



Pengaruh Pemberian Logam Berat Pb terhadap Akar, Daun, dan Pertumbuhan Anakan Mangrove *Rhizophora mucronata*

Nico Prasetyo Nugrahanto^{*)}, Bambang Yulianto, Ria Azizah

*Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Kampus Tembalang, Semarang 50275 Telp/Fax. 024-7474698*

Email: Journalmarineresearch@gmail.com

Abstrak

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di daerah estuari. Habitat mangrove sangat rawan terkena pencemaran logam berat, baik yang berasal dari laut maupun dari daerah darat. *Rhizophora mucronata* merupakan spesies mangrove yang hidup di daerah aliran sungai sebagai mayor dengan populasi terbanyak dan paling sering ditemukan, sedangkan Pb adalah salah satu polutan logam berat yang paling banyak dilepaskan oleh usaha industri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar tingkat pengaruh pemberian logam berat Pb pada media lingkungan terhadap akumulasinya pada akar dan daun serta pertumbuhan anakan mangrove *Rhizophora mucronata*. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen selama 40 hari, dengan pemberian konsentrasi Pb 0,1; 1; 10; dan 100 ppm, ditanam di dalam pot ember berukuran diameter 50 cm dan tinggi 30 cm, di dalam rumah kaca yang berukuran 5,5 x 2 x 1,5 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi Pb yang berbeda tidak stabil di akar maupun di daun, ini memperlihatkan bahwa konsentrasi perlakuan logam berat tidak dapat mencerminkan tingkat akumulasi logam berat pada *Rhizophora mucronata*. Hasil uji GLM (General Linear Model) dari pengolahan data spss pemberian Pb dengan konsentrasi yang berbeda tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan anakan mangrove *Rhizophora mucronata* ($p \geq 0,05$) selama 40 hari penelitian.

Kata kunci : *Rhizophora mucronata*, Pb, Pertumbuhan.

Abstract

Mangrove is one of the coastal ecosystem that has an important role in estuarine areas. Mangrove habitat is very prone to heavy metal pollution both from the sea and from the terrestrial. *Rhizophora mucronata* is a mangrove species that live in the river basin as a major with the largest population and the most frequently found, while Pb is one of the most heavy metal pollutants released by many industrial activities. The purpose of this study was to determine the effect of heavy metal Pb added on to environmental media to the accumulation on roots and leaves and the growth of mangrove saplings *Rhizophora mucronata*. This research was carried out for 40 days of observation by using experimental method, with various concentrations of Pb treatment added 0.1; 1; 10; and 100 ppm, planted in 50 cm diameter bucket and a height of 30 cm, sheltered in a plastic house-made measuring 5,5 x 2 x 1,5 m. The results showed indicate that addition of different Pb concentrations tended to be unstable on the roots and leaves, this shows that the concentration of heavy metal treatment didn't reflect the accumulation rate of heavy metals in *R. mucronata*. GLM (General Linear Model) test Result from SPSS data processing showed that addition of Pb with different concentrations did not significantly affect the growth of mangrove saplings *R. mucronata* ($p \geq 0,05$) for 40 days.

Key words : *Rhizophora mucronata*, Pb, Growth.

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

Perairan pantai dan muara merupakan ekosistem yang berkaitan erat dengan kondisi fisika, kimia, dan biologi daratan dan lautan. Bahan-bahan yang terbawa dari darat dapat berupa zat hara yang bermanfaat bagi organisme perairan, dapat pula berupa bahan yang tidak bermanfaat yang dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan sel organisme perairan atau yang dapat menurunkan kualitas perairan. Salah satunya konsentrasi logam berat yang tinggi akan menyebabkan kerusakan lingkungan dan meningkatkan daya toksisitas, persistan dan bioakumulasi logam itu sendiri (Lindsey et al., 2004).

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di daerah estuari. Ekosistem mangrove memiliki tingkat produktivitas paling tinggi dibandingkan dengan ekosistem pesisir lainnya. Salah satu fungsi mangrove adalah dapat menyerap bahan-bahan organik dan anorganik yang datang dari darat menuju ke perairan. Diantara banyak spesies mangrove, *Rhizophora mucronata* merupakan salah satu jenis mangrove yang paling penting dan tersebar luas (Noor, et al., 2006).

Limbah merupakan suatu bahan pencemar yang berdampak negatif terhadap lingkungan, yang salah satu nya mengandung unsur logam berat. Logam berat merupakan unsur anorganik yang memiliki respon biologi terhadap makhluk hidup sehingga mampu menimbulkan dampak yang membahayakan bagi kehidupan. Logam berat merupakan bahan pencemar berbahaya karena logam berat tidak dapat dihancurkan (non degradable) oleh mikroorganisme hidup di lingkungan dan dapat terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi (Djuangsih et al., 1982).

Menurut MacFarlane (2001), polutan logam yang paling banyak dilepaskan oleh industri adalah Cu, Pb, dan Zn. Secara umum, logam berat untuk pertumbuhan

dan perkembangan tumbuhan dibagi menjadi dua yaitu logam esensial dan non esensial. Cu dan Zn merupakan logam yang termasuk esensial, sedangkan Pb merupakan logam non esensial bagi tumbuhan (MacFarlane dan Burchett 2002). Sumber-sumber pencemar logam berat di lingkungan yang diakibatkan dari berbagai aktivitas yang dilakukan manusia, yaitu pertanian, pertambangan, industri, transportasi, rumah tangga dan lain-lain. Harbison (1986) dalam MacFarlane (2001) mengungkapkan bahwa mangrove dapat berfungsi sebagai penghambat penyebaran logam berat ke dalam ekosistem perairan.

Dampak dari berbagai aktivitas manusia dapat menyebabkan secara langsung masuknya limbah ke dalam ekosistem mangrove yang salah satunya adalah logam berat (MacFarlane, 2002). Adanya logam berat yang dapat masuk ke dalam ekosistem mangrove menimbulkan pada suatu pertanyaan, adakah hubungan antara banyaknya akumulasi logam berat dan pertumbuhan pada mangrove tersebut.

II. Materi dan Metode

Materi utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah anakan mangrove *R. mucronata* berumur \pm 8 bulan, dengan jumlah daun sekitar 3-5 pasang. Anakan mangrove diambil dari Dusun Kaliuntu, Desa Pasar Banggi, Kabupaten Rembang. Sedimen sebagai media penelitian didapat di bedeng KeSEMaT teluk awur jepara. Anakan mangrove ditanam di Kampus Jurusan Ilmu Kelautan, Marine Station, Universitas Diponegoro, Jepara.

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Dalam penelitian ini dilakukan percobaan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh pemberian logam berat Pb dalam konsentrasi berbeda terhadap konsentrasi kandungan Pb pada akar dan daun anakan *R. mucronata* dan pertumbuhannya.

Penelitian ini dilakukan dalam sebuah tiruan rumah kaca yaitu berupa rumah plastik berukuran 5,5 x 2 x 1,5 m. Sampel anakan mangrove ditanam dalam ember berukuran diameter 50 cm dan tinggi 30



cm, dengan kedalaman sedimen 15 cm. Anakan mangrove diaklimatisasi selama 2 minggu dalam suhu kamar 28-30°C dan dengan salinitas 28-33 ‰.

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perbedaan konsentrasi Pb sebagai perlakuan. Adapun perlakuan-perlakuan tersebut meliputi; K0 (Konsentrasi Pb 0 ppm sebagai kontrol), K1 (Konsentrasi Pb 0,1 ppm), K2 (Konsentrasi Pb 1 ppm), K3 (Konsentrasi Pb 10 ppm), dan K4 (Konsentrasi Pb 100 ppm). Masing-masing perlakuan terdiri dari tiga ulangan sehingga terdapat 15 perlakuan.

Konsentrasi perlakuan didapatkan dari pengenceran larutan induk (stock solution) Pb yang berkonsentrasi 1000 ppm, hasil dari pengenceran 1,83 gr unsur $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dalam bentuk serbuk ditambah dengan 1 liter aquades sehingga Pb dalam larutan akan terionisasi menjadi Pb^{2+} .

Larutan toksik logam Pb ini kemudian diberikan sebanyak ± 4 liter supaya genangan air mencapai ± 5 cm di atas permukaan media tanah. Selanjutnya anakan mangrove dipaparkan selama 10 hari setiap tahapan dan dilakukan pengambilan sampel.

Parameter pengamatan meliputi kandungan logam berat Pb pada organ daun dan akar serta pertumbuhan anakan mangrove *R. mucronata*. Pengambilan sampel daun dan akar dilakukan untuk mengetahui kandungan logam berat yang berada di organ tersebut.

Untuk analisis logam berat, daun dan akar diambil seluruhnya dari pohon uji, untuk kemudian dicuci dan dikeringkan. Sampel daun dan akar diambil dengan 3 kali ulangan untuk setiap perlakuan konsentrasi. Sampel daun dan akar ini dikelompokkan sesuai konsentrasinya dan dicacah kecil-kecil yang kemudian ditaruh aluminium foil dan dimasukkan ke dalam oven untuk menghilangkan kadar air yang terdapat pada daun dan akar. Proses pengeringan dilakukan dengan

memanaskan 105⁰ C selama 12 jam di dalam oven. Hal ini dilakukan sebelum masuk ke proses destruksi dalam analisis kandungan logam berat Pb pada daun dan akar, yang kemudian akan dianalisa dengan metode (AAS) Atomic Absorbtion Spectrophotometry.

Akumulasi logam berat kemudian dihitung dengan Faktor Biokonsentrasi (BCF), yang digunakan untuk menghitung kemampuan akar dan daun dalam mengakumulasi logam berat Pb, dengan rumus berikut:

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

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

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

Pengamatan terhadap pertumbuhan meliputi pertambahan terhadap tinggi batang (cm), diameter batang (cm), dan luasan daun mangrove (cm²). Pengamatan terhadap pertumbuhan dilakukan dengan 3 kali ulangan dimulai sebelum pemaparan perlakuan logam berat Pb atau setelah aklimatisasi dan di lanjutkan setiap 10 hari selama 40 hari penelitian. Data pertumbuhan dianalisa dengan membandingkan nilai akhir pengamatan dengan nilai awal pengamatan, kemudian secara kuantitatif dengan menggunakan perhitungan statistika dengan uji menggunakan GLM (General Linear Model) repeated measure yang merupakan pengujian multivariate yang dilakukan lebih dari satu variable bebas dan variable-variable bebas tersebut diukur secara berulang berdasarkan waktu pengambilan (Budi, 2006).

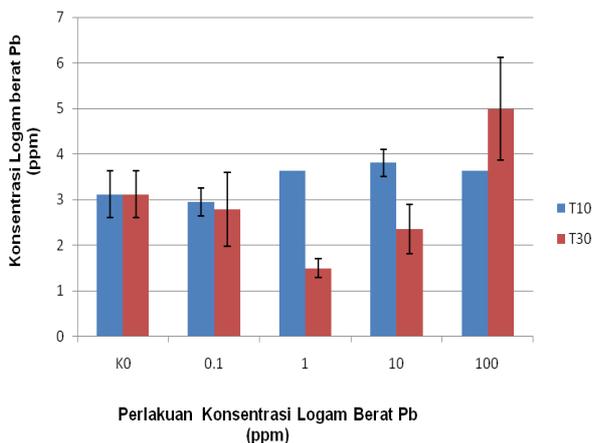
III. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kandungan Logam Berat Pb pada Akar dan Daun *Rhizophora mucronata*

Hasil pemaparan logam berat Pb selama 30 hari, didapatkan kandungan Pb yang terdapat di dalam akar adalah sebagai berikut:

Pada hari ke-10, konsentrasi logam berat Pb berkisar pada 2,949 ppm (pada konsentrasi 0,1 ppm) - 3,810 ppm (pada konsentrasi 10 ppm). Pada hari ke 30 setelah pemaparan didapatkan hasil 1,500 ppm Pb (pada konsentrasi 1 ppm hingga 4,990 ppm Pb (pada konsentrasi 100 ppm).

Hasil pemaparan dapat dilihat dari histogram gambar 2.



Gambar 1. Histogram Rerata Konsentrasi Pb dalam Akar *R. mucronata*.

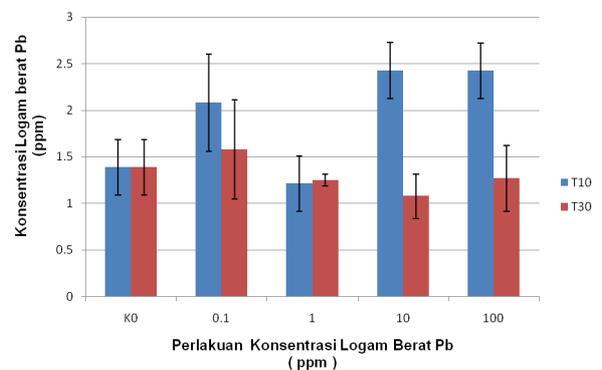
Histogram di atas menunjukkan bahwa akumulasi logam berat Pb pada akar mengalami peningkatan secara signifikan pada konsentrasi perlakuan Pb 100 ppm, sementara pada perlakuan konsentrasi yang lain akumulasi logam berat cenderung menunjukkan hasil yang tidak mengalami peningkatan, tetapi cenderung menurun.

Penurunan kandungan logam berat ini terjadi mungkin di sebabkan oleh kemampuan tumbuhan dalam mentoleransi pada konsentrasi toksik yang menurut Fitter (1982), mekanisme yang mungkin dilakukan oleh tumbuhan untuk menghadapi konsentrasi toksik yang pertama adalah penanggulangan

(ameliorasi), yaitu untuk meminimumkan pengaruh toksin. Terdapat empat pendekatan, yaitu: lokalisasi (intraseluler atau ekstraseluler) biasanya pada organ akar, ekskresi yang secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif melalui akumulasi pada daun-daun tua yang diikuti dengan pengguguran daun, dilusi atau melemahkan melalui pengenceran, inaktivasi secara kimia.

Hasil analisa kandungan Pb pada daun menunjukkan hasil pada hari ke 10, konsentrasi logam berat Pb pada konsentrasi kontrol adalah 1,386 ppm, pada konsentrasi pemaparan (0,1 ppm) terdapat konsentrasi Pb pada daun 2,079 ppm. Di dalam daun pada konsentrasi pemaparan (1 ppm) terdapat konsentrasi Pb pada daun 1,212 ppm, pada konsentrasi pemaparan (10 ppm) didapatkan konsentrasi Pb 2,427 ppm, dan pada konsentrasi pemaparan (100 ppm) terdapat 2,426 ppm Pb pada daun.

Setelah hari ke 30, didapatkan konsentrasi Pb pada daun *R. mucronata* adalah sebagai berikut: pada konsentrasi kontrol terdapat konsentrasi Pb 1,386 ppm, konsentrasi pemaparan (0,1 ppm) konsentrasi Pb-nya adalah 1,577 ppm, pada konsentrasi pemaparan (1 ppm) terdapat konsentrasi Pb 1,25 ppm, pada konsentrasi pemaparan (10 ppm) terdapat konsentrasi Pb 1,077 ppm, dan pada konsentrasi (100 ppm) konsentrasi Pb 1,267 ppm (Gambar 3.).



Gambar 2. Histogram Rerata Konsentrasi Pb dalam Daun *R. mucronata*.

Hasil dari pengamatan histogram rerata pada akar dan daun menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi logam berat yang berbeda cenderung tidak stabil di akar maupun di daun mangrove *R. mucronata*. Hal ini memperlihatkan bahwa konsentrasi perlakuan logam berat tidak terlalu dapat mencerminkan tingkat akumulasi logam berat pada *R. mucronata*. Hal ini bisa disebabkan karena konsentrasi perlakuan Pb pada anakan mangrove masih terlalu kecil, sehingga pengaruh akumulasi logam beratnya tidak terlalu terlihat, dimana sedimen yang menjadi habitat mangrove juga dapat menahan logam berat (Kathiresan dan Bingham, 2001).

Perbandingan kandungan Pb antara akar dan daun pada setiap perlakuan dari kandungan Pb tertinggi hingga terendah adalah organ akar > daun. Tingginya kandungan Pb pada akar disebabkan karena logam Pb mampu menggantikan ion lain dari sisi pertukaran akar dan diikat kuat pada ruang akar. Untuk meregulasi materi toksik Pb yang masuk kedalam tubuhnya, tanaman meregulasinya dengan cara merelokalisasi logam Pb tersebut di akar, sehingga di jumpai bahwa kandungan Pb di akar sering lebih tinggi dari pada organ tanaman lainnya.

3.2. Kandungan Logam Berat pada *Rhizopora mucronata*, BCF, dan TF

Akumulasi kandungan logam berat Pb pada sedimen setelah diberikan pemaparan dengan konsentrasi yang berbeda pada hari ke 30 menunjukkan kandungan logam Pb sebesar 71,167 ppm pada kontrol, pada perlakuan (0,1 ppm) : 53,352 ppm, pada perlakuan (1 ppm) : 58,722 ppm, pada perlakuan (10 ppm) : 58,333 ppm, dan pada perlakuan (100 ppm) : 127,208 ppm.

Faktor Biokonsentrasi (BCF) akar dihitung dengan perbandingan antara kandungan logam berat Pb di akar dan kandungan logam berat Pb pada di sedimen pada hari ke 30. Sedangkan BCF daun dihitung dengan perbandingan kandungan logam berat Pb pada daun mangrove *R.*

mucronata dan kandungan logam berat Pb di sedimen.

Dari hasil perhitungan BCF akar mangrove *R. mucronata*, diperoleh nilai berkisar antara 0,025 – 0,052 ppm atau 2 – 5 % saja dari jumlah Pb dalam sedimen. Hasil perhitungan BCF daun *R. mucronata* menunjukkan nilai yang lebih rendah daripada faktor BCF akar, yaitu berkisar antara 0,010 – 0,029 ppm atau berkisar antara 1 – 2 % saja, seperti yang terdapat pada Table 1. Dan Tabel 2.

Tabel 1. Nilai Faktor Biokonsentrasi Pb dari Sedimen ke Akar *R. mucronata*.

Konsentrasi Perlakuan Pb	Perhitungan Nilai BCF dari Sedimen ke Akar <i>R. mucronata</i>		
	Rerata Konsentrasi Pb pada Akar	Konsentrasi Pb pada Sedimen	BCF (dari sedimen ke akar)
Kontrol	3.119	71.167	0.044
Konsentrasi (0,1 ppm)	2.787	53.352	0.052
Konsentrasi (1 ppm)	1.500	58.722	0.025
Konsentrasi (10 ppm)	2.353	58.333	0.040
Konsentrasi (100 ppm)	4.990	127.208	0.039

Tabel 2. Nilai Faktor Biokonsentrasi Pb dari Sedimen ke Daun *R. mucronata*

Konsentrasi Perlakuan Pb	Perhitungan Nilai BCF dari Sedimen ke Daun <i>R. mucronata</i>		
	Rerata Konsentrasi Pb pada Daun	Konsentrasi Pb pada Sedimen	BCF (dari sedimen ke daun)
Kontrol	1.386	71.167	0.019
Konsentrasi (0,1 ppm)	1.577	53.352	0.029
Konsentrasi (1 ppm)	1.250	58.722	0.021
Konsentrasi (10 ppm)	1.077	58.333	0.018
Konsentrasi (100 ppm)	1.267	127.208	0.010

Nilai Faktor Translokasi (*translocation factor*/TF) dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanaman untuk mentranslokasi logam dari akar ke seluruh bagian tumbuhan (Mellem *et al.*, 2012). Hasil perhitungan nilai faktor translokasi berkisar antara 0,254 – 0,833 ppm. Nilai TF

terendah terdapat pada konsentrasi 100 ppm, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada konsentrasi 1 ppm. Nilai faktor translokasi (translocation factor) dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Faktor Translokasi dari Akar ke Daun *R. mucronata*.

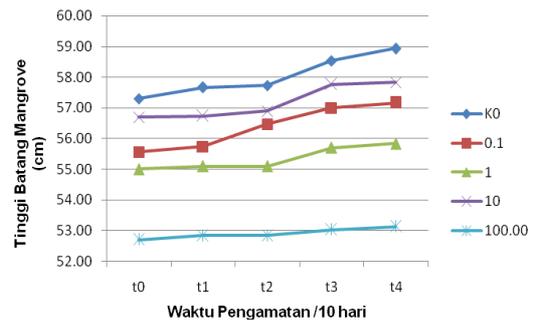
Konsentrasi Perlakuan Pb	Perhitungan Nilai TF <i>R. mucronata</i>		
	Rerata Konsentrasi Pb pada Daun	Rerata Konsentrasi Pb pada Akar	TF (dari akar ke daun)
Kontrol	1.386	3.119	0.444
Konsentrasi (0,1 ppm)	1.577	2.787	0.566
Konsentrasi (1 ppm)	1.250	1.500	0.833
Konsentrasi (10 ppm)	1.077	2.353	0.458
Konsentrasi (100 ppm)	1.267	4.990	0.254

Berdasarkan hasil BCF dan TF, dapat diduga mangrove secara fisiologisnya mempunyai kemampuan dalam mentoleransi logam berat yang cukup tinggi yang terdapat di lingkungan hidupnya.

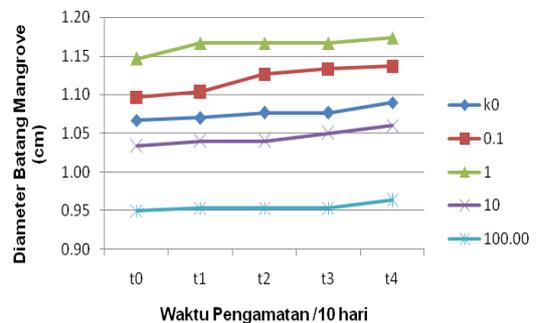
Sama dengan pendapat Baker (1981) dalam MacFarlane *et al.*, (2003) yang menyatakan bahwa *Avicennia marina* merupakan spesies mangrove yang sangat ketat dalam menyerap logam Pb bahkan sampai tidak menyerap sama sekali. Dalam hal ini nampaknya barrier pada akar mangrove merupakan penghalang bagi unsur-unsur logam berat untuk sampai ke berbagai jaringan tanaman yang sensitif. Ketika konsentrasi logam berat pada sedimen tinggi, mangrove secara aktif akan mengurangi penyerapan logam berat. Terkadang akar juga mempunyai sistem penghentian transpor logam menuju daun terutama logam non esensial, sehingga ada penumpukkan logam di akar (Yoon *et al.*, 2006). Yang artinya penyerapan tetap dilakukan, namun dalam jumlah yang terbatas dan terakumulasi di akar. Selain itu, terdapat sel endodermis pada akar yang menjadi penyaring dalam proses penyerapan logam berat.

3.3. Pertumbuhan Mangrove *Rhizophora mucronata*

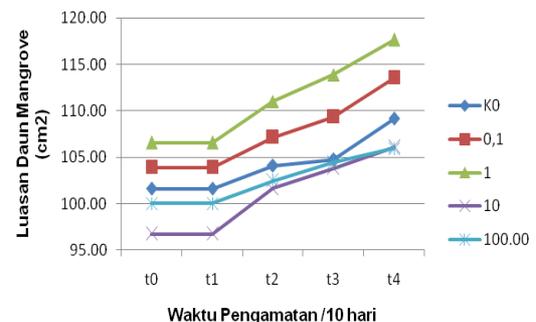
Hasil dari pengamatan parameter pertumbuhan didapatkan rerata dari 3 kali ulangan setiap perlakuan yang meliputi rerata pertumbuhan tinggi, rerata diameter batang, dan rerata luasan daun mangrove. Hasil dari rerata tersebut dapat dilihat pada grafik Gambar 3, 4, dan 5 di bawah ini :



Gambar 3. Grafik Pertumbuhan Tinggi Batang Mangrove *R. mucronata* Selama 40 Hari Penelitian



Gambar 4. Grafik Pertumbuhan Diameter Batang Mangrove *R. mucronata* Selama 40 Hari Penelitian.



Gambar 5. Grafik Pertumbuhan Luasan Daun Mangrove *R. mucronata* Selama 40 Hari Penelitian.

Hasil dari analisis statistik menunjukkan bahwa parameter-parameter pertumbuhan yang di tentukan dalam mengamati pertumbuhan anakan mangrove *R. mucronata*, yang meliputi tinggi batang, diameter batang, dan luas daun mangrove *R. mucronata* menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata antar semua perlakuan yang dibandingkan. Hasil yang tidak berbeda nyata ini menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi Pb yang berbeda-beda pada media tanam tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan anakan mangrove *R. mucronata* selama 40 hari penelitian. Hasil ini ditunjukkan pada uji Glm dari pengolahan data spss yang nilai sig. > 0,05 pada setiap pengolahan parameter pertumbuhan yang artinya kesemuanya berarti tidak mempunyai pengaruh terhadap perlakuan yang dibandingkan.

Hal ini dimungkinkan mangrove *R. mucronata* yang memiliki mekanisme untuk menanggulangi materi toksik yang diserap dari lingkungannya. Menurut Mendoza et al. (2006) mangrove memiliki sistem fisiologi khusus yang dapat mereduksi dampak logam berat dalam rentang konsentrasi tertentu. Mekanisme yang dilakukan oleh mangrove jenis *R. mucronata* untuk meregulasi materi toksik yang masuk ke dalam tubuhnya dengan cara lokalisasi dan inaktivisasi secara kimia. Lokalisasi merupakan mekanisme penanggulangan dimana materi toksik tersebut diakumulasi, sehingga tidak mempengaruhi pada pertumbuhan mangrove.

IV. Kesimpulan Dan Saran

Hasil penelitian dapat disimpulkan, pemaparan Pb dengan konsentrasi 0,1 ppm; 1 ppm; 10 ppm; dan 100 ppm pada media penelitian tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi batang, diameter batang, dan luasan daun anakan mangrove *Rhizophora mucronata* selama 40 hari pemeliharaan.

Untuk mengetahui pengaruh pemberian logam berat Pb terhadap pertumbuhan mangrove *R. mucronata*

dengan lebih jauh lagi, maka disarankan :1). Penelitian dilakukan dengan selang waktu pemaparan yang lebih lama dengan konsentrasi logam yang lebih besar daripada yang dipergunakan pada penelitian ini. 2). Menggunakan Ember yang berlubang di bawahnya, ini sesuai dengan habitat mangrove yang selalu tergenang pada saat pasang dan surut pada saat surut. Ini akan mempengaruhi pada metabolisme dan respirasi pada mangrove itu sendiri. 3). Vegetasi yang dipaparkan menggunakan logam berat Pb dengan konsentrasi yang berbeda, akan lebih mudah untuk diketahui pengaruhnya dengan menggunakan vegetasi dalam bentuk propagul.

Adanya penelitian pada skripsi ini diharapkan bisa menjadi awal penelitian selanjutnya, dengan mempertimbangkan metode dan hasil-hasil yang sudah didapatkan oleh penulis.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Suyadi dan keluarga di Dusun Kaliuntu, Rembang, Ketua dan karyawan Marine Station Teluk Awur Jepara, para analis di Jurusan Biologi dan Kimia FMIPA UNNES, Laboratorium Kesehatan Kementerian Kesehatan Provinsi Jawa Tengah, dan teman sepenelitian penulis, Michael Teguh Adiputra Siahaan. Penulis juga menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang membantu untuk pembuatan artikel ini.

Daftar Pustaka

- Baker, A. J. M., dan R. R. Brooks. 1984. Terrestrial Higher Plants Which Hyperaccumulate Metallic Elements - A Review of Their Distribution, Ecology, and Phytochemistry. [Abstrak]. Biorecovery J. Vol. 1 (2) 81-126.
- Baker, A. J., dan Walker, P. I. 1990. Ecophysiology of Metal Uptake by Tolerant Plants. In A. J. Shaw (Ed). Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects (pp. 155-178). Florida: CRC Press.



- Djuangsih, N., A.K. Benito, H. Salim. 1982. Aspek Toksikologi Lingkungan, Laporan Analisis Dampak Lingkungan, Lembaga Ekologi Universitas Padjadjaran, Bandung. 70 hal.
- Harbison, P. 1986. Mangrove Muds. A Sink and A Source for Trace Metal. Mar. Poll. Bull. 17(6): 246-250.
- Kathiresan, K. dan L. Bingham. 2001. Biology of Mangroves dan Mangrove Ecosystems. Advances In Marine Biology. Vol. 40: 81-251.
- Lindsey, H.D., M.M. James, and M.G. Hector. 2004. An Assessment of Metal Contamination in Mangrove Sediments and Leaves from Punta Mala Bay, Pacific Panama. Marine Pollution Bulletin., 50:, 547-552.
- MacFarlane, G.R. 2001. Potential Biology Indicators of Heavy Metal Stress in Mangrove Ecosystems. Wetlands. Australia. 20(1): 28 - 40.
- MacFarlane, G.R. and M.D. Burchett. 2002. Toxicity, growth and accumulation relationships of copper, lead and zinc in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Veirh. Marine Environ-mental Research, 54: 65-84.
- Mendoza, Daniel G., F. E. Gil, J. M. Santamaria, dan O. Z. Perez. 2006. Multiple Effects of Cadmium on the Photosynthetic Apparatus of *Avicennia germinas* L. as Probed by OJIP Chlorophyll Fluorescence Measurements. Z. Naturforsch 62 c: 265-272.
- Noor, Yus Rusila, M. Khazali, dan I N N. Suryadipurra. 2006. Pengenalan Mangrove di Indonesia. Wetlands International - Indonesia Programe. Bogor.
- Yoon, J., C. Xinde, Z. Qixing , and L.Q. Ma. 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. Science of the Total Environment: 456-464.