



Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya Terhadap Histologi Akar Mangrove *Avicennia marina* (Forssk). Vierh. di Perairan Mangunharjo Semarang

Ruri Jupriyati^{*)}, Nirwani Soenardjo, dan Chrisna Adhi Suryono

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Kampus Tembalang, Semarang 50275 Telp/Fax. 024-7474698

Email : rurijupriyati@gmail.com

Abstrak

Kawasan Perairan Mangunharjo merupakan kawasan pesisir dan laut yang dekat dengan pemukiman perindustrian, dan aktivitas masyarakat. Dimana dikhawatirkan hasil limbah dari industri tersebut dibuang disekitarnya yang menimbulkan pencemaran. Salah satu bentuk dari pencemaran adalah dihasilkannya limbah berupa logam berat Timbal (Pb) merupakan unsur logam berat yang tidak dapat terurai oleh proses alam. Keberadaan Pb di alam mempunyai dampak terhadap tumbuhan pesisir yaitu mangrove. Mangrove merupakan ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di daerah estuari. Fungsi mangrove lainnya ialah menyerap bahan-bahan organik dan non-organik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari akumulasi logam berat timbal (Pb) pada akar mangrove jenis *Avicennia marina* dan pengaruh akumulasi logam berat timbal (Pb) terhadap jaringan akar *Avicennia marina* di Perairan Mangunharjo. Penelitian ini dilakukan dengan metode deskriptif analitik. Hasil penelitian menunjukkan jumlah kandungan logam berat Pb pada akar *Avicennia marina* lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan logam berat Pb pada sedimen dan air sehingga menunjukkan bahwa tumbuhan ini mampu mengakumulasi logam berat di bagian akar dengan menyerap unsur tersebut pada sedimen dan air. Hasil pengamatan histologi tidak menunjukkan perubahan sel pada jaringan akar *Avicennia marina*.

Kata Kunci : *Avicennia marina*; Pb; Akar; Histologi

Abstract

Mangunharjo areas water is an area of coastal waters and the sea which close to the settlement industry and community activities. Where feared result of industrial waste were dumped around it that cause pollution. One form of pollution is the waste produced in the form of lead (Pb) heavy metals is a heavy metal element that can not be broken down by natural processes. The existence of Pb in nature have an impact on coastal vegetation is mangrove. Mangroves are coastal ecosystems which have an important role in estuarine areas. Other mangrove function is to absorb organic and non-organic materials. The purpose of this research was to study the accumulation of lead (Pb) heavy metals in *Avicennia marina* mangrove roots and influences the type of heavy metal accumulation of lead (Pb) to root tissue in *Avicennia marina* waters Mangunharjo. This research was conducted with descriptive analytic method. The results showed the amount of heavy metals on the roots of *Avicennia marina* Pb higher than the Pb content of heavy metals in sediment and water indicating that these plants are able to accumulate heavy metals in the roots to absorb these elements in sediments and water. Observations cell histology showed no change in root tissues of *Avicennia marina*.

Keywords: *Avicennia marina*; Pb; Roots; Histology

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

PENDAHULUAN

Kawasan Perairan Mangunharjo merupakan salah satu kawasan pesisir dan laut yang dekat dengan pemukiman, dimana Kawasan Perairan Mangunharjo

digunakan penduduk sekitar untuk kegiatan nelayan, pertambakan dan kegiatan perindustrian, seperti industri keramik. Selain itu disekitarnya juga terdapat industri kayu lapis dan industri plastik, dimana dikhawatirkan hasil limbah dari



industri tersebut dibuang disekitar Perairan Mangunharjo yang dapat menimbulkan pencemaran disekitarnya. Salah satu bentuk dari pencemaran tersebut adalah dihasilkannya limbah berupa logam berat.

Masuknya bahan pencemar ke dalam laut lambat laun dapat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup ekosistem di dalamnya sehingga menimbulkan pencemaran dan dikhawatirkan menyebabkan kerusakan ekosistem serta kematian biota akuatik (Palar, 2008).

Logam berat sendiri merupakan zat pencemar yang berbahaya karena adanya sifat-sifat logam berat yang tidak dapat terurai (*non degradable*) dan mudah diabsorpsi oleh biota yang berada disekitarnya (Wood, 1979). Salah satu dari limbah logam berat yang banyak dihasilkan dari buangan industri adalah timbal (Pb).

Timbal (Pb) merupakan salah satu unsur logam berat yang tidak dapat terurai oleh proses alam (Zhang., *et al*, 2007). Secara alamiah, Pb dapat masuk ke dalam badan perairan melalui pengkristalan udara dengan bantuan air hujan dan melalui proses modifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin. Pb yang masuk ke dalam badan perairan juga merupakan dampak dari aktivitas kehidupan manusia dari daratan (Putra, 2002). Timbal (Pb) sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.

Keberadaan Pb di alam juga mempunyai dampak terhadap tumbuhan pesisir yaitu tumbuhan mangrove. Mangrove sendiri merupakan ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di daerah estuari. Ekosistem mangrove memiliki tingkat produktivitas paling tinggi dibandingkan dengan ekosistem pesisir lainnya. Secara ekologis ekosistem mangrove juga berfungsi sebagai perangkap sedimen dan mencegah erosi

serta penstabil bentuk daratan di daerah estuari (Harty, 1997). Fungsi mangrove lainnya ialah dapat menyerap bahan-bahan organik dan non-organik sehingga dapat dijadikan bioindikator logam berat (Wittig, 1993).

Diantara beberapa spesies mangrove dapat memiliki kemampuan menyerap logam berat yaitu Api-api (*Avicennia marina*). Menurut MacFarlane *et al.*, (2002) mangrove dapat digunakan sebagai indikator biologis pada lingkungan yang tercemar logam berat, terutama tembaga (Cu), timbal (Pb), dan seng (Zn), kondisi ini dapat dilakukan terhadap akar mangrove melalui monitoring secara berkala. Berdasarkan penelitian Amin (2001), tumbuhan *Avicennia marina* mampu mengakumulasi logam berat Cu dan Pb pada bagian akar, baik akar nafas maupun akar kawat serta dapat mengakumulasi di bagian daun, baik daun muda maupun daun tua.

Tujuan dari penelitian ini adalah Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari akumulasi logam berat timbal (Pb) pada akar mangrove jenis *Avicennia marina* dan pengaruh akumulasi logam berat timbal (Pb) terhadap jaringan akar *Avicennia marina* di Perairan Mangunharjo.

MATERI METODA

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah akar pensil (yang berada didalam sedimen) *Avicennia marina* yang diambil dari Perairan Mangunharjo. Sampel sedimen dan air diambil untuk diketahui kandungan logam berat Pb. Sebagai data pendukung dilakukan pengukuran parameter lingkungan perairan seperti suhu, salinitas, dan pH.

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif analitik, menurut Nazir (2005), metode deskriptif analitik adalah metode dengan

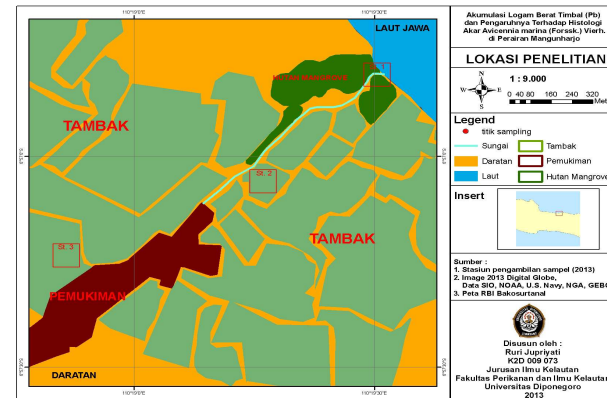
pencarian fakta dengan melakukan interpretasi yang tepat. Penelitian secara deskriptif analitik mempelajari masalah-masalah dalam proses-proses yang sedang berlangsung dan pengaruh dari suatu fenomena dan dari penelitian tersebut kemudian diolah dan dianalisis untuk diambil kesimpulannya. Dalam metode deskriptif analitik, peneliti bisa saja membandingkan fenomena-fenomena tertentu sehingga dapat menjadi suatu studi komparatif. Tujuan dari penelitian secara deskriptif analitik tersebut adalah untuk membuat suatu pemahaman sistematis, faktual, dan akurat tentang fakta-fakta yang terjadi di lingkungan.

Metode penentuan lokasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *purposive sampling methods*, yaitu pemilihan kelompok subjek berdasarkan ciri-ciri atau sifat-sifat populasi tertentu yang sudah diketahui sebelumnya (Hadi, 1980), misalnya daerah yang paling terkena dampak langsung dari aktivitas manusia.

Lokasi pengambilan sampel dipilih berdasarkan banyaknya aktivitas yang dapat menimbulkan pencemaran. Penentuan lokasi tersebut adalah sebagai berikut:

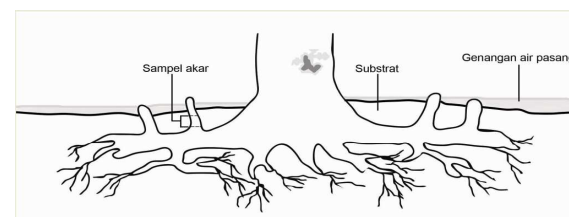
- Lokasi 1 : Terletak pada ordinat **S 06.94628° E 110.32512°** di kawasan muara Sungai Beringin. Sungai Beringin merupakan salah satu sungai yang ada disekitar pemukiman yang mengalir menuju laut.
- Lokasi 2 : Terletak pada ordinat **S 06.95072° E 110.32149°** di kawasan tambak Perairan Mangunharjo. Mangrove di kawasan tambak ini terdapat disekitar pematangannya.
- Lokasi 3 : Terletak pada ordinat **S 06.95384° E 110.31395°** di kawasan tambak perairan

Mangunharjo dekat pemukiman warga. Kawasan ini berdekatan dengan pemukiman yang berjarak ± 20 meter, mangrove di kawasan ini terdapat pada pematangannya.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
1) Pengambilan Sampel

a. Sampel Akar *Avicennia marina*



Gambar 2. Bagian akar yang diambil untuk dianalisis kandungan logam berat Pb.

Sampel akar diambil dari pohon *Avicennia marina* dengan sekitar ketinggian pohon $\pm 3-4$ m. Akar yang diambil adalah akar pensil (bagian akar yang berada di dalam sedimen). Sampel diambil menggunakan *cutter*. Pada setiap stasiun dilakukan tiga kali ulangan diambil sebanyak 100 g dari tiga individu yang berbeda dengan jarak tiap pohon $\pm 5-15$ m. Sampel yang telah diperoleh kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan logam berat Pb dan histologi akar.



b. Sampel Air

Sampel air diambil pada setiap lokasi penelitian dengan kedalaman ± 30 cm dengan menggunakan botol sampel, sampel air dimasukkan ke dalam botol aqua sebanyak 1000 mL dan diawetkan dengan menambahkan larutan HNO_3 sebanyak 1 mL. Sampel yang telah diperoleh dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan logam berat Pbnya.

c. Sampel Sedimen

Sampel sedimen diambil dengan menggunakan pipa paralon dengan diameter 5 cm dan panjang 30 cm, pada tiap lokasi diambil dengan kedalaman ± 30 cm sebanyak 1 kg, kemudian dimasukkan ke dalam plastik dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan logam berat Pb.

d. Pengukuran Kualitas Air

Pengukuran kualitas air yang diambil dalam penelitian ini berupa pH, salinitas, dan suhu dengan menggunakan pH meter, refraktometer, dan termometer. Pengukuran kualitas air secara insitu diambil di setiap lokasi pengambilan sampel dari tiga lokasi yang berbeda dengan tiga kali ulangan.

2) Metode Analisis Sampel

a. Analisis Logam Berat

Sampel akar, sedimen dan air yang telah didapat kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kandungan logam berat Pb. Analisis kandungan logam berat Pb menggunakan metode digesti asam. Menurut APHA (1992), metode ini bertujuan untuk mengurangi gangguan yang disebabkan oleh bahan organik dan mengubah logam yang berasosiasi dengan partikulat ke dalam bentuk ion logam bebas

yang dapat ditentukan kadarnya dengan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometry*).

b. Analisis Preparat Histologi Jaringan Akar

Analisis histologi jaringan akar dilakukan dengan menggunakan mikroskop dengan mengamati preparat histologi akar yang telah dibuat. Metode untuk pembuatan preparat histologi akar ini adalah dengan metode parafin, dengan langkah-langkah sebagai berikut: (1) fiksasi, (2) pencucian, (3) dehidrasi, (4) penjernihan, (5) infiltrasi, (6) parafin, (7) penanaman (embedding), (8) penyayatan, (9) penempelan, deparafinasi, (10) pewarnaan, (11) penutupan, (12) labeling. (Suntoro dan Prawirosoeharjo, 1983).

c. Analisis Data Sampel

Data-data kandungan logam berat Pb dalam akar, sedimen, dan air yang telah diketahui maka data tersebut digunakan untuk menghitung kemampuan akar *Avicennia marina* dalam mengakumulasi logam berat Pb melalui faktor biokonsentrasi (BCF) (MacFarlane *et al.*, 2007).

BCF dapat dihitung dengan rumus yaitu sebagai berikut:

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

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui akumulasi logam berat Pb pada air, sedimen, akar *Avicennia marina* dan analisa histologi pada akar *Avicennia marina*.



HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Kandungan Logam Berat Pb di Akar *Avicennia marina*, sedimen, dan air.

Berdasarkan hasil pengukuran logam berat Pb pada akar *Avicennia marina*, sedimen, dan air pada masing-masing stasiun disajikan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Logam Berat Pb pada akar *Avicennia marina*, sedimen, dan air.

Sampel	Stasiun	Pb (mg/kg atau mg/L)
Akar	1	0,65
	2	0,5
	3	0,37
Sedimen	1	0,045
	2	0,035

Nilai Faktor Biokonsentrasi

Stasiun	BCF	
	Sedimen ke Akar	Air ke Akar
1	14,44	32,5
2	14,29	4,54
3	7,56	1,16
Rata-rata	12,09	12,73
	3	0,049
Air	1	0,02
	2	0,11
	3	0,32

Keterangan :
 Stasiun 1 :Sungai Beringin
 Stasiun 2 :Kawasan Tambak
 Stasiun 3 :Kawasan Tambak dekat Pemukiman

Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya penyerapan unsur hara yang larut dalam air maupun tanah melalui akarnya. Menurut Palar (2008), timbal yang ada pada tumbuhan merupakan unsur non esensial yang bisa masuk di dalam

tumbuhan, maka akan dikelat oleh suatu protein yang ada dalam akar kemudian disimpan dan sebagian akan diteruskan ke daun. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Amin (2001), bahwa melalui akarnya, *Avicennia marina* ini dapat menyerap logam-logam berat yang terdapat pada sedimen maupun kolom air dan logam yang terserap oleh akar bersama dengan nutrien lain yang kemudian akan diedarkan ke bagian lainnya.

2) Nilai Faktor Biokonsentrasi Logam Berat Pb.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF) penyerapan logam berat Pb pada sedimen dan air oleh akar mangrove *Avicennia marina* disajikan dalam Tabel 2.

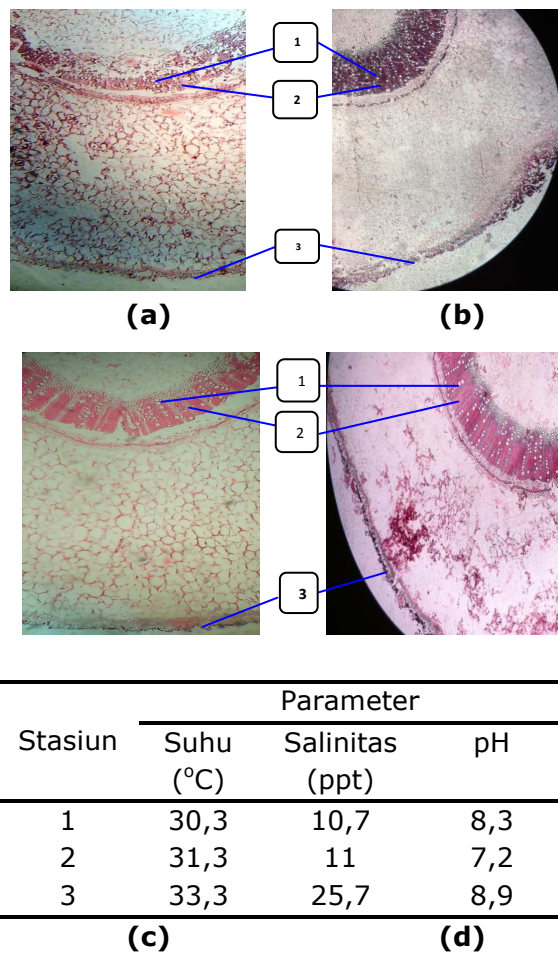
Tabel 2. Nilai Faktor Biokonsentrasi (BCF)

Keterangan :
 Stasiun 1 :Sungai Beringin
 Stasiun 2 :Kawasan Tambak
 Stasiun 3 :Kawasan Tambak dekat Pemukiman

Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan tertinggi terjadi dari air menuju akar. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Lindangwati (2011) penyerapan tertinggi terjadi dari air ke akar, ini terjadi karena logam berat yang ada di air dan sedimen diserap oleh akar. Ketika akar menyerap air, ion-ion yang ada di air akan ikut masuk ke akar. Ion yang terserap tidak hanya ion hara yang esensial tetapi juga non esensial. Ini sesuai pendapat Fitter dan Hay (1992), yaitu salah satu cara pergerakan ion ke arah tanaman yaitu dengan aliran massa dalam air bergerak masuk menembus tanah menuju ke akar, ke gradien potensial yang disebabkan oleh transpirasi.

3) Struktur Jaringan Akar *Avicennia marina*

Hasil pengamatan dari jaringan akar *Avicennia marina* melintang yang diambil dari ketiga stasiun, disajikan dalam Gambar 3a (bibit), Gambar 3b (Stasiun 1), Gambar 3c (Stasiun 2), dan Gambar 3d (Stasiun 3).



Gambar 3. Penampang Melintang Akar *Avicennia marina* (a) Bibit; (b) Stasiun 1; (c) Stasiun 2; (d) Stasiun 3

Keterangan :
 1. Xilem
 2. Floem
 3. Epidermis

Berdasarkan semua pengamatan tidak mengalami kerusakan sel pada xilem,

floem, dan epidermis akar *Avicennia marina*. Hal ini diduga kandungan logam berat Pb pada akar tidak menyebabkan kerusakan atau mengubah jaringan akar tersebut. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Arisandy (2012) di Perairan Pantai Jawa Timur, histologi jaringan akar *Avicennia marina* tidak terdapat kerusakan sel pada akar dengan kandungan logam berat Pb pada akar berkisar antara 0,088-2,197 ppm.

Jaringan akar *Avicennia marina* menghadapi cekaman logam berat pada lingkungannya, membentuk suatu zat kelat yang disebut fitokelatin. Fitokelatin merupakan suatu protein yang mampu mengikat logam yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin (Priyatno dan Prayitno, 2009). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Arisandy (2012) tidak adanya kerusakan pada sel akar *Avicennia marina* disebabkan kandungan protein pada akar sedikit, sehingga tidak semua logam berat Pb yang diserap terikat pada fitokelatin.

4) Kondisi Lingkungan Perairan

Kondisi lingkungan perairan diukur secara insitu di lapangan. Untuk memperjelas masing-masing pengukuran pada titik pengambilan sampel disajikan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Nilai Rerata Parameter Kualitas Lingkungan Perairan

Keterangan :
 Stasiun 1 : Sungai Beringin
 Stasiun 2 : Kawasan Tambak
 Stasiun 3 : Kawasan Tambak dekat Pemukiman

Suhu merupakan salah satu parameter untuk mempelajari transportasi dan penyebaran polutan yang masuk ke lingkungan laut. Pengukuran suhu ketiga lokasi cukup bervariasi. Suhu tertinggi



terdapat di stasiun 3 sebesar 33,3 °C. Perbedaan suhu di tiap pengukuran disebabkan adanya perbedaan intensitas cahaya yang mengenai air, maupun jumlah vegetasi mangrove pada masing-masing stasiun. Pada stasiun 1 sebesar 30,3 °C dan stasiun 2 sebesar 31,3 °C, suhu lebih rendah karena saat pengukuran, ini disebabkan keadaan sedang berawan yang menyebabkan suhu rendah.

Mukhtasor (2007), menyatakan bahwa biasanya suhu air laut berkisar antara -2 sampai 30 °C. Suhu mempengaruhi kandungan logam berat pada suatu lingkungan, hal ini seperti yang dinyatakan oleh Hutagalung (1991) bahwa suhu yang tinggi akan memberikan pengaruh terhadap peningkatan kandungan logam berat, naiknya suhu pada perairan akan mempercepat reaksi dalam pembentukan ion-ion logam berat.

Salinitas merupakan gambaran jumlah garam dalam suatu perairan. Sebaran salinitas di air laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai (Nontji, 1987). Pengukuran salinitas tertinggi terdapat pada stasiun 3 sebesar 25,7 ppt, kawasan tambak dekat dengan pemukiman. Hal ini disebabkan evaporasi dan pola sirkulasi air yang tidak berubah/konstan, dibandingkan stasiun 1 sebesar 10,7 ppt dan 2 sebesar 11 ppt. Menurut Hutagalung (1991), bahwa nilai salinitas perairan laut mempengaruhi faktor konsentrasi logam berat yang mencemari lingkungan, dimana penurunan salinitas pada perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat pada organisme semakin meningkat.

Pengukuran pH di ketiga stasiun mempunyai nilai pH berbeda-beda yaitu stasiun 1 sebesar 8,3, stasiun 2 sebesar 7,2, dan stasiun 3 sebesar 8,9, sedangkan pH air tercemar seperti air buangan berbeda-beda tergantung jenis air buangannya. Nilai pH suatu perairan

menggambarkan keseimbangan antara asam dan basa dalam air dan yang diukur adalah konsentrasi ion hidrogen.

Hasil pengukuran menunjukkan kisaran nilai pH dari tiap stasiun tidak jauh berbeda. Hal ini disebabkan daerah penelitian sebagian besar adalah daerah kawasan tambak. Yan, et al., (2010) mengemukakan bahwa penurunan pH akan menyebabkan toksisitas logam berat menjadi semakin besar dimana sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan yang sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan jumlah kandungan logam berat Pb pada akar *Avicennia marina* lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan logam berat Pb pada sedimen dan air sehingga menunjukkan bahwa tumbuhan ini mampu mengakumulasi logam berat di bagian akar dengan menyerap unsur tersebut pada sedimen dan air. Hasil pengamatan histologi tidak menunjukkan perubahan sel pada jaringan akar *Avicennia marina*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada kepada semua pihak dan instansi yang telah memberikan bantuan dan fasilitas dalam penelitian ini, sehingga tulisan artikel ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Amin, B. 2001. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pb dan Cu pada Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Dumai, Riau. *Jurnal Natur Indonesia* 4(1) : 80-86
- APHA, 1992. Standart Method for The Examination of Water and



- Wastewater. 18th edition. Washington, 126 p
- Arisandy, K. R., EY Herawati dan E. Suprayitno. 2012. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia marina* di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Perikanan* 1(1) : 15-25.
- Fitter, A.H dan Hay R. K.M. 1992. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta, 421 hlm.
- Hadi, S. 1980. Metodologi Research. Yayasan Penerbit Fakultas Psikologi UGM. Yogyakarta, 226 hlm.
- Harty, C. 1997. Mangroves in New South Wales and Victoria. Vista Publication, Melbourne, 47 p.
- Hutagalung, H.P. 1991. Pencemaran Laut oleh Logam. Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya dalam Puslitbang Oseanologi (LIPI), Jakarta, 45-59 pp.
- Lindangwati. 2011. Bioakumulasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Mangrove *Avicennia marina* di Sungai Tapak dan Sungai Seringin (Semarang) dan Semat (Jepara). [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang (Tidak Dipublikasikan)
- MacFarlane, Daniel 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 Environmental Research*, 54:65-84.
- MacFarlane, G.R., E.C. Koller, and S.P. Blomberg. 2007. Accumulation and Partitioning of Heavy Metals in Mangrove: A Synthesis of Field-based Studies. *Chemosphere*. 1454-1464 pp.
- Mukhtasor. 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. PT. Pradnya Paramita. Jakarta, 332 hlm.
- Nazir, M. 1999. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Jakarta. 212 hlm
- Nontji, A. 1987. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. PT. Rineka Cipta. Jakarta, 159 hlm.
- Priyanto, B., dan Prayitno J., 2009. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat.
- Putra, K. G. D. 2002. Petunjuk Teknis Pemantauan Kualitas Air. Undanyana University Press. Denpasar, 275 hlm.
- Suntoro, H. dan I. Prawirosoeharj. 1983. Metode Pewarnaan (Histologi dan Histokimia). Penerbit Bhratara Karya Aksara. Jakarta. 357 hlm
- Wittig, R. 1993. General aspects of biomonitoring heavy metals by plants. Di dalam: Markert, B. (ed). Plants as Biomonitors, Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment. New York: VCH. 1-27 pp.
- Wood, M.S. 1987. Subtidal Ecology. Edward Arnold Pty. Limited, Australia.
- Yan, Z. Z., L. Ke, N. F. Y. Tam. 2010. Lead Stress in Seedlings of *Avicennia marina*, a Common Mangrove Species in South China with and without Cotyledons. *Aquatic Botany*, 92: 112-118.
- Zhang, F. Q., Wang, Y. S., Lou, Z. P., Dong, J. D., 2007. Effect of heavy metal stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of two mangrove plant seedlings (*Kandelia candel* and *Bruguiera gymnorhiza*). *Chemosphere*, 67(1): 44-50.