

Studi Akumulasi Logam Timbal (Pb) dan Efeknya Terhadap Kandungan Klorofil Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*

Aulia Dewi Puspita^{*)}, Adi Santoso, dan Bambang Yulianto

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Kampus Tembalang, Semarang 50275 Telp/Fax. 024-7474698
Email : bbyulianto@gmail.com

Abstrak

Mangrove merupakan tanaman pesisir yang sangat rawan terkena pencemaran logam berat, baik yang berasal dari darat maupun dari laut. Pembangunan industri yang semakin banyak mengakibatkan tingginya tingkat pencemaran limbah. Limbah masuk ke perairan maka tanaman pesisir di sekitar industri akan tercemar. *Rhizophora mucronata* merupakan salah satu jenis mangrove dengan populasi terbanyak dan paling sering ditemukan di sekitar daerah pesisir. Kegiatan industri banyak membuang logam timbal (Pb), dimana Pb merupakan salah satu jenis logam berat yang tidak dapat terdegradasi, namun Pb dapat terakumulasi dan terabsorpsi pada organisme.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian logam timbal (Pb) dengan konsentrasi dan waktu pemaparan yang berbeda terhadap kandungan klorofil daun mangrove *Rhizophora mucronata*.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli – Agustus 2012 di Kampus Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro Semarang. Anakan Mangrove yang digunakan adalah *R. mucronata* yang berumur ± 8 bulan. Mangrove uji diletakkan pada media uji dengan konsentrasi 20, 100, dan 500 ppm. Pada setiap perlakuan diberikan tiga kali pengulangan dan satu kontrol dan untuk analisis kandungan klorofil dilakukan setiap 10 hari sekali.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan pemberian konsentrasi Pb yang semakin besar dan waktu pemaparan yang semakin lama akan menyebabkan kandungan klorofil mengalami penurunan yang signifikan. Akan tetapi meskipun jumlah klorofil mengalami penurunan, berdasarkan perhitungan nilai fitoremediasi (FTD) *R. mucronata* tetap dapat digunakan untuk mengurangi pergerakan polutan Pb di dalam tanah/sedimen

Kata Kunci : Akumulasi; logam berat; Pb; *R. mucronata*; konsentrasi; waktu pemaparan

Abstract

Mangrove is a coastal plant which is vulnerable to heavy metal pollution, whether from land or from the sea. More industrial development resulted in high levels of waste pollution. Various industrial waste into coastal waters will threaten coastal vegetation like as mangrove. *Rhizophora mucronata* is one kind of mangrove with the highest population and is most often found around the coastal areas. Many industrial activities discharge lead (Pb), where Pb is one of the heavy metals that can not be degraded, can be accumulated in organism.

This study aimed to know the accumulation of plumbum in mangrove the influence of difference concentration of Pb and exposure duration on chlorophyll content of *R. mucronata* mangrove leaves.

The research was conducted in July-August 2012 at the Marine Science Campus, Faculty of Fisheries and Marine Science, Diponegoro University, Semarang. Mangrove saplings used was *R. mucronata* ± 8 months old. Mangrove test was placed on the test media with concentrations of 20, 100, and 500 ppm. Each treatment was triplicates and analysis for chlorophyll content was done every 10 days.

The results of study can be concluded that the greater Pb concentration the longer the exposure time could decrease of chlorophyll content. But despite the amount of chlorophyll decreased, based on the calculation of the value of phytoremediation (FTD) *R. mucronata* still be potential to reduce pollutant movement of Pb in soil/sediment/

Keywords : Accumulation; heavy metals; Pb; *R. Mucronata*; concentration; exposure time

*) Penulis penanggung jawab

I. Pendahuluan

Indonesia memiliki ekosistem pesisir yang lengkap dan ideal yang tersusun atas 3 komponen ekosistem utama lingkungan pesisir. Ekosistem pesisir ini meliputi ekosistem terumbu karang, ekosistem lamun, serta ekosistem mangrove dimana sekitar 23,36% luasan mangrove yang ada

di dunia terdapat di negara Indonesia (Spalding *et al.*, 1997). Sebagian besar daerah pantai pulau-pulau di Indonesia merupakan tempat tumbuh mangrove yang baik, sehingga mangrove merupakan suatu ekosistem yang umum mencirikan morfologi sistem biologi pesisir di Indonesia, di samping padang lamun dan terumbu karang,

yang memiliki peranan penting dalam perlindungan dan pengembangan wilayah pesisir.

Hutan mangrove memiliki fungsi yang tidak sedikit diantaranya sebagai penyerap polutan, sebagai filter bagi perairan pesisir dari berbagai polutan yang datang dari daratan, mampu mengurangi tingkat polutan perairan pesisir. Polutan logam berat mampu diserap oleh hutan mangrove tanpa mangrove mengalami kerusakan sehingga disebut fitoremediator. Disamping itu mangrove juga sebagai *nutrient trap* dimana serasah mangrove merupakan bahan penting untuk berlangsungnya siklus unsur hara dan merupakan bahan dasar untuk kehidupan organisme yang terdapat pada ekosistem mangrove. Serasah daun mangrove pada lingkungan estuaria merupakan suatu bahan

dasar nutrisi penting. Walaupun miskin nutrisi ketika jatuh dari pohon, daun-daun mangrove menjadi nutrisi yang diperlukan untuk proses – proses pengkayaan mikroba (Odum, 1993).

Luasan mangrove Indonesia terus mengalami penurunan, dari 4,25 juta hektar pada tahun 1982 menjadi sekitar 3,24 juta hektar pada tahun 1987, dan tersisa seluas 2,50 juta hektar pada tahun 1993. Penurunan ini mencapai 200.000 hektar per tahun.

Penurunan luasan hutan mangrove tak bisa dilepaskan dari berbagai aktivitas manusia, yang menyangkut pemenuhan kebutuhan hidup, seperti konversi menjadi area tambak, bahkan pemanfaatan kayu mangrove sebagai bahan bakar dan bahan bangunan. Pembangunan industri di segala sektor, membawa dampak yang terasa hingga ke ekosistem pesisir dimana hutan mangrove mengambil peranan penting di dalamnya.

Hutan mangrove ditebangi untuk lahan industri, dan bahan-bahan pencemar berbahaya seperti logam berat, tersebar ke hampir semua biota yang ada disekitarnya, termasuk ke dalam hutan mangrove itu sendiri. Menurut Mac Farlane (2001), polutan logam yang paling banyak dilepaskan oleh industri adalah Cu, Pb, dan Zn. Selanjutnya, Harbison (1986), mengungkapkan bahwa mangrove dapat berfungsi sebagai penghambat penyebaran logam berat ke dalam ekosistem perairan. Sedimen mangrove yang

sebagian besar terdiri dari lumpur dan lempung memiliki kandungan organik yang tinggi dan pH yang rendah efektif sebagai perangkap logam berat.

II. Materi dan Metode

Materi penelitian menggunakan materi berupa daun anakan *Rhizopora mucronata* berumur 8 bulan dan sedimen (tanah) yang belum tercemar logam berat. Anakan mangrove dan sedimen berasal dari perairan pantai di Tapak Kecamatan Mangkang Kota Semarang. Anakan mangrove dipelihara di dalam tiruan rumah plastik dan diberikan perlakuan di kampus Jurusan Ilmu Kelautan Undip.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental laboratoris. Pengolahan data menggunakan metode RAL (Rancangan Acak lengkap).

Metode Pelaksanaan Penelitian Lokasi Penelitian

Rhizopora mucronata diidentifikasi dari bentuk penampang daun yang lebih besar dan terdapat bintik hitam di sisi daun belakang (Kitamura *et al.*, 1997).

Seluruh anakan mangrove *R. mucronata* ditanam dalam pot yang berupa ember dengan diameter 30 cm dan tinggi 25 cm, lalu dimasukkan ke sebuah rumah plastik (ruangan tiruan rumah plastik) yang berukuran 3 m x 2,5 m x 1,5 m yang konstruksi dari bambu dan plastik (Gambar 1 dan Gambar 2).



Gambar 1. Tiruan Rumah Plastik



Gambar 2. Bagian dalam Rumah Plastik

Aklimatisasi

Bibit mangrove *R. mucronata* yang digunakan untuk penelitian adalah yang berumur sekitar 8 bulan, dengan jumlah daun sekitar 4-5 pasang. Pengambilan bibit mangrove ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Hadi dan Nusantari (2007). Sementara itu sedimen/substrat diambil juga dari perairan Tapak daerah Mangkang Kota Semarang.

Anakan mangrove *R. mucronata* tersebut ditanam dalam 1 pot yang berupa ember dengan ukuran diameter 30 cm dan tinggi 25cm. Dalam 1 ember ditanam 4 buah anakan mangrove. Ketinggian sedimen dari dasar ember adalah 15 cm. Mangrove dipelihara selama 30 hari dengan suhu udara 28-30°C dan dengan salinitas 28-33‰.

Perlakuan Konsentrasi pada Media

Penelitian ini menggunakan 3 perlakuan konsentrasi yang berbeda ditambah 1 perlakuan kontrol (tanpa logam Pb). Belum diketahui seberapa besar konsentrasi Pb yang bisa berdampak mematikan bagi mangrove (Hogart, 2012), karena itu konsentrasi Pb mengacu pada penelitian sebelumnya tentang kemampuan bibit mangrove *R. mucronata* sebagai bioindikator Pb (timbangan) (Siahaan, 2013). Pada penelitian tersebut konsentrasi Pb yang diberikan pada bibit mangrove adalah 0,01; 0,1; 1; dan 100 ppm, dan pada penelitian ini konsentrasi Pb yang dipergunakan adalah 20; 100; 500 ppm. Mengingat konsentrasi-konsentrasi Pb yang digunakan dalam penelitian tersebut relatif tidak berpengaruh terhadap tanaman uji, maka dalam penelitian ini ditambahkan satu konsentrasi uji yang relatif tinggi (500 ppm) untuk melihat kemampuan *R. mucronata* dalam menghadapi kondisi lingkungan dengan konsentrasi yang tinggi.

Logam Pb yang digunakan dalam penelitian adalah logam Pb dalam bentuk serbuk yang campuran unsur dengan rumus kimia $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Konsentrasi-konsentrasi yang dipergunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan cara melakukan pengenceran dari larutan induk "stock solution" Pb yang berkonsentrasi 1500 ppm dan diencerkan ke dalam air laut sesuai

dengan perlakuan konsentrasi yang dikehendaki (digunakan sebagai air penyiraman tanaman). Selanjutnya larutan air laut + kontaminan Pb yang dibuat sesuai masing-masing perlakuan konsentrasi disiramkan ke dalam ember-ember tanaman mangrove hingga menggenangi ± 5 cm di atas permukaan media tanah. Setiap perlakuan percobaan dilakukan pengulangan 3 kali.

Larutan induk Pb disiapkan dengan konsentrasi 1000 ppm. Larutan stok 1000 ppm disiapkan dengan cara melarutkan 1 g Pb ke dalam 1 liter aquades. Sesuai dengan bahan kimia yang digunakan sebagai kontaminan Pb, yaitu: $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$, maka untuk mendapatkan 1 g Pb harus ditimbang $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 1,83 g. Adapun cara membuat larutan stok adalah sebagai berikut, Bahan serbuk $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$, dengan berat atom (BA) C=12, H=1, O=16, dan Pb=207. Maka Berat Molekul (BM) unsur tersebut adalah 379. Maka 1 g Pb di dapatkan dari rumus:

$$\begin{aligned} \text{Kadar \% Pb dalam } (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O} &= \frac{\text{BAPb}}{\text{BM}(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O}} \times 100\% \\ &= \frac{207}{379} \times 100\% \\ &= 54,6\% = 0,546 \end{aligned}$$

Maka 1 g Pb dalam unsur $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ adalah $1/0,546 = 1,83$ gram. Hasil tersebut selanjutnya dicampurkan dalam aquades hingga mencapai volume 1 liter untuk menghasilkan larutan Pb 1000 ppm yang memiliki kandungan Pb dalam bentuk ion Pb^{2+} karena mengalami ionisasi.

Logam Pb diberikan dihari pertama setelah anakan mangrove *R. mucronata* dipelihara dalam suhu ruangan 28-30 °C selama satu minggu. Cairan Kontaminan logam Pb diberikan sebanyak ± 4 liter supaya genangan air mencapai ± 5 cm di atas permukaan media tanah. Selanjutnya mangrove dipaparkan selama 10 hari setiap tahapan dan dilakukan pengambilan anakan mangrove *R. mucronata*.

Pengambilan sampel daun untuk dilakukan analisis kandungan Pb, kandungan klorofil dilakukan setiap 10 hari (setiap tahap). Kegiatan pengambilan sampel berlangsung sebanyak 3 (tiga) tahap.

Pengambilan Sampel Daun

Pengambilan sampel daun dilakukan untuk mengetahui kadar klorofil dan kandungan logam berat. Untuk analisis klorofil, daun diambil 2 helai dari daun terbawah, dan dengan berat sekitar 2-3 gram. Waktu pengambilan adalah pukul 09.00-10.00 WIB berlaku untuk semua ember percobaan, dimana pada waktu tersebut daun belum mengalami fotosintesis secara maksimal. Daun diambil dengan menggunakan *cutter*.

Metode pengambilan daun untuk analisis kandungan logam berat dilakukan dengan cara yang sama dengan pengambilan daun untuk analisis klorofil. Sampel daun diambil dengan 3 kali ulangan untuk setiap perlakuan konsentrasi.

Persiapan dan Analisis Sampel Persiapan dan Analisis Kandungan Logam Berat

Sampel daun mangrove yang sudah diambil kemudian dilakukan preparasi sebelum masuk ke dalam tahapan analisis logam berat. Daun dipotong kecil-kecil dan dikeringkan di dalam oven selama 12 jam dengan suhu 105 °C. Pengeringan tersebut berguna untuk menghilangkan kadar air sehingga berat keringnya menjadi stabil. Setelah itu, sampel dihaluskan dengan menggunakan mortir. Sampel sedimen juga dikeringkan dalam oven dengan suhu yang sama seperti yang dilakukan pada daun. Daun yang sudah dihaluskan ditimbang sebanyak ± 2 gram, sedangkan sedimen kering beratnya ± 1 gram. Sampel-sampel yang ada kemudian dimasukkan kedalam tanur untuk diabukan dengan tujuan menghilangkan kandungan organik dalam suhu 450-700°C (APHA, 1992)

Persiapan dan Analisis Kandungan Klorofil

Klorofil diukur dengan menggunakan spektrofotometer. Namun sebelumnya dilakukan persiapan dengan urutan sebagai berikut:

- a) Penyiapan larutan klorofil
- b) Kalibrasi Transmitan

Untuk mengukur klorofil terlebih dahulu dilakukan kalibrasi terhadap nilai transmitansinya. Nilai transmitan pelarutnya harus dibuat atau diatur 100%, sehingga nilai absorbansi yang dihasilkan saat pengukuran semata-mata ditentukan

oleh klorofil sebagai zat terlarutnya (bukan oleh pelarut)

Pengukuran klorofil

Sampel daun mangrove *R. mucronata* segar (bukan yang layu atau menguning) dipotong seberat 0,10 gram. Sampel kemudian digerus sampai halus dan diberi larutan aseton 10 ml. Setelah larutan homogen lalu disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya larutan tersebut dipindah pada tabung reaksi dan ditutup dengan kertas oil agar tidak bercampur dengan udara dari luar. Sampel selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 15 menit kemudian disaring sampai diperoleh filtrat. Filtrat dibaca serapan warnanya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang (λ) 645 dan 663 nm untuk diukur kadar total klorofil, yaitu klorofil a dan klorofil b. Perhitungan kadar klorofil dilakukan mengikuti metode yang dikemukakan oleh Hendry dan Grime (1993) dengan rumus:

Klorofil a :

$$(12,7 \times A_{663}) - (2,69 \times A_{645}) \text{ (mg/l)}$$

Klorofil b :

$$(22,9 \times A_{645}) - (4,68 \times A_{663}) \text{ (mg/l)}$$

Total klorofil :

$$(20,2 \times A_{645}) + (8,02 \times A_{663}) \text{ (mg/l)}$$

Analisis Data Statistik, BCF, dan TF

Data jumlah klorofil diolah secara kuantitatif dengan menggunakan perhitungan statistika. Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan diuji dengan Uji Normalitas Lilliefors, Homogenitas sebagai uji awal melalui perangkat lunak SPSS 17.

Kandungan Pb pada daun dianalisis secara deskriptif melalui histogram data untuk membandingkan kondisi pada awal dan akhir waktu perlakuan. Akumulasi logam berat dihitung dengan Faktor Biokonsentrasi (BCF), yang digunakan untuk menghitung kemampuan daun dalam mengakumulasi logam berat Pb, Ghosh dan Singh (200) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$BCF = \frac{\text{Logam Berat Pb pada Akar atau Daun}}{\text{Logam Berat Pb pada Sedimen atau Air}}$$

Faktor Translokasi (TF) logam berat digunakan untuk menghitung proses translokasi logam berat dari akar ke daun, dihitung dengan rumus:

$$TF = \frac{\text{Logam Berat Pb pada Daun}}{\text{Logam Berat Pb pada Akar}}$$

Selisih antara nilai BCF dan TF selanjutnya digunakan untuk menghitung fitoremediasi/FTD (Yoon *et al.*, 2006). FTD dihitung dengan menggunakan rumus:
 $FTD = BCF - TF$

Hipotesis

Hipotesis yang diuji dalam penelitian ini adalah hipotesis kandungan klorofil:

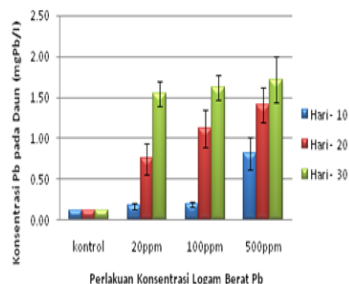
- $H_{0.1}$: Pemberian logam Pb dengan konsentrasi berbeda tidak terpengaruh oleh jumlah kandungan klorofil anakan *R. mucronata*.
- $H_{1.1}$: Jumlah kandungan klorofil anakan *R. mucronata* terpengaruh oleh pemberian logam Pb dengan konsentrasi berbeda.
- $H_{0.2}$: Jumlah kandungan klorofil anakan *R. mucronata* tidak terpengaruh oleh lama waktu pemaparan pada logam berat Pb.
- $H_{1.2}$: Jumlah kandungan klorofil anakan *R. mucronata* terpengaruh oleh lama waktu pemaparan pada logam berat Pb.

Hasil dan Pembahasan
Hasil Rerata Logam Berat Pb pada Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*

Berdasarkan hasil pengukuran kandungan logam berat timbale (Pb) pada daun *R. mucronata* dengan pemberian konsentrasi toksikan pada waktu pemaparan yang berbeda didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Rerata Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) (mgPb/L) pada Daun Mangrove *R. mucronata* (nilai ± SD, n = 3)

Waktu (Hari ke)	Kontrol	Perlakuan 1 (20ppm)	Perlakuan 2 (100ppm)	Perlakuan 3 (500ppm)
10	0,108 ± 0,00	0,170 ± 0,040	0,190 ± 0,35	0,810 ± 0,199
20	0,108 ± 0,00	0,750 ± 0,192	1,120 ± 0,230	1,410 ± 0,212
30	0,108 ± 0,00	1,546 ± 0,147	1,622 ± 0,152	1,713 ± 0,282



Gambar 3. Histogram Rerata Konsentrasi Pb pada Daun *R. mucronata*.

Selama masa waktu pemaparan logam berat Pb, sampel daun diambil pada hari ke-10, ke-20, dan ke-30 untuk mengetahui akumulasi logam berat Pb yang terserap ke daun.

Jumlah logam berat Pb yang terdapat pada kontrol pada hari ke-10 adalah sejumlah 0,108 mgPb/L, sedangkan kandungan logam Pb di daun pada perlakuan konsentrasi 20 ppm lebih rendah (0,170 mgPb/L) dibandingkan dengan perlakuan 100 ppm (0,190 mgPb/L) dan perlakuan 500 ppm (0,810 mgPb/L).

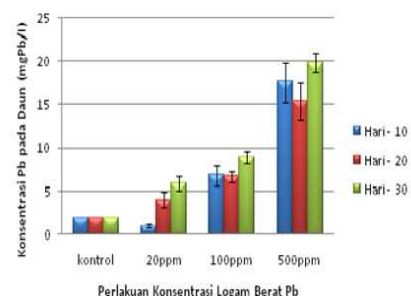
Selanjutnya pada hari ke-20 jumlah akumulasi logam berat Pb pada daun semakin meningkat, yaitu pada kontrol (0,108 mgPb/L), pada perlakuan konsentrasi 20 ppm (0,750 mgPb/L), pada perlakuan konsentrasi 100 ppm (1,120 mgPb/L) dan pada perlakuan konsentrasi 500 ppm (1,410 mgPb/L).

Jumlah akumulasi logam berat Pb pada daun meningkat tinggi pada hari ke-30 dan hanya pada kontrol tetap karena dianggap sama dengan tidak mendapat perlakuan konsentrasi tertentu, yaitu (0,108 mgPb/L) dimana lebih rendah dari perlakuan konsentrasi 20 ppm (1,546 mgPb/L), perlakuan konsentrasi 100 ppm (1,622 mgPb/L), dan pada perlakuan konsentrasi 500 ppm (1,713 mgPb/L).

Hasil Rerata Logam Berat Pb pada Akar Mangrove *R. Mucronata*

Tabel 2. Hasil Rerata Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) (mgPb/L) pada Akar Mangrove *R. mucronata* (nilai ± SD, n = 3)

Waktu (Hari ke)	Kontrol	Perlakuan 1 (20 ppm)	Perlakuan 2 (100 ppm)	Perlakuan 3 (500 ppm)
10	1,82±0,00	0,950±0,232	6,810±1,176	17,600±2,280
20	1,82±0,00	4,021±0,938	6,658±0,573	15,400±2,116
30	1,82±0,00	5,870±0,817	8,930±0,706	19,820±1,112



Gambar 4. Histogram Rerata Konsentrasi Pb pada Akar *R. mucronata*

Pemberian logam berat Pb selama waktu pemaparan 30 hari juga memberikan pengaruh pada kandungan Pb di akar *R. mucronata*. Pada kontrol di hari ke-10 jumlah logam Pb yang berada di akar adalah sejumlah 1,82 mgPb/L). Pada konsentrasi 20 ppm akumulasi Pb di akar adalah sebesar 0,95 mgPb/L) dan semakin tinggi pada pemberian perlakuan konsentrasi yang lebih besar, yaitu 100 ppm (6,81 mgPb/L) dan pada 500 ppm (17,6 mgPb/L).

Hari ke-20 waktu pemaparan di dapatkan hasil jumlah akumulasi Pb pada kontrol di akar sebesar (1,82 mgPb/L), perlakuan konsentrasi 20 ppm sebesar (4,02 mgPb/L), perlakuan konsentrasi 100 ppm sebesar (6,66 mgPb/L) dan pada konsentrasi 500 ppm sejumlah (15,4 mgPb/L).

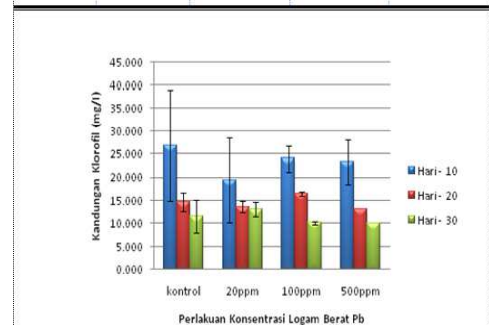
Setelah hari ke-30 pemaparan logam berat didapatkan hasil akumulasi logam Pb pada kontrol sebesar (1,82 mgPb/L) dan meningkat pada perlakuan konsentrasi 20 ppm (5,87 mgPb/L), konsentrasi 100 ppm (8,93 mgPb/L) dan tertinggi pada konsentrasi 500 ppm (19,82 mgPb/L).

Hasil Rerata Jumlah Klorofil Daun Mangrove *R. mucronata* pada Tiap Perlakuan Konsentrasi Plumbum (Pb)

Hasil uji pengaruh pemberian kadar logam berat timbal (Pb) dengan konsentrasi dan waktu pemaparan yang berbeda terhadap jumlah kandungan klorofil pada daun mangrove *R. mucronata* terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi Perlakuan (nilai ± SD Rerata Jumlah Klorofil (mg/L) Daun Mangrove *R. mucronata* pada Tiap, n =3)

Waktu (Hari ke)	Kontrol	Perlakuan 1 (20ppm)	Perlakuan 2 (100ppm)	Perlakuan 3 (500ppm)
10	26,928 ± 0,00	19,436 ± 9,310	24,102 ± 2,857	23,352 ± 4,949
20	14,647 ± 0,00	13,531 ± 2,082	16,395 ± 1,250	13,030 ± 0,508
30	11,547 ± 0,00	12,967 ± 3,561	10,066 ± 1,595	9,978 ± 0,295



Gambar 5. Histogram Rerata Jumlah Klorofil Daun Mangrove *R. mucronata* pada Tiap Perlakuan Konsentrasi

Berdasarkan hasil pengukuran jumlah kandungan klorofil daun mangrove *R. mucronata* pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa pada pemaparan logam berat Pb selama 10 hari, jumlah klorofil pada control adalah 26,928 mg/L; konsentrasi 20 ppm = 19,436 mg/L; konsentrasi 100 ppm = 24,102 mg/L; dan konsentrasi 500 ppm = 23,352 mg/L.

Setelah waktu pemaparan selama 20 hari, jumlah klorofil pada kontrol menjadi 14,647 mg/L; konsentrasi 20 ppm = 13,531 mg/L; konsentrasi 100 ppm = 16,395 mg/L; dan pada konsentrasi 500 ppm = 13,030 mg/L.

Selanjutnya di hari ke-30 setelah pemaparan logam berat Pb didapatkan jumlah klorofil pada kontrol sebesar 11,547 mg/L; konsentrasi 20 ppm = 12,967 mg/L; konsentrasi 100 ppm = 10,066 mg/L; dan untuk konsentrasi 500 ppm = 9,978 mg/L.

Berdasarkan hasil uji test normalitas dan uji test homogenitas yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa faktor konsentrasi Pb, waktu pemaparan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata ($p > 0,05$) yang berarti hipotesis nol ditolak. Jadi jumlah kandungan klorofil daun *R. mucronata* tidak terpengaruh pemberian logam Pb dengan konsentrasi berbeda dan lama waktu pemaparan.

Setelah mengetahui fenomena tersebut, maka tidak dapat dilakukan uji Anova dikarenakan uji homogenitasnya ($p < 0,05$) yang berarti klorofil tersebut tidak homogen, dimana untuk melihat letak perbedaan setiap perlakuan konsentrasi logam berat Pb dengan waktu pemaparan syarat utamanya adalah uji normalitasnya normal dan harus homogen kemudian baru bisa dilakukan uji Anova.

Akumulasi dan Translokasi Logam Berat Pb

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan logam Pb awal pada sedimen sebesar 0,78 mgPb/Kg pada kontrol, sedangkan akumulasi logam berat Pb di sedimen pada berbagai konsentrasi perlakuan dan pemaparan waktu selama 30 hari didapatkan hasil untuk konsentrasi 20 ppm sebesar 16,15 mgPb/Kg, kemudian untuk perlakuan

konsentrasi 100 ppm sebesar 87,33 mgPb/Kg, dan untuk perlakuan konsentrasi 500 ppm sebesar 403,20 mgPb/Kg.

Berdasarkan pada konsentrasi Pb untuk sedimen, daun, dan akar akumulasi logam dapat dilihat dengan cara membandingkan konsentrasi antar jaringan tumbuhan mangrove. Baker dan Brooks (1989) menyatakan bahwa, tumbuhan mampu mengakumulasi logam berat hingga >1000 mg/kg dan dikenal sebagai hiperakumulator. Pada dasarnya tumbuhan mempunyai daya toleransi dan mengakumulasi logam berat dan hal ini berkaitan dengan tujuan fitostabilisasi. Biokonsentrasi Faktor (BCF) dan Tranlokasi Faktor (TF) dapat digunakan untuk menduga tumbuhan yang dapat dijadikan sebagai fitoremediator. Umumnya nilai BCF lebih besar dari satu, sedangkan nilai TF lebih kecil dari satu. Nilai BCF berbanding terbalik dengan nilai TF yang menunjukkan bahwa tanaman mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi logam berat timbale (Pb), namun kemampuan untuk mentranslokasi logam masih rendah (Yoon *et al* 2006).

Faktor Biokonsentrasi (BCF) digunakan untuk menilai kemampuan mangrove *R. mucronata* dalam mengakumulasi antara jumlah kandungan Pb di akar/daun dengan kandungan Pb di sedimen pada hari ke-30.

Nilai yang diperoleh pada perhitungan BCF daun *R. mucronata* berkisar antara 0,4% - 13% dari jumlah Pb dalam sedimen. Nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Faktor Biokonsentrasi Pb dari Sedimen ke Daun *R. mucronata* pada Akhir Penelitian (Hari ke - 30)

Perlakuan	Konsentrasi Pb pada Daun (ppm)	Konsentrasi Pb pada Sedimen (ppm)	BCF
Kontrol	0,108	0,78	13
Konsentrasi 20 ppm	1,546	16,15	1
Konsentrasi 100 ppm	1,622	87,33	2
Konsentrasi 500 ppm	1,713	403,20	0,4

Tabel 5. Nilai Faktor Biokonsentrasi Pb dari Sedimen ke Akar *R. mucronata* pada Akhir Penelitian (Hari ke - 30)

Perlakuan	Konsentrasi Pb pada Akar (ppm)	Konsentrasi Pb pada Sedimen (ppm)	BCF
Kontrol	1,82	0,78	233
Konsentrasi 20 ppm	5,870	16,15	36,3
Konsentrasi 100 ppm	8,930	87,33	10
Konsentrasi 500 ppm	19,820	403,20	5

Berdasarkan data konsentrasi Pb pada akar, diperoleh nilai BCF akar *R. mucronata* tertinggi yaitu pada konsentrasi 20 ppm sebesar 233% dan nilai BCF terendah pada konsentrasi 500 ppm sebesar 5%. Sehingga besaran nilai yang didapat yaitu antara 5%- 233%, nilai BCF Pb dari sedimen ke akar *R. mucronata* terdapat pada Tabel 5.

Kemampuan tanaman dalam mentranslokasi logam dari akar ke seluruh bagian tumbuhan digunakan perhitungan nilai *Translokasi Faktor* (TF). Translokasi logam dihitung antara rasio konsentrasi logam di daun dan di akar. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa nilai TFPb berkisar antara 6%-26%. Nilai TF tertinggi terdapat pada perlakuan konsentrasi 20 ppm dan nilai TF terendah terdapat pada kontrol. Nilai TF untuk semua perlakuan konsentrasi terdapat pada tabel 6.

Tabel 6. Nilai Faktor Translokasi Pb dari Akar ke Daun *R. mucronata* pada Akhir Penelitian (Hari ke - 30)

Perlakuan	Konsentrasi Pb pada Daun (ppm)	Konsentrasi Pb pada Akar (ppm)	TF
Kontrol	0,108	1,82	6
Konsentrasi 20 ppm	1,546	5,870	26
Konsentrasi 100 ppm	1,622	8,930	18
Konsentrasi 500 ppm	1,713	19,820	9

Untuk mengurangi kandungan polutan dengan menggunakan tumbuhan sebagai sarannya dengan tujuan mengurangi tingkat pergerakan logam pada tanah atau sedimen dapat dilakukan dengan fitoremediasi (Ma *et al.*, 2006).

Fitoremediasi (FTD) adalah selisih antara Biokonsentrasi Faktor (BCF) dan Translokasi Faktor (TF). FTD akan maksimal jika BCF tinggi dan TF rendah (Yoon *et al.*, 2006). Nilai FTD dirangkum pada Tabel 7.

Tabel 7. Fitoremediasi pada Akar dan Daun *R. mucronata* pada Akhir Penelitian (Hari ke - 30)

Perlakuan	FTD
Kontrol	2,33 - 0,06 = 1,27
Konsentrasi 20 ppm	0,36 - 0,26 = 0,10
Konsentrasi 100 ppm	0,10 - 0,18 = - 0,08
Konsentrasi 500 ppm	0,05 - 0,09 = - 0,04

Kandungan Logam Berat Pb pada Daun *R. mucronata*

Proses absorpsi racun logam berat dapat terjadi melalui akar, batang, dan daun (Soemirat, 2003). Hasil pengukuran kandungan logam berat Pb di daun pada tanaman kontrol sebesar 0,108 mgPb/L. Setelah waktu pemaparan 10 hari, konsentrasi Pb di daun pada perlakuan konsentrasi 20 sampai 500 ppm sebesar 0,170 mgPb/L sampai 0,810 mgPb/L, setelah pemaparan selama 30 hari konsentrasinya meningkat menjadi 1,546 mgPb/L sampai 1,713 mgPb/L.

Logam berat Pb dapat terakumulasi di daun melalui translokasi dari akar yang mengabsorpsi logam Pb dari sedimen yang tercemar polutan tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Soemirat (2003) yang menyatakan bahwa proses absorpsi dapat terjadi lewat beberapa organ tumbuhan seperti akar, daun, dan stomata. Tumbuhan mempunyai kemampuan menyerap ion-ion dari lingkungannya ke dalam tubuh melalui membran sel. Menurut Fitter dan Hay (1991) dua sifat penyerapan ion oleh tumbuhan meliputi faktor konsentrasi yaitu kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi ion sampai tingkat konsentrasi tertentu, bahkan dapat mencapai tingkat lebih besar dari konsentrasi ion di dalam mediumnya. Sifat penyerapan ion yang kedua yaitu perbedaan kuantitatif akan kebutuhan hara yang berbeda tiap jenis tumbuhan. Sel-sel pada tumbuhan memiliki kandungan konsentrasi ion yang paling tinggi terdapat pada akar, kemudian akar akan mentransfernya ke daun, batang dan bagian tumbuhan yang lain.

Kandungan Jumlah Klorofil pada Daun *R. mucronata*

Penelitian kali ini menunjukkan bahwa rerata dari

kandungan klorofil daun *R. mucronata* selama perlakuan konsentrasi 20, 100, dan 500 ppm mengalami penurunan sampai waktu pemaparan di hari ke -30. Hal ini menunjukkan keberadaan Pb dalam substrat memberikan dampak negatif terhadap kandungan klorofil *R. mucronata*. Dengan meningkatnya perlakuan konsentrasi Pb berpengaruh pada penurunan kandungan klorofil *R. mucronata*. Hal ini ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi 500 ppm yang memberikan pengaruh yang besar, sehingga menyebabkan penurunan kandungan klorofil paling tinggi pada daun *R. mucronata*.

Menurut Mendoza *et al.*, (2006), meskipun mangrove cenderung toleran terhadap logam berat, penyerapan logam berat yang berlebih dapat mempengaruhi banyak fungsi biologis dan menyebabkan kerusakan sel serta berdampak pada aktivitas fotosintesis. Pemaparan terhadap Pb pada perlakuan konsentrasi 20, 100, dan 500 ppm telah terjadi penurunan fungsi fisiologis mangrove, yaitu menurunnya kandungan klorofil daun *R. mucronata*. Fungsi klorofil adalah untuk mentransfer energi cahaya ke dalam senyawa organik untuk diubah menjadi gula dalam proses fotosintesis. Dengan kerusakan ini klorofil akan mengalami kerusakan fungsi. Sebagai akibatnya, tumbuhan tidak akan tumbuh secara normal karena metabolismenya terganggu.

Akumulasi dan Translokasi Logam Berat Pb

Bioakumulasi merupakan suatu proses dimana substansi kimia mempengaruhi makhluk hidup dan ditandai dengan peningkatan konsentrasi bahan kimia tersebut di lingkungan. Karena penyerapan bahan kimia ini lebih cepat daripada proses metabolisme dan ekskresi tubuh organisme, maka bahan-bahan kimia ini terakumulasi dalam tubuh (Puspitasari,2007).

Penelitian ini memberikan perlakuan konsentrasi Pb yang berbeda agar dapat mengetahui dampak dari akumulasi Pb pada daun *R. mucronata*. Pemberian konsentrasi yang berbeda memberikan pengaruh terhadap akumulasi logam berat pada daun *R. mucronata* dengan waktu pemaparan yang berbeda. Semakin

besar perlakuan konsentrasi yang diberikan, maka semakin besar pula konsentrasi akumulasi pada *R. mucronata*.

Perhitungan nilai biokonsentrasi diketahui bahwa pada hari ke 30 BCF daun sebesar 0,4%-13% dari total kandungan logam berat Pb pada sedimen, dan nilai BCF pada akar adalah 5% sampai 233% dari total kandungan logam berat Pb pada sedimen.

Nilai faktor biokonsentrasi (BCF) tersebut membuktikan bahwa *R. mucronata* cenderung untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat terutama pada akar yang menunjukkan bahwa spesies mangrove ini memiliki sifat akumulator logam Pb yang tinggi.

Kemampuan mangrove dalam mentransfer logam berat dari akar ke daun dihitung dengan menggunakan faktor translokasi (TF), dan berdasarkan hasil yang didapatkan nilai TF adalah sebesar 6% sampai 26%. Menurut Yoon *et al.*, 2006 yang menyebabkan rendahnya nilai TF karena terkadang akar mempunyai sistem penghentian transport logam menuju daun terutama logam esensial, sehingga ada penumpukkan logam di akar.

Fitoremediasi merupakan salah satu solusi yang bisa digunakan untuk mengurangi kandungan polutan di daerah yang terkontaminasi dengan menggunakan tumbuhan sebagai sarana dengan tujuan mengurangi tingkat pergerakan logam berat pada tanah atau sedimen (Ma *et al.*, 2001).

Berdasarkan hasil yang ada diketahui bahwa pada konsentrasi 20 ppm memiliki FTD terbesar yaitu 0,10. Sementara FTD terendah terletak pada konsentrasi 500 ppm. Rendahnya nilai FTD menunjukkan tingkat efektifitas biokonsentrasi logam Pb oleh akar dan translokasi Pb dari akar ke daun yang berimbang.

Nilai fitoremediasi (FTD) yang tinggi digunakan untuk mengurangi pergerakan polutan didalam tanah/sedimen karena efektivitas akumulasi logam terjadi pada akar. Proses ini menggunakan kemampuan akar tanaman mangrove untuk mengubah kondisi lingkungan tercemar berat menjadi sedang bahkan ringan (Susarla *et al.*, 2002). Proses ini akan mengurangi proses penyerapan dan akumulasi logam berat melalui akar.

Proses ini akan mengurangi pergerakan logam dan mengurangi logam masuk ke dalam sistem rantai makanan pada daerah estuaria.

Pemanfaatan mangrove untuk kawasan estuaria sangatlah penting untuk menahan limbah – limbah logam berat yang mengalir melalui sungai menuju muara akan tertampung di area tumbuhnya mangrove. Ditambah lagi dengan adanya berbagai macam jenis logam berat yang semakin membahayakan kondisi perairan.

Kesimpulan

1. Semakin tinggi perlakuan konsentrasi yang diberikan, maka jumlah kandungan Pb yang terakumulasi pada daun *R. mucronata* akan semakin meningkat.
2. Pemberian perlakuan konsentrasi toksikan Pb dengan konsentrasi 20, 100, dan 500 ppm selama pemaparan 30 hari mengakibatkan penurunan jumlah kandungan klorofil daun *R. mucronata*.

Daftar Pustaka

- Baker, A. J. M. dan R. R. Brooks. 1989. *Terrestrial Higher Plants Which Hyperaccumulate Metallic Elements – A Review of Their Distribution Ecology, and Phytochemistry*. [Abstrak]. *Biorecovery J.* Vol. 1 (2) 81-126.
- Fitter, A.H & Hay, R.K.M., 1991. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Gosh, M., and Singh, S.P., 2005, *Comparative intake and phytoextraction study of soil induced chromium by accumulation an high biomass weed spesies*.
- Hadi, S., dan Nusantari. 2007. *Penggunaan Bibit Mangrove Rhizopora stylosa Sebagai Bioindikator Akumulasi Logam Tembaga (Cu)*. *Jurnal Pijar MIPA* Vol. 2(2) Septemer 2007: 58-62.
- Harbison, P. 1986. *Mangrove Muds. A Sink and A Source for Trace Metal*. *Ma. Poll. Bull.* 17(6): 26-250.



- Hendry, G.A.F. and Grime, J.P., (1993), "Methods on Comparative Plant Ecology, A Laboratory Manual", Chapman and Hill, London.
- Ma, L.Q., K.M. Komar, C. Tu, & W.A. Zhang. 2006. A fern thah *Hyperaccumulator barsenic*. Nature 409:579.
- Mendoza, Daniel G., F. E.Gill, J. M. Santamaria, dan O. Z. Perez. 2006. Mutiple Effect of Cadmium on the Photosynthetic Apparatus of *Avicennia germinas L.* as Probed by OJIP Chlorophyll Fluorescence Measurements. Z. Naturforsch 62 c: 265-272.
- Odum EP. 1993. *Dasar-dasar Ekologi*. Samingan T dan Sri Gandono, penerjama; Edisi ketiga. Gajah Mada University Press. Terjemahan dari : *The Fundamentals of Ecology*.
- Puspitasari, R. 2007. *Laju Polutan dalam Ekosistem Laut*. Oseana, 32 (2): 21-28.
- Siahaan, M. T. A. 2013. *Pengaruh Pemberian Logam Timbal (Pb) Dengan Konsentrasi yang Berbeda Terhadap Klorofil, Kandungan Timbal pada Akar dan Daun, serta Struktur Histologi Jaringan Akar Anakan Mangrove Rhizophora mucronata*. Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.
- Soemirat, J. 2003. *Toksikologi Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Spalding, M., Blasco, dan C. Field.1997. *World Mangrove Atlas*. Okinawa: International Society for Mangrove Ecosystems.
- Susarla S., V.F. Medina, & S.C. McCutcheon. 2002. *Phytoremediation, an ecological solution to organic contamination*. *Ecol Eng*, 18:647-58.
- Yoon JC, Xinde Z, Qixing, Ma LQ, 2006. *Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site*. Science of the Total Environment: 456-464.