengembangkan khasanah ilmu pengetahuan dan referensi kepustakaan dalam bidang Kesehatan Masyarakat khususnya bidang kesehatan lingkungan terkait penurunan kadar Timbal (Pb) pada tanah.

1.4.2 Manfaat Praktis

a. Bagi Mahasiswa

Memberikan pengetahuan dan wawasan baru tentang penggunaan *Rhizophora apiculata* sebagai tanaman fitoremediasi logam berat timbal (Pb) pada tanah.

b. Bagi Fakultas Kesehatan Masyarakat

Dapat digunakan sebagai bahan bacaan terkait pencemaran logam berat timbal (Pb) dan penyerapan logam berat timbal (Pb) pada tanah dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman mangrove jenis *Rhizophora apiculata*

c. Bagi Masyarakat Pantai

Dapat digunakan sebagai bahan masukan untuk melestarikan dan menjaga ekosistem wilayah pantai dan sebagai bahan masukan untuk melakukan konservasi mangrove.

d. Bagi Pemerintah

Sebagai masukan dalam penentuan dan pembuatan kebijakan-kebijakan yang terkait dengan cemaran logam berat dan membantu pemerintah untuk menangani kasus cemaran logam berat (Pb) di tanah khususnya di wilayah pesisir.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Limbah Cair

Penggunaan bahan kimia sintetik pada kawasan industri memiliki pertumbuhan yang mengejutkan setelah perang dunia ke-II. Pencemaran terhadap lingkungan banyak diakibatkan oleh bahan kimia tersebut seperti limpasan (*run off*) herbisida dan pestisida pada wilayah pertanian dan perkebunan serta adanya buangan industri langsung ke permukaan air tanpa diolah terlebih dahulu (Achmad, 2011:93).

Sementara secara umum, menurut Chandra (2009:58), limbah cair dikategorikan berdasarkan tempat atau asal sumber limbah, terdiri dari:

- a. Sampah rumah tangga (*sullage*)
- b. Limbah industri dan masyarakat
- c. Ekskreta manusia (feses dan urine)

Namun menurut Soeparman dan Soeparmin (2002) limbah cair tidak hanya bersumber dari aktivitas manusia (*human sources*) saja, melainkan dapat berasal dari aktivitas alam (*natural sources*).

2.1.1 Limbah Cair Domestik

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah disebutkan bahwa air limbah domestik merupakan air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, perkantoran, rumah makan, perniagaan, asrama dan apartemen.

Air limbah domestik sumber utamanya berasal dari sisa pembuangan rumah tangga, perdagangan, perkantoran, tempat rekreasi dengan volume yang variatif. Air limbah dapat diperhitungkan pada wilayah perumahan dengan melihat tingkat kepadatan penduduk serta rata-rata per individu dalam membuang limbah, dengan rata-rata volume limbah dari daerah perumahan berkisar antara 200 sampai dengan 400 liter per orang per hari. Sementara untuk daerah perumahan luas, perlu diperhatikan jumlah aliran air limbah dengan dasar penggunaan daerah,

kepadatan penduduk serta ada tidaknya daerah industri. Sementara sumber limbah cair domestik yang berasal dari daerah perdagangan pun jumlahnya bervariasi, antara 4-1500 liter/hari (Sugiharto, 2015:10-11).

2.1.2 Limbah Cair Industri

Limbah cair industri merupakan buangan dari hasil proses/sisasuatu usaha/kegiatan yang berwujud cair, serta kehadirannya pada suatu saat atau suatu tempat tidak dikehendaki lingkungan, sebab tidak memiliki nilai ekonomis sehingga lebih cenderung dibuang (Suharno, 2012:5).

Air buangan yang bersumber dari industri umumnya mengandung polutan pada tingkat yang mampu mempengaruhi kualitas badan air serta memiliki potensi untuk mempengaruhi aktivitas kegiatan manusia, khususnya aktivitas yang berhubungan dengan air. Untuk itu, perlu batas spesifik berdasar macam kegiatan industri supaya air sisa buangan bisa dikontrol dan tidak memberikan dampak negatif bagi lingkungan sekitar (EPA, 2017).

2.2 Pencemaran Tanah

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengolahan lingkungan hidup yang tertera pada pasal 21 ayat 3 (a) terkait kriteria baku kerusakan lingkungan hidup menyatakan bahwa yang dimaksud dengan “kriteria baku kerusakan tanah untuk produksi biomassa” adalah ukuran batas perubahan sifat dasar tanah yang dapat ditenggang berkaitan dengan kegiatan produksi biomassa. Kriteria baku kerusakan tanah untuk produksi biomassa mencakup lahan pertanian atau lahan budi daya dan hutan.

Pencemaran tanah dapat diartikan pula sebagai adanya bahan kimia buatan manusia yang dapat masuk dan merusak lingkungan tanah alami. Tanah bisa tercemar jika ada bahan kimia baik anorganik maupun organik yang dibuang langsung kedalam tanah dengan keadaan tidak memenuhi persyaratan (*illegaldumping*) (Yovita, 2009: 33).

2.3 Timbal (Pb)

Timbal atau timah hitam (Pb) adalah salah satu jenis logam berat yang ada secara alami di dalam kerak bumi serta tersebar dalam jumlah yang kecil melalui proses alami ataupun buatan. Jika manusia menghirup atau menelan zat yang mengandung timbal (Pb) maka timbal (Pb) tersebut akan diedarkan oleh aliran darah lalu diserap ginjal dan otak, serta disimpan dalam tulang dan gigi.

a. Sumber dan kegunaan Pb

Timbal (Pb) terkonsentrasi dalam deposit bijih logam lewat proses geologi dan pada umumnya timbal (Pb) berasosiasi dengan Cu, Zn dan As. Unsur timbal (Pb) dipakai dalam bidang industri modern untuk mencegah terjadinya korosi sebagai pelapis pipa air. Selain itu, pigmen Pb bergunasebagai bahan pembuatan baterai, cat, serta campuran bahan bakar bensin teraetil (Widowati *et al.*, 2008:18).

Logam berbentuk sulfida logam (PbS) dalam pertambangan disebut gelena. Logam timbal (Pb) digunakan pada industri kabel, baterai, pestisida, penyepuhan, penyusun bensin, sebagai formulasi penyambung pipa air serta zat penyusun solder atau patri (Widowati *et al.*, 2008:19).

Timbal (Pb) memiliki kemampuan dalam membentuk logam alloy dengan berbagai jenis logam lainnya sehingga dapat meningkatkan sifat metalurgi dari timbal (Pb), diantaranya:

- 1) Pb + Sn + As + Bi sebagai kabel listrik
- 2) Pb + Sb sebagai kabel telepon
- 3) Pb + Cr + Mo + Cl sebagai pewarna cat
- 4) Pb + asetat untuk mengkilapkan keramik dan bahan anti api
- 5) Pb + Te sebagai pembangkit listrik tenaga panas
- 6) Pb + Ni senyawa azida sebagai bahan peledak
- 7) Tetrametil Pb dan Tetraetil Pb berfungsi sebagai bahan aditif pada kendaraan bermotor

Timbal merupakan salah satu zat yang dicampurkan dalam bahan bakar (premium dan premix), yaitu (C₂H₅)₄Pb atau TEL (*Tetra Ethyl Lead*) yang berguna sebagai bahan aditif untuk meningkatkan angka oktan sehingga penggunaannya dapat menghindarkan mesin dari gejala “ngelitik” yang berfungsi sebagai pelumas bagi kerja antar katup mesin (*intake dan exhaust valve*) dengan dudukan dan katup *valve seat* serta *valge guide*. Keberadaan *Octane booseter* dibutuhkan dalam bensin agar mesin dapat bekerja dengan baik (Widowati *et al.*, 2008:20).

Pada umumnya Timbal dipakai sebagai penahan radiasi. Penggunaan timbal dipermudah dengan sifatnya yang mempunyai titik didih rendah, densitas tinggi, lunak dan tahan terhadap korosi. Untuk itu, timbal kerap kali dipakai sebagai tali pengikat *scuba diving*. Produksi timbal di Amerika Serikat, sebagian besar yaitu sekitar 1.15 juta ton (tahun 2000) diperuntukkan pabrik kendaraan bermotor, baterai mobil, elektroda baterai timbal. Timbal juga dimanfaatkan untuk radiasi (X-ray), pipa organ dan kabel listrik tegangan tinggi. Bahan tersebut, bisa dimanfaatkan sebagai pigmen untuk pembuatan cat berwarna kuning, putih atau merah akan tetapi pemakaian timbal sebagai bahan cat telah menurun di Amerika Serikat dikarenakan sifatnya yang berbahaya, utamanya bagi anak-anak. Pada zaman Roma, timbal dipakai untuk pembuatan pengawet makanan dan minuman serta pipa air (T Sembel, 2015:107)

Sayuran segar kemungkinan mengandung timbal disebabkan timbal tanah yang dipakai untuk menanam mengandung logam berat timbal. Beberapa makanan juga mengandung timbal dalam jumlah kecil. Berdasarkan studi terbaru tahun 1980-1988 jumlah timbal yang terdapat pada makanan kaleng di Amerika Serikat menurun 87%. Dalam studi tersebut disebutkan pula bahwa timbal pada makanan kaleng hanya ditemukan 1 mikrogram per kilogram berat badan per hari (ATSDR, 2007).

Sumber lain timbal di udara adalah dari industri yang terlibat dalam produksi, peleburan kuningan, perunggu, besi dan baja. Timbal dilepas ke udara juga bersumber dari pembakaran limbah padat yang di dalamnya terdapat kandungan timbal, knalpot, debu yang tertiuip angin, serta gunung berapi. Setiap harinya kulit

kontak dengan debu dan kotoran yang didalamnya terdapat kandungan timbal. Data terbaru menyebutkan bahwa kandungan timbal yang terdapat dalam kosmetik dan potongan-potongan perhiasan yang dijual di pasaran umum berpotensi besar masuk ke dalam kulit jika terpapar secara rutin. Orang yang terpapar timbal di tempat kerja pada umumnya terpapar karena menghirup udara yang di dalamnya memiliki kandungan partikel timbal. Orang-orang yang bekerja di industri pemurnian timah, peleburan, pengecoran perunggu, produksi karet, industri manufaktur dan industri plastik serta yang memakai timbal sebagai bahan dasarnya, dapat terkena paparan timbal (ATSDR, 2007).

b. Timbal di Lingkungan

Timbal bisa masuk ke dalam lingkungan melalui pelepasan dari pabrik yang membuat ataupun memakai timbal untuk bahan bakunya seperti bensin, buangan industri pertambangan timah dan logam lainnya turut, berkontribusi utama sebagai sumber pencemaran tanah, seperti tanah yang kerap ditemukan di jalan raya kota besar yang sebagian besar berasal dari cat rumah-rumah yang mengandung timbal (ATSDR, 2007).

Keberadaan timbal, tak hanya ditemukan di tanah maupun udara, akan tetapi timbal ditemukan pula dalam air. Sebagian kecil timbal masuk dalam aliran danau, badan air serta sungai yang ikut melalui partikel tanah dalam aliran air. Timbal mampu menetap dalam partikel tanah selama bertahun-tahun lamanya. Pergerakan timbal didalam partikel tanah menuju air tanah tak mungkin terjadi bila tidak disertai hujan. Gerakan timbal pada tanah tersebut, juga bergantung senyawa timbal, karakteristik fisik serta kimia dari tanah dan jenis tanah. (ATSDR, 2007)

Terdapat beberapa senyawa timbal yang di rubah dalam bentuk senyawa lain oleh air, udara dan sinar matahari. Hanya saja, unsur timbal tidak mampu dipecah. Kadar timbal bisa masuk pada hewan dan tumbuhan lewat air, tanah atau udara. Jika hewan atau manusia mengkonsumsi makanan yang di dalamnya terdapat kandungan timbal, maka senyawa timbal tersebut bisa masuk dalam tubuh hewan maupun manusia.

Pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh timbal bisa mengakibatkan bahaya kesehatan manusia. Sumber-sumber bahan pencemar timbal dalam lingkungan diantaranya minuman keras yang tidak terdaftar, eksposur limbah industri, bahan-bahan kosmetik, penghirup udara. Masalah utama dari keracunan timbal banyak bersumber dari makanan dan minuman yang terkontaminasi, cat di rumah tua, penambahan dan peleburan timbal. Banyak negara yang menghentikan penggunaan bensin dengan timbal sebagai bahan dasarnya. Timbal yang berasal dari atmosfer masuk dalam kolam atau air tanah dan sungai melalui air hujan. Timbal juga bisa berasal dari pipa air minum yang dilapisi logam berat timbal (T. Sembel, 2015: 107)

c. Efek Toksik Pb

Pusat Pengendali dan Pencegahan Penyakit Amerika Serikat dan WHO menyatakan bahwa timbal yang terdapat dalam darah yang mencapai tingkat 10 μ /dL atau lebih bisaberpotensi bahayabagi kesehatan dan bisa berakibat terjadi amnesia (Ragan & Turner, 2009). Mereka menyatakan bahwa, tingkat toksisitas timbal dalam darah adalah 10 μ /dL sebagaimana diadopsi oleh WHO tahun 1995 dan CDC Amerika Serikat. Akan tetapi, sejak saat itu, kandungan timbal di yang berada didalam darah telah menunjukkan gejala keracunan di manusia utamanya bagi anak-anak serta dibawah level kandungan timbal yang telah ditetapkan. Laporan tersebut juga menyatakan bahwa kadar timbal padadarah 3,6 μ g/dL atau lebih bisa berakibat terjadinya gangguan kardiovaskular bahkan kematian (T Sembel, 2015: 108).

Di dalam tubuh manusia, Pb dapat menghambat aktivitas kerja enzim yang terlibat untuk pembentukan haemoglobin (Hb) serta sebagian kecil Pb diekskresikan melalui feses atau urine karena sebagian lainnya terikat oleh protein, sedangkan sebagian lain terakumulasi di dalam ginjal, kuku, hati, rambut dan jaringan lemak. Waktu paruh timbal dalam eritrosit adalah 35 hari, dalam ginjal dan jaringan hati adalah 40 hari, sementara dalam tulang adalah 30 hari.

Logam berat timbal (Pb) di dalam tanah terikat dalam gugus -SH molekul protein sehingga dapat menghambat aktivitas kerja sistem enzim. Pb mengganggu sistem sintesis Hb. Komponen utama Hb adalah hem yang disintesis dari glisin

dan suksinil koenzim A (KoA) dengan piridoksil sebagai kofaktor, setelah terikat dengan Fe membentuk hem, di mana langkah awal dan akhir terjadi di mitokondria, sementara langkah antara terjadi terdapat di sitoplasma. Penghambatan sintesis Hb dapat menyebabkan terjadinya anemia. Senyawa Pb di dalam tubuh bisa berikatan dengan gugus aktif enzim ALAD sehingga menyebabkan pembentukan profobilinogen dan tidak berlanjut proses reaksi. Keracunan yang diakibatkan oleh kontaminasi logam Pb dapat menimbulkan macam-macam hal, seperti meningkatkan kadar *protoporphin* dalam sel darah merah, memperpendek umur sel darah merah dan menurunkan jumlah sel darah merah dan kadar sel darah merah yang masih muda (retikulosit), meningkatnya kadar ALAD dalam urin. Bentuk ion Pb^{2+} dapat mensubstitusi keberadaan Ca^{2+} yang ada dalam jaringan tulang. Hal ini disebabkan oleh senyawa Pb yang mampu memberikan efek racun pada berbagai fungsi organ tubuh.

Timbal memiliki sifat kumulatif. Mekanisme toksisitas logam berat Pb berdasarkan organ yang dipengaruhi diantaranya:

- 1) Sistem haemopoietik adalah tempat dimana logam berat Pb dapat menimbulkan terhambatnya sistem dalam pembentukan haemoglobin (Hb) sehingga mengakibatkan terjadinya anemia
- 2) Sistem syaraf adalah tempat dimana timbal (Pb) dapat mengakibatkan kerusakan otak, halusinasi, gejala epilepsi dan kerusakan otak besar
- 3) Sistem urinaria adalah tempat dimana logam berat timbal (Pb) dapat menyebabkan terjadinya lesi tubulus proksimal
- 4) Sistem gastrointestinal adalah tempat dimana logam berat timbal (Pb) mampu mengakibatkan terjadinya kolik serta konstipasi
- 5) Sistem endokrin adalah tempat dimana logam berat timbal (Pb) mengakibatkan gangguan fungsi adrenal dan fungsi tiroid
- 6) Bersifat karsinogenik jika dalam dosis yang tinggi

Toksisitas Pb bersifat kronis maupun akut. Paparan timbal (Pb) secara kronis dapat menyebabkan gangguan gastrointestinal, kelelahan, kelesuan, gangguan

iritabilitas, infertilitas pada laki-laki, sakit kepala, depresi, sulit konsentrasi, daya ingat terganggu dan sulit tidur.

Toksitas akut bisa terjadi dan masuk dalam tubuh seseorang melewati jalur rantai makanan ataupun menghirup gas logam berat (Pb) dalam jangka waktu yang singkat dengan dosis tinggi. Gejala serta tanda klinis yang diakibatkan dari paparan logam berat timbal (Pb) secara akut bisa mengakibatkan terjadinya:

- 1) Gangguan gastrointestinal, seperti kolik, kram perut dan biasanya diawali dengan sakit perut hebat, sembelit mual dan muntah
- 2) Gangguan neurologiensefalopi seperti bingung, sakit kepala, sering pingsan dan koma.
- 3) Gangguan fungsi ginjal, gagal ginjal dan oliguria yang akut dapat berkembang cepat

Kandungan logam berat timbal (Pb) dalam darah berkorelasi dengan tingkat kecerdasan. Pada umumnya semakin besar kadar logam berat timbal (Pb) dalam darah, maka semakin rendah IQ. Apabila pada darah terdapat kadar logam berat timbal (Pb) sebanyak tiga kali batas normal (intake normal sekitar 0,3 mg/hari) maka bisa mengakibatkan terjadinya penurunan kecerdasan intelektual (IQ) dibawah 80. Kelainan fungsi otak dapat terjadi dikarenakan secara kompetitif menggantikan peran Zn, Cu dan Fe dalam mengatur fungsi sistem syaraf pusat.

e. Baku mutu timbal

Menurut ATSDR (2007) belum ada resiko minimum yang ditetapkan untuk timbal, walaupun timbal telah ditemukan secara alami dalam tanah, ia dianggap sebagai bahan berbahaya tanpa batas. Kadar logam berat timbal (Pb) yang terdapat dalam tanah terkontaminasi adalah lebih dari 5 mg/kg dengan pendistribusian logam berat timbal (Pb) dalam tanah yang berkorelasi dengan kedalaman, dan akan berkurang seiring dengan kedalaman, hal tersebut antara lain dijumpai pada lapisan atas tanah. Sementara berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri

dan atau Kegiatan Usaha lainnya di Jawa Timur Golongan II adalah 1 mg/l. Menurut EPA (2007) standart Pb di lingkungan adalah 5 ppm.

2.4 Fitoremediasi

Fitoremediasi (*'phyto'* berarti tanaman) merupakan istilah yang digunakan pada proses bioremediasi dengan memanfaatkan tanaman untuk memperbaiki lumpur, tanah, sedimen serta air yang terkontaminasi zat organik dan anorganik. Fitoremediasi juga didefinisikan sebagai "pemanfaatan tanaman secara efisien untuk mendetoksifikasi, menghilangkan, dalam matriks pertumbuhan sedimen, tanah, air melalui aktivitas kimiawi, biologi dan fisik (UNEP, 2017). Menurut (Russel, 2005) Metode fitoremediasi memiliki beberapa keunggulan, diantaranya:

- a. Menurunkan biaya produksi tenaga kerja dan peralatan serta biaya operasional
- b. Menurunkan emisi karbon di udara
- c. Pencegah erosi tanah
- d. Perawatan yang murah serta mudah
- e. Peningkatan Keanekaragaman Hayati
- f. Mengurangi bising dan lebih ramah lingkungan

Penelitian yang menunjukkan kesuksesan fitoremediasi telah banyak dilakukan, antara lain penelitian tentang tanah yang tercemar logam berat Cd pada tumbuhan akar wangi dengan media tanah berkompos. Penelitian tersebut menunjukkan adanya penurunan pencemar Cd pada tanah, sebesar 78,6% dengan menggunakan 9 batang tanaman akar wangi selama 28 hari.

Konsep pemanfaatan tanaman untuk penanganan limbah serta sebagai indikator pencemaran air serta udara telah lama ada, yaitu fitoremediasi dengan menggunakan sistem lahan alang-alang, lahan basah serta tanaman apung. Konsep fitoremediasi telah berkembang untuk menangani masalah cemaran tanah (Zynda, 2001). Tanaman bisa berfungsi untuk membersihkan polutan dari air, tanah ataupun udara dengan beragam cara. Tanaman juga bisa merusak, merombak, menyerap serta menstabilkan bahan polutan organik. Dalam hal ini, polutan bisa

dibersihkan dengan ditanami tanaman melalui kombinasi dari rhizodegradasi, fitodegradasi, fitovolatilisasi polutan organik seperti PAH dan *crude oily* yang telah terbukti mampu mengatasi persoalan pencemaran. Polutan logam berat serta unsur radioaktif dapat dibersihkan dengan menggunakan tanaman lewat proses fitoakumulasi, fitoekstraksi, rhizofiltrasi dan fitostabilisasi (Priyanto *et al*, 2006).

- a Fitoekstraksi yaitu kemampuan penyerapan logam berat yang dilakukan oleh akar tanaman dan kemampuan mengakumulasi logam berat ke dalam bagian-bagian tanaman (akar, daun dan batang), tanaman tersebut dikatakan sebagai tanaman hiperakumulator.
- b Rhizofiltrasi yaitu pemanfaatan yang dilakukan oleh akar tanaman dalam menyerap, mengendapkan, serta mengakumulasi logam berat.
- c Fitodegradasi merupakan metabolisme logam berat pada jaringan suatu tanaman oleh suatu enzim seperti enzim oksigenase dan dehalogenase
- d Fitostabilisasi yaitu kemampuan tanaman untuk mengeluarkan senyawa kimia tertentu guna mengimobilisasi logam berat pada daerah perakaran.
- e Fitovolatilisasi merupakan kemampuan tanaman untuk menyerap logam berat serta melepaskannya di udara melewati 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 adalah prosesnya memerlukan waktu lama, bergantung kepada keadaan iklim, dapat mempengaruhi keseimbangan rantai makanan pada ekosistem (Caroline dan Moa, 2015:735).

2.5 Mangrove

Mangrove merupakan tipe hutan tropik dan subtropik yang khas, dan mampu tumbuh disepanjang muara sungai ataupun tepian pantai yang pertumbuhannya dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Mangrove kerap dijumpai di daerah pesisir yang terlindung dari daerah yang landai. Mangrove bisa tumbuh optimal di

wilayah muara sungai yang besar serta delta dengan aliran air yang deras serta mengandung lumpur. Sementara di wilayah pesisir yang tidak memiliki muara sungai, mangrove sulit tumbuh optimal. Selain itu, mangrove pertumbuhannya sulit di jumpai di wilayah yang berombak besar, terjal sertamemiliki arus pasang surut yang kuat, karena kondisi ini tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur yang difungsikan sebagai substrat dalam pertumbuhannya (Dahuri 2003 dalam Ghufron, 2012:13).

Menurut Peraturan Menteri Kehutanan P.9/Menhut-II/2013, Hutan mangrove merupakan suatu formasi pohon yang tumbuh di tanah aluvial daerah pantai serta sekitar muara sungai yang pertumbuhannya dipengaruhi pasang surut air laut dan dicirikan oleh keberadaan jenis-jenis *Avicennia spp* (Apiapi), *Rhizophora spp* (Bakau), *Soneratia spp.* (Pedada), *Lumnitzera excoecaria* (Tarumtum), *Bruguiera spp* (Tanjung), *Anisoptera* dan *Nypa fruticans* (Nipah)., *Xylocarpus spp* (Nyirih).

2.5.1 Mangrove Jenis *Rhizophora apiculata*

Rhizophora apiculata menurut Wetlands, 2016 memiliki ciri yang khas. Ciri-ciri yang dimiliki oleh *Rhizophora apiculata* antara lain:

a. Akar

Akar tumbuhan *Rhizophora apiculata* menyerupai *Rhizophora mucronata* yaitu menjangkar bagai busur panah dan tumbuh tegak.

b. Batang

Batang mempunyai perakaran yang khas dan ketinggiannya dapat mencapai ketinggian 5 meter, mempunyai akar udara yang keluar dari cabang. Pohon tumbuhan mangrove ini dapat tumbuh hingga mencapai 30 meter.

c. Daun

Daun *Rhizophora apiculata* memiliki ciri khas yaitu mempunyai tulang daun berwarna merah kecoklatan serta daun warna hijau tua,berkulit, meruncing, dengan warna hijau muda di bagian tengah serta berwarna kemerahan di bagian bawah.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan terkait Perbedaan Penyerapan Logam Timbal (Pb) Pada Tanah yang ditanami tanaman Mangrove Jenis *Rhizophora apiculata*, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Nilai rata-rata kadar timbal (Pb) yang tidak diberi perlakuan (K) sebesar 6,061 mg/kg. Maka kelompok Kontrol (K) masih melebihi batas yang ditetapkan EPA terkait kandungan Pb di lingkungan yaitu 5 ppm.
- b. Nilai rata-rata kadar timbal (Pb) pada tanah yang ditanami mangrove 2 tanaman, 3 tanaman dan 4 tanaman adalah 0,040 mg/kg, 0,028 mg/kg dan 0,042 mg/kg maka terjadi penurunan kadar Pb di tanah.
- c. Terdapat perbedaan penurunan antara kelompok kontrol (K) dengan kelompok P₁, P₂, P₃. Perbedaan penurunan kadar timbal (Pb) secara signifikan terjadi pada semua kelompok kecuali hubungan antarkelompok P₁ dan P₂ dengan kelompok P₁ dan P₃. Hal ini dapat disebabkan karena tidak adanya perbedaan ketersediaan oksigen antara kelompok P₁ dan P₂ serta kelompok P₁ dan P₃.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan di atas disarankan sebagai berikut:

- a. Bagi koordinator kelompok tambak, diharapkan dapat memberikan informasi sekaligus pembudidayaan tanaman mangrove *Rhizophora apiculata* sebagai tanaman fitoremediasi logam berat.
- b. Penanaman mangrove di lapangan dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan jarak tanam pada masing-masing pohon, agar jumlah O₂ di sekitar akar *rizhosphere* dapat optimal sehingga memudahkan tanaman dalam proses fitoremediasi logam berat maupun zat toksikan lain.
- c. Bagi peneliti selanjutnya dapat menambahkan waktu kontak, serta perlu penelitian lebih lanjut dalam bentuk *Pre-Post Control Group Design*.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2004. Kimia Lingkungan. Yogyakarta : Andi Yogyakarta
- Arasy, et al. 2016. Penyisihan Konsentrasi Pb Menggunakan Typha Latifolia dengan Metode Sub Surface Flow Constructed Wetland. Jom FTEKNIK Vol 3 No.1 Februari 2016. Fakultas Teknik Universitas Riau
- Arisandy, K., Herawati, E. 2012. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) & Gambaran Histologi Pada Jaringan Aicennia Marina (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan* 1(1) (2012) 15-25, ISSN 2337-621X. [serial online]. <http://jpp.ub.ac.id/index.php/jpp/article/view/114/108> [4 Agustus 2017]
- Asmadi dan Suharno. 2012. Dasar – Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- ATSDR. 2007. *Toxicological Profile for Lead 2007*. Atlanta GA: U.S. Department of Public Health and Human Services. Public Health Service
- Badan Pusat Statistik. 2015. Kecamatan Rejoso dalam Angka 2015. Katalog BPS no 1102001.3514.200
- Barrina, Sheilla. 2016. Simulasi Neraca Air Di Das Rejoso Pasuruan Jawa Timur Pasca Pengambilan Air Baku Spam Regional Umbulan: Fakultas Teknik Pengairan Universitas Brawijaya. [serial online] http://pengairan.ub.ac.id/s1/?page_id=7980&lang=en [2 September 2017]
- Caroline. 2015. Fitoremediasi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Melati Air (*Echnodolius palaetolius*) Pada Limbah Industri Peleburan Tembaga dan Kuningan. Seminar Nasional & Teknologi Terapan III 2015 ISBN 978-602-98569-1-0. Institut Teknologi Aditama Surabaya

Chandra, Budiman. 2006. Ilmu Kedokteran Pencegahan dan Komunitas. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC

Connel, D. W., G. J. Miller. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Jakarta: UI-Press.

Dahlan, M. 2011. Statistik untuk Kedokteran dan Kesehatan. Jakarta: Salemba Medika

EPA, 2001, Themephos Facts, United States Prevention, Pesticides EPA Environmental Protection and Toxic Substances Agency, [Serial Online]. <http://www.epa.gov/pesticides/op/>.

Environmental Protection Agency. 2007. Identification lead (Pb) in soil. In: Environmental Criteria and Assessment Agency, ed. US: Atlanta.

Farhan, Isbir dan Mohammad Razif. 2017. A Removal of Zn Metal Concentration Using *Rhizophora apiculata* mangrove plants. *Asian Journal Agri & Biol.* 2017;5(4):328-336.

Fardiaz, Srikandi. 1992. Polusi Air dan Udara. Yogyakarta. Kanisius

Ghufron H, M., Kordi K. 2012. Ekosistem Mangrove Potensi, Fungsi dan Pengelolaan. Penerbit Rineka Cipta: Jakarta

Hanafiah, Kemas Ali. 2005. Rancangan Percobaan Aplikatif. Jakarta: Demedia Pustaka

Harjanto, Hari. 2007. Memperbanyak Tanaman Hias Favorit. Jakarta: PS

- Haryono, GandridanMulyanto. 2016.Kandungan Logam Berat Pb Air Laut, Sedimen Dan Daging Kerang Hijau *Perna viridis*.Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, Vol. 9, No. 1,Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK-IPB. [serial online]<https://media.neliti.com/media/publications/178557-ID-none.pdf>
- Hayudanti, A. dan Amelia.2007.PenyerapanLogam Berat Dalam Air MinumMenggunakanBiji Kelor.Program Studi S-1.JurusanTeknik Kimia FakultasTeknologiIndustri: Surabaya
- Herlambang, P., Hendriyanto, O. 2015. Fitoremediasi Limbah Deterjen Menggunakan Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*) Dan Genjer (*Limnocharis Flava* L.). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7 (2):100-114.
- Hidayat, A. 2010. Metode Penelitian Kesehatan. Surabaya: Health Book Publishing
- Indawan, et al. 2017.Quality Assesment of Mangrove Growing Environment in Pasuruan of East Java.*Journal of Degraded and Mining Lands Management*. ISSN: 2339-076x(p);2502-2458(e), volume 4, number 3:815-819
- Indrayatie. Eko Rini. 2008. Ketahanan Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria Zizanoides* L.) dalam Remediasi Sianida Limbah Cair Pabrik Tapioka. Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkura
- Jumin, H.B. 1992. Ekologi Tanaman Suatu Pendekatan Fisiologis. Jakarta: Rajawali Pers
- Kamaruzzaman, 2008, Taburan Plumbum dan Kumprum di Sedimen Dasar Muara Sungai Pahang, Pahang Malaysia, Sains Malaysiana, Vol 35, No 4. [Serial Online].http://www.ukm.my/jsm/pdf_files/SM-PDF-39-4%202010/04%20Kamaruzzaman.pdf. [2 Juli 2017]

Kelly E.B. 1997. Ground Water Pollution: *Phytoremediation*. [Serial Online].
[http://www.cee.vt.edu/program_areas/enironmental
teach/gwprimer/phyto/phyto/html](http://www.cee.vt.edu/program_areas/enironmental_teach/gwprimer/phyto/phyto/html). [2 Juli 2017]

Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan. Hidup Nomor:Kep-02/MENKLH/I/1988 tentang Pedoman Penetapan Baku.

Khoiriah, 2015. Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Cd dan Pb dengan Menggunakan Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*). Naskah Skripsi S1. Universitas Hasanudin, Makasar

MacFarlane G.R., Pulkownik A., and Burchett M.D., (2003), Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.: biological indication potential, Environmental Pollution

Manik, Darmalia, 2013. Kemampuan Tumbuh Anakan Mangrove Jenis *Rhizophora apiculata* dan *Avicennia marina* Terhadap Pencemaran Minyak Mentah. *Skripsi*. Departemen Silikultur Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

Material Safety Data Sheet, 2005. *Lead*. Health, Safety and Environmental Department, Canada Metal.

Melithia, C. L.A. Jhonson, dan W. Amber. 1996. Ground Water Pollution: *In Situ Biodegradation*. [Serial Online].
http://www.cee.vt.edu/program_areas/enironmental_teach/html. [2 Juli 2017]

Moelyaningrum, Anita Dewi. 2016. Correlation Between Blood Lead Level (BLL) And Osteoporosis in Postmenopausal Women In Surabaya Indonesia. Proceeding Journal of The 1st International Symposium of Public Health "Emerging and Re-emerging Diseases. [serial online].
<https://osf.io/preprints/inarxiv/8uqza> [20 September 2018]

- Moelyaningrum, Anita Dewi. 2017. The Potential of Cacao Pod Rind Waste (Theobroma cacao) to Adsorb Heavy Metal (Pb and Cd) in Water. [serial online]. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-5433-4_18. [20 September 2018]
- Moelyaningrum, Anita Dewi. 2016. Timah Hitam (Pb) dan Karies Gigi. *Jurnal Stomatognatic (J. K. G Unej)* Vol. 13 No.1 2016: 28-31 [serial online]. <https://osf.io/preprints/inarxiv/uz7ab> [17 September 2018]
- Moelyaningrum, Anita Dewi. 2015. Timah Hitam (Pb) dan Kesehatan. *Jurnal IKESMA Volume 6 Nomor 2, July 2015* [serial online]. <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/IKESMA/article/view/1626> [17 September 2018]
- Munawar, Ali., Rina. 2015. Kemampuan Tanaman Mangrove Untuk Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg) Dan Timbal (Pb). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol.2 No. 2*. Prodi Teknik Lingkungan, fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. [serial online] <http://eprints.upnjatim.ac.id/1259/>. [20 Agustus 2017]
- Murdiyanto, B., 2004. Mengenal, Memelihara dan Melestarikan Ekosistem Bakau. Proyek Pembangunan Masyarakat Pantai dan Pengelolaan Sumberdaya Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Nazir, M.2011. Metode Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia
- Nur, F. (2013). Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd). ISSN 2302-1616, 1(1), 74–83.
- Notoatmodjo, S., 2010. Metodologi Penelitian Kesehatan. Jakarta: PT. Rineka Cipta
- Novandi, R., .2014 Remediasi Tanah Tercemar Logam Timbal (Pb) Menggunakan Tanaman Bayam Cabut (*Amaranthus tricolor L.*). Program Studi Teknik

Lingkungan, Universitas Tanjungpura, Pontianak. [Serial Online] jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/article/view/5565. [2 Juli 2016]

Nursalam. 2008. Konsep dan Penerapan Metodologi Penelitian Ilmu Keperawatan. Jakarta: Salemba Medika

O, Richter et al. 2016. Phytoremediation by Mangrove Trees: Experimental Studies and Model Development. *Chemical Engineering Journal* 389-399. USA

Palar H. 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: PT Rineka Cipta

Panjaitan, Yanti Grace. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada pohon *Avecennia marina* di Hutan mangrove. *Tugas Akhir*. [Serial Online] <http://repository.usu.ac.id>. [2 Juli 2016]

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan atau Kegiatan Usaha lainnya di Jawa Timur

Prapto. 2016. Metodologi Riset Kesehatan. Sleman: Penerbit Deepublish.

Priyatno, B dan Prayitno, J. 2008. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran Khususnya Logam Berat. [Serial Online]. <http://lml.bppt.tripod.com/>. [2 Juli 2017]

- Russell, Kristi. 2005. The Use and Effectiveness of Phytoremediation to Treat Persistent Organic Pollutants. US.Environmental Protection Agency Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation and Field Services Division. Washington, DC
- Ridhowati, S. 2013. Mengenal Pencemaran Ragam Logam. Yogyakarta:Graha Ilmu.
- Rokhmalia, et al, 2017. Fitoremediasi Tumbuhan *Avicennia marina* Jenis *Rhizophora* Terhadap Konsentrasi Timbal (Pb) Pada Tanah. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forkes volume VIII nomor 2*. [serial online]. <http://forikes-ejournal.com/index.php/SF/article/view/133>. [20 September 2017]
- Wulan SP, Thamrin dan Amin B. (2013).Konsentrasi, Distribusi dan Korelasi Logam Berat Pb, Cr dan Zn pada Air dan Sedimen di Perairan Sungai Siak sekitar Dermaga PT. Indah Kiat Pulp and Paper Perawang-Provinsi Riau. Pusat PenelitianLingkungan Hidup Universitas Riau
- Santoso, S. 2014. Limbah Cair Domestik, Permasalahan dan Dampaknya terhadap Lingkungan. Fakultas Biologi UNSOED.
- Santoso, S. 2005. Menguasai Statistik di Era Informasi dengan SPSS 12. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo
- Sembel, T. 2015. Toksikologi Lingkungan Dampak Pencemaran dari Berbagai Bahan Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pe-ngelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Gramedia Pustaka. Jakarta
- Soerodikusumo, H.H. 1999. Biokimia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

SNI 06-6992.3-2004;SNI 0662004 Analisis Kadar Timbal (Pb) dalam Sedimen
Soemirat, J, 2000. Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: Gajah Mada University
Press, Yogyakarta

Soeparman dan Suparmin. 2002. Pembuangan Tinja dan Limbah Cair. Jakarta:
EGC.

Sudarmadji 2002. Rehabilitasi Hutan Mangrove. Universitas Jember. Jember

Sudarmadji, 2010. Teknik Penanaman Mangrove. Universitas Jember. Jember

Sugiharto, 2015. Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah. UI Press, Jakarta

Sugiyono, 2011. Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Bandung:
Alfabeta

Supriharyono, 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah
Pesisir Tropis. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Supriyatno, B. 2000. Pengelolaan Air Limbah Yang Berwawawasan Lingkungan,
Suatu Strategi Dan Langkah Penangannya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*.
Volume 1, Nomor 1. [serial online].
<http://www.kelair.bppt.go.id/Jtl/2000/vol1-1/03airlim.pdf>. [20 Agustus 2017]

Surya, HadidanSucika.2008. StudiBibit Mangrove
*Rhizophorastylosa*SebagaiBioindikatorAkumulasiLogamTimbal (Pb).*J. Pijar
MIPA, Vol. III No.1*, Maret2008 : 6 - 10.ISSN 1907-1744. Program Studi
Kimia Fakultas MIPA
UniversitasMataram.[serialonline].[http://download.portalgaruda.org/article.p
hp](http://download.portalgaruda.org/article.php). [20 Agustus 2017]

Sutanta, E. 2005. *Statistik & Probabilitas: Teori & Praktik Komputer*. Yogyakarta: Amus Yogyakarta

Suwando, H. 1996. *Repan Tumbuhan Air Sebagai Pengurang Pencemaran dan Tumbuhan Inang Vektor*. Salatiga: Stasiun Penelitian Vektor Penyakit. [Serial Online].

<http://bpk.litbang.depkes.go.id/index.php/MPK/article/download/962/807>. [3 Juli 2017]

UNEP. 2017. *Phytoremediation: An Environmentally Sound Technology for Pollution Prevention, Control and Redmediation*. [Serial Online]. <http://www.unep.or.jp/Ietc/Publications/Freshwater/FMS2/2.asp>. [3 Juli 2017]

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang *Perlindungan Dan Pengolahan Lingkungan Hidup*

Wetlands, 2016. *Mangrove*. [Serial Online]. http://www.wetlands.or.id/mangrove/mangrove_species.php?id=36. [28 Juni 2017]

Widowati, W., Sastiono, A., Jusuf, R. 2008. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: CV Andi Offset

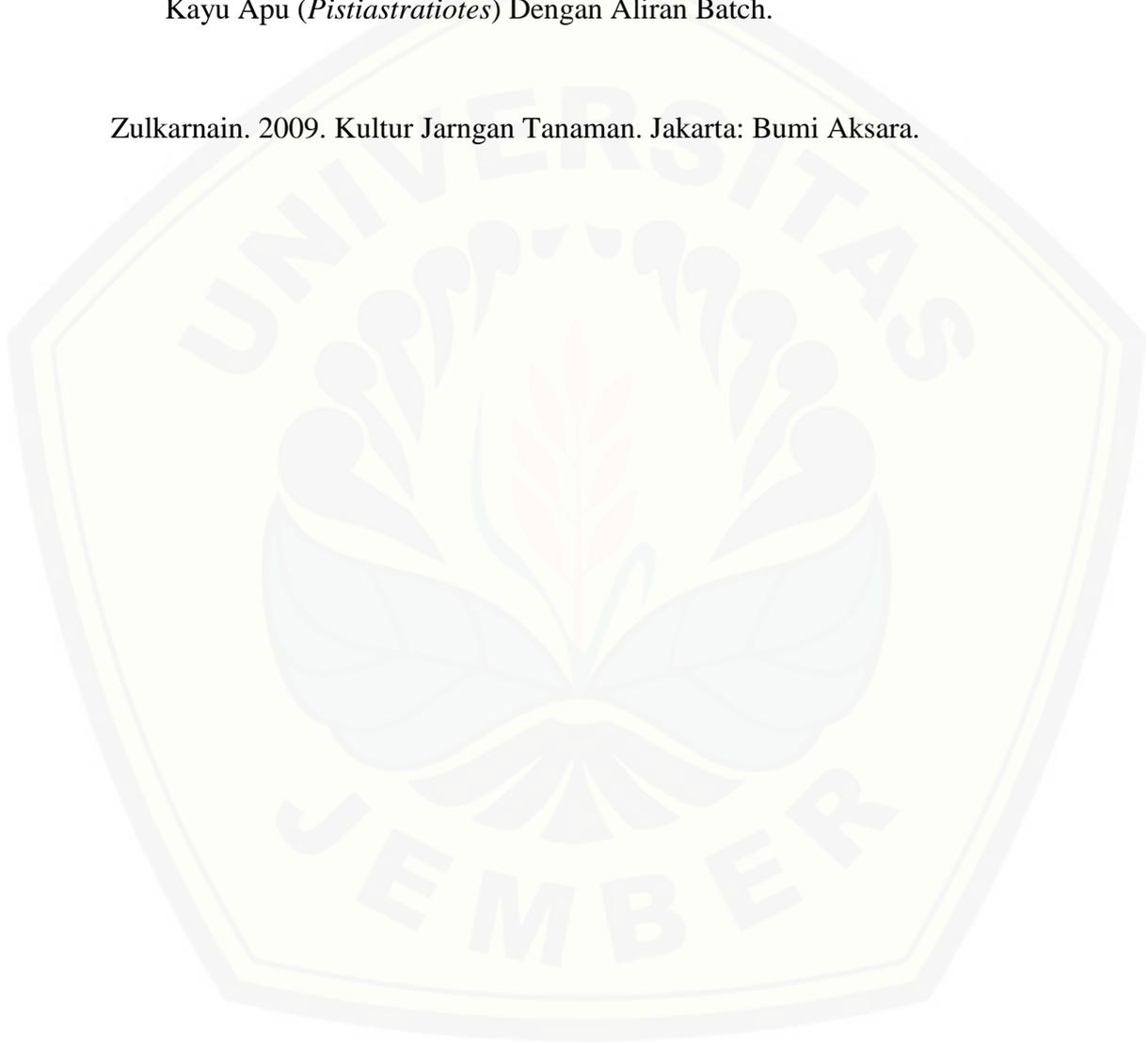
World Health Organization (WHO). 1997. *Lead*. Published Under The Joint Sponsorship of The United Nations Environment Programme, The International Labour Organization, and The World Health Organization [Serial Online]. www.who.int/ipcs/assessment/public_health/lead/en/ [28 Juni 2017].

Yovita, S. 2009. *Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) Pada Pertambangan Batubara di PT, Marunda Graha Mineral, Job site Laung Tuhup Kalimantan Tengah*. *Laporan Umum*. Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret.

Yusuf, Guntur. 2008. Bioremediasi Limbah Rumah Tangga dengan Sistem ulasi Tanaman Air. *Jurnal Bumi Lestari*, 8(2)

Zubair, A., Arsyad, A., dan Rosmiati. 2014. Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd) Menggunakan Kombinasi Enceng Gondok (*Eichorniacrassipes*) dan Kayu Apu (*Pistiastratiotes*) Dengan Aliran Batch.

Zulkarnain. 2009. Kultur Jarngan Tanaman. Jakarta: Bumi Aksara.



LAMPIRAN

Lampiran A. Hasil Uji Laboraturium



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI JEMBER
 Jalan Mastrip Kotak Pos 164 Jember 68101 Telp. (0331) 333532-34; Fax. (0331) 333531
 Email: politeknik@polije.ac.id; Laman: www.polije.ac.id

LAPORAN HASIL ANALISA

No: 554/PL17.12/BIOSAIN-ANALISA/2018

Tanggal terima sampel : 19 Maret 2018
 Tanggal selesai analisa : 27 Maret 2018
 Nama Pemohon : Nadhiroh Nur Laili
 Alamat Pemohon : Jember
 Jenis Sampel : Tanah
 Jumlah Sampel : 20 Sampel

Hasil Analisa :

No.	Jenis Analisa	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1.	P.1.1	ppm	0,051	Oksidasi basah, HNO ₃ +HClO ₄ , AAS, Flamephotometry
2.	P.1.2	ppm	0,051	
3.	P.1.3	ppm	0,040	
4.	P.1.4	ppm	0,028	
5.	P.1.5	ppm	0,028	
6.	P.2.1	ppm	0,016	
7.	P.2.2	ppm	0,028	
8.	P.2.3	ppm	0,028	
9.	P.2.4	ppm	0,028	
10.	P.2.5	ppm	0,040	
11.	P.3.1	ppm	0,040	
12.	P.3.2	ppm	0,051	
13.	P.3.3	ppm	0,040	
14.	P.3.4	ppm	0,040	
15.	P.3.5	ppm	0,040	
16.	K1	ppm	7,028	
17.	K2	ppm	5,028	
18.	K3	ppm	7,093	
19.	K4	ppm	6,132	
20.	K5	ppm	5,028	

Keterangan: *) Hasil analisa tersebut sesuai dengan sampel yang kami terima, tanpa ada modifikasi yang mempengaruhi hasil analisa.

*) Nilai hasil analisa yang tercantum hanya berlaku bagi sampel yang kami terima tersebut diatas.



Jember, 27 Maret 2018
 Kepala LPT Laboratorium Biosain,

Nelly Ermawati, PhD
 NIP. 19750818 200812 2 002

Lampiran B. Hasil Uji Statistik

1. Hasil Uji Normalitas (*Shapiro Wilk Test*)

Tests of Normality

	perlakuan	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Hasil	p1	,243	5	,200*	,821	5	,118
	p2	,300	5	,161	,883	5	,325
	p3	,473	5	,001	,552	5	,000
	K	,245	5	,200*	,831	5	,143

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

2. Tes Homogenitas (*Uji Kruskal Wallis*)

Test Statistics^{a,b}

	Hasil
Chi-Square	14,096
Df	3
Asymp. Sig.	,003

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: perlakuan

3. Uji Pos Hoc (*Uji Mann Whitney*)

Ranks

	perlakuan	N	Mean Rank	Sum of Ranks
hasil	p1	5	3,00	15,00
	K	5	8,00	40,00
	Total	10		

Test Statistics^a

	hasil
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	15,000
Z	-2,635
Asymp. Sig. (2-tailed)	,008
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,008 ^b

a. Grouping Variable: perlakuan

b. Not corrected for ties.

Ranks

	perlakuan	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Hasil	p2	5	3,00	15,00
	k	5	8,00	40,00
	Total	10		

Test Statistics^a

	hasil
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	15,000
Z	-2,652
Asymp. Sig. (2-tailed)	,008
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,008 ^b

a. Grouping Variable: perlakuan

b. Not corrected for ties.

Ranks

	perlakuan	N	Mean Rank	Sum of Ranks
hasil	p3	5	3,00	15,00
	k	5	8,00	40,00
	Total	10		

	hasil
Mann-Whitney U	,000
Wilcoxon W	15,000
Z	-2,703
Asymp. Sig. (2-tailed)	,007
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,008 ^b

a. Grouping Variable: perlakuan

b. Not corrected for ties.

Ranks

	perlakuan	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	p1	5	6,90	34,50
hasil	p2	5	4,10	20,50
	Total	10		

Test Statistics^a

	Hasil
Mann-Whitney U	5,500
Wilcoxon W	20,500
Z	-1,571
Asymp. Sig. (2-tailed)	,116
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,151 ^b

a. Grouping Variable: perlakuan

b. Not corrected for ties.

Ranks

	perlakuan	N	Mean Rank	Sum of Ranks
	p1	5	5,20	26,00
hasil	p3	5	5,80	29,00
	Total	10		

Test Statistics^a

	Hasil
Mann-Whitney U	11,000
Wilcoxon W	26,000
Z	-,340
Asymp. Sig. (2-tailed)	,734
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,841 ^b

a. Grouping Variable: perlakuan

b. Not corrected for ties.

Ranks

	perlakuan	N	Mean Rank	Sum of Ranks
p2		5	3,40	17,00
hasil	p3	5	7,60	38,00
	Total	10		

Test Statistics^a

	hasil
Mann-Whitney U	2,000
Wilcoxon W	17,000
Z	-2,373
Asymp. Sig. (2-tailed)	,018
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,032 ^b

a. Grouping Variable: perlakuan

b. Not corrected for ties.

Lampiran C. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Tanah



Gambar 2. Pengambilan Tanah



Gambar 3. Homegenisasi tanah



Gambar 4. Pengukuran tinggi mangrove



Gambar 5. Penimbangan Tanah



Gambar 6. Penanaman Mangrove



Gambar 7. Pemberian Naungan



Gambar 8. Penyiraman mangrove



Gambar 9. Penghomogenan Tanah



Gambar 10. Sampel Tanah



Gambar 11. Penambahan Nitridacid (HNO_3)



Gambar 12. Penambahan *Peclorid acid* (HClO_4)



Gambar 13. Pemanasan Sampel



Gambar 14. Peletakan sampel pada labu ukur