

Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur

K. R. Arisandy^{1,2}, E. Y. Herawati¹, E. Suprayitno¹

¹ Pasca Sarjana, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang

² Balai Kawasan Konservasi Perairan Nasional (BKKPN), Kupang

Email : risky_dkp@yahoo.co.id

Abstrak

Salah satu bahan pencemar pada perairan adalah logam berat Timbal (Pb). Organisme perairan merupakan kelompok organisme yang pertama kali mengalami dampak secara langsung dari pengaruh limbah atau pencemaran logam berat di perairan. Salah satu organisme perairan yang menerima dampak langsung pencemaran logam berat adalah tanaman mangrove. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui akumulasi logam berat timbal (Pb) pada jaringan akar, batang, daun dan buah *Avicennia marina* dan dampak akumulasi logam berat timbal (Pb) dengan melihat gambaran histologi *A. marina* pada beberapa organ tanaman di perairan muara sungai Kebon Agung, kecamatan Gunung Anyar, kota Surabaya yang tercemar dan pantai Bama, Taman Nasional Baluran, kabupaten Situbondo yang relatif bersih. Akumulasi logam berat Timbal (Pb) pada sedimen tertinggi terdapat di perairan muara sungai Kebon Agung yaitu sebesar 13,157 ppm, sedangkan akumulasi Pb pada jaringan *Avicennia marina* tertinggi terdapat pada bagian batang dibandingkan akar, daun dan buah, yaitu sebesar 5,890 ppm. Dari hasil pengamatan histologi menunjukkan bahwa tidak terdapat kerusakan pada jaringan akar dan batang, namun adanya blok hitam pada jaringan epidermis atas daun dan terjadi deformasi jaringan xilem dan floem pada buah.

Kata Kunci : Timbal (Pb), *Avicennia marina*, histologi.

Accumulation of Heavy Metal Lead (Pb) and Histology of *Avicennia marina* (forsk.) Vierh in Coastal Waters East Java

Abstract

One of the pollutants in the water is heavy metals Lead (Pb). Aquatic organisms is the first group of organisms that have direct impact from the effect of waste or heavy metal pollution in waters. One of the aquatic organism that receives the direct impact of heavy metal pollution is a mangrove plant. The aim of this study was to determine the ratio of accumulation of heavy metals lead (Pb) in the waters of the dominant *A. marina* and the waters that contained little *Avicennia marina* and the impact of the accumulation of heavy metals lead (Pb) by looking at the histologic *A. marina* on some organs of plants in the waters of estuaries Kebon Agung, Gunung Anyar district, the city of Surabaya is polluted and the beach Bama, Baluran National Park, Situbondo district is relatively clean. Accumulation of heavy metals Lead (Pb) in sediments were highest at Kebon Agung river estuary waters that is equal to 13.157 ppm, while Pb accumulation in tissues highest *Avicennia marina* located on the trunk than the roots, leaves and fruit, that is equal to 5.890 ppm. From the results of histological observation showed that there is no damage to the root and stem tissue, but the black block in epidermal tissue of leaves and xylem tissue deformation and phloem to the fruit.

Keywords : Lead (Pb), *Avicennia marina*, histology.

PENDAHULUAN

Industrialisasi menimbulkan efek negatif berupa limbah industri baik yang terbentuk padat maupun cair berpengaruh terhadap lingkungan sekitarnya. Bilamana limbah tersebut dilepaskan ke perairan bebas, akan terjadi perubahan nilai dari perairan itu baik kualitas maupun kuantitas sehingga perairan dapat dianggap tercemar. Salah satu bahan pencemar pada perairan adalah logam berat Timbal (Pb). Timbal dan persenyawaannya digunakan dalam industri baterai sebagai bahan yang aktif dalam pengaliran arus elektron. Kemampuan timbal dalam membentuk alloy dengan logam lain telah dimanfaatkan untuk meningkatkan sifat metalurgi ini dalam penerapan yang sangat luas, contohnya digunakan untuk kabel listrik, konstruksi pabrik-pabrik kimia, kontainer dan memiliki kemampuan tinggi untuk tidak mengalami korosi (Palar, 2004). Selain itu, Pb dapat digunakan sebagai zat tambahan bahan bakar dan pigmen timbal dalam cat yang merupakan penyebab utama peningkatan kadar Pb di lingkungan (Darmono, 1995). Hampir 10 % dari total produksi tambang logam timbal digunakan untuk pembuatan *tetra ethyl lead* atau TEL yang dibutuhkan sebagai bahan penolong dalam proses produksi bahan bakar bensin karena dapat mendongkrak (*boosting*) nilai oktan bahan bakar sekaligus berfungsi sebagai *antiknocking* untuk mencegah terjadinya ledakan saat berlangsungnya pembakaran dalam mesin.

Organisme perairan merupakan kelompok organisme yang pertama kali mengalami dampak secara langsung dari pengaruh limbah atau pencemaran logam berat di perairan. Salah satu organisme perairan yang menerima dampak langsung pencemaran logam berat adalah tanaman mangrove. Mangrove banyak dijumpai di wilayah pesisir yang terlindung dari gempuran ombak dan daerah yang landai. Mangrove tumbuh optimal di wilayah pesisir yang memiliki muara sungai besar dan delta yang aliran airnya banyak mengandung lumpur. Sedangkan di wilayah pesisir yang tidak bermuara sungai, pertumbuhan vegetasi mangrove tidak optimal. Mangrove tidak atau sulit tumbuh di wilayah pesisir yang terjal dan berombak besar dengan arus pasang surut kuat, karena kondisi ini tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur yang diperlukan sebagai substrat bagi pertumbuhannya (Dahuri, 2003).

Perairan muara sungai Kebon Agung, kecamatan Gunung Anyar, kota Surabaya merupakan salah satu perairan di Indonesia yang digunakan untuk berbagai jenis kegiatan manusia. Sepanjang sungai tersebut terdapat pemukiman yang padat penduduk serta industri atau pabrik yang membuang limbahnya secara langsung ke sungai yang bermuara ke selat Madura. Muara sungai Kebon Agung ditumbuhi beberapa jenis mangrove, terutama *Avicennia* sp. dan *Rhizophora* sp.

Perairan pantai Bama, kabupaten Situbondo berada dalam kawasan Taman Nasional Baluran. Pantai Bama merupakan suatu kawasan yang banyak ditumbuhi tanaman mangrove, terutama jenis *Avicennia* sp. dan *Rhizophora* sp. Kondisi perairan pantai Bama sangat bersih karena jauh dari pemukiman serta industri, sehingga perairan ini relatif bersih dari pencemaran.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui akumulasi logam berat timbal (Pb) pada jaringan *A. marina* dan dampak akumulasi logam berat timbal (Pb) dengan melihat gambaran histologi *A. marina* pada beberapa organ tanaman.

MATERI DAN METODE

Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian tahap pendahuluan dilaksanakan di perairan muara sungai Kebon Agung, kecamatan Gunung Anyar, kota Surabaya yang merupakan daerah tercemar dan perairan pantai Bama, kabupaten Situbondo yang relatif bersih dari pencemaran dengan metode survei untuk menentukan titik pengamatan. Tahap berikutnya adalah pengambilan sampel air dan mangrove, kemudian dianalisa di laboratorium Kimia Lingkungan Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang, sampel sedimen dianalisa di laboratorium

Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, tahap berikutnya sampel tanaman mangrove dianalisa di laboratorium Fisiologi, Kultur Jaringan dan Mikroteknik, jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Pelaksanaan penelitian termasuk persiapan memerlukan waktu selama \pm 4 bulan (April–Juli 2011).

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yaitu suatu penelitian yang dimaksudkan untuk membuat gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diteliti (Nazir, 1999). Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, pengukuran langsung kualitas air dan pengambilan sampel air, sedimen dan vegetasi mangrove yang terdiri dari akar, batang, daun dan buah, serta gambaran histologinya pada jaringan akar, batang, daun dan buah *A. marina*.

Penelitian Pendahuluan

Penelitian tahap pendahuluan dilaksanakan di perairan muara sungai Kebon Agung, kecamatan Gunung Anyar, kota Surabaya yang merupakan daerah tercemar dan perairan pantai Bama, kabupaten Situbondo yang relatif bersih dari pencemaran dengan metode survei untuk menentukan titik pengamatan.

Sampel diambil pada 2 (dua) stasiun untuk masing-masing lokasi dan tiap stasiun diambil 3 (tiga) titik pengamatan dengan posisi vertikal dari pantai, yaitu :

a. Muara sungai Kebon Agung, kecamatan Gunung Anyar, kota Surabaya (perairan tercemar) :

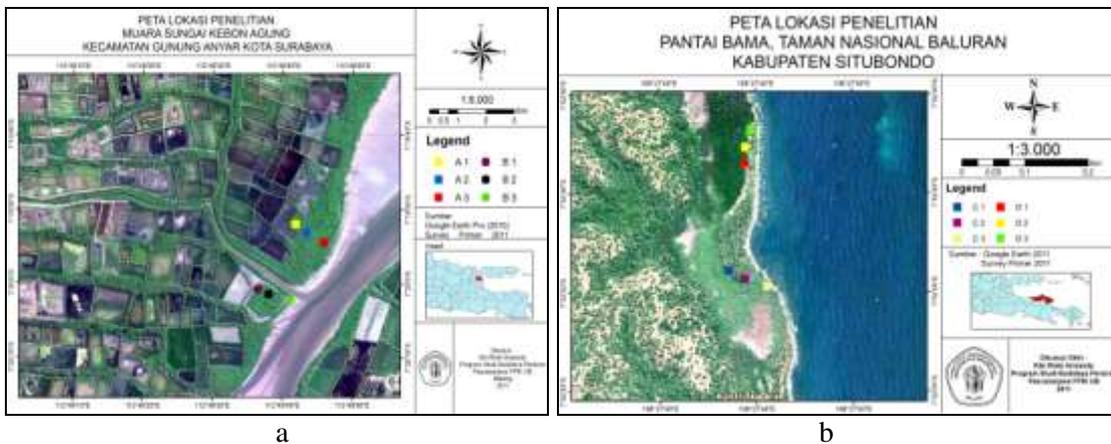
Stasiun 1 : merupakan daerah yang dominan *A. marina*. (A1, A2, A3)

Stasiun 2 : merupakan daerah yang sedikit *A. marina*. (B1, B2, B3)

b. Pantai Bama, Taman Nasional Baluran, kabupaten Situbondo (perairan bersih) :

Stasiun 1 : merupakan daerah yang dominan *A. marina*. (C1, C2, C3)

Stasiun 2 : merupakan daerah yang sedikit *A. marina*. (D1, D2, D3)



Gambar 1. Lokasi Penelitian, a. Muara sungai Kebon Agung, Kecamatan Gunung Anyar, Kota Surabaya; b. Pantai Bama, Taman Nasional Baluran, Kabupaten Situbondo.

Penelitian Tahap I

Penelitian tahap I adalah pengambilan sampel air, sedimen dan mangrove, kemudian dianalisa dengan metode AAS di laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang untuk mengetahui kandungan logam berat Timbal (Pb), sampel sedimen dianalisa di laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang untuk mengetahui tekstur tanah dan pH tanah.

Bagian-bagian *Avicennia marina* yang diambil adalah :

1. Akar
Akar yang diambil adalah akar pensil yang masuk kedalam tanah yang dekat dengan batang pohon, dengan diameter 0,4 – 0,6 cm.
2. Batang
Batang yang diambil dari pohon dengan diameter 15 – 25 cm dan diambil bagian cabang berdiameter 3-5 cm.
3. Daun
Daun yang diambil adalah daun tua berwarna hijau yang terletak pada cabang pertama pohon *A. marina* dengan ukuran panjang 9,7 – 13,9 cm, lebar 2,8 – 4,7 cm.
4. Buah
Buah yang diambil adalah buah yang sudah tua, berwarna hijau keperakan dengan panjang 2,1 – 2,8 cm, lebar 1,1 – 2,1 cm dan berat 4 -5 gram.

Penelitian Tahap II

Penelitian tahap II adalah pengamatan irisan jaringan akar, kulit batang, daun dan buah *Avicennia marina* dilakukan laboratorium Fisiologi, Kultur Jaringan dan Mikroteknik Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang untuk mengetahui histologi jaringan *A. Marina*. Organ tumbuhan dipotong setipis mungkin dengan menggunakan mikrotom, irisan jaringan yang didapat direndam dalam pewarna safranin, kemudian dibersihkan dan ditetesi dengan cairan gliserin (gliserin berfungsi untuk melapisi preparat), setelah itu diamati di bawah mikroskop.

Analisa Data

Data yang diperoleh dari beberapa tahap penelitian dianalisa secara deskriptif untuk mengetahui akumulasi logam berat timbal (Pb) pada air, sedimen, akar, batang, daun dan buah *A. marina* serta analisa histologi pada akar, batang, daun dan buah *A. marina*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Kualitas Air

Pengambilan data kualitas air dilakukan di 4 stasiun, dengan masing-masing stasiun diambil 3 titik, yaitu 2 stasiun di muara sungai Kebon Agung, kecamatan Gunung Anyar, kota Surabaya dan 2 stasiun di pantai Bama, Taman Nasional Baluran, kabupaten Situbondo. Pengukuran kualitas air dilakukan secara insitu pada setiap stasiun pengamatan. Hasil rerata pengukuran kualitas air yang diambil pada 4 stasiun dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Rerata Pengukuran Kualitas Air Stasiun Pengamatan.

No	Parameter	Satuan	Stasiun				Baku Mutu
			Kebon Agung A (tercemar)	Kebon Agung B (tercemar)	Pantai Bama C (bersih)	Pantai Bama D (bersih)	
1	Suhu	°C	28,6	29,1	29,2	29,3	28-32
2	Warna	-	Keruh kecoklatan	Keruh Kecoklatan	Jernih	Jernih	Jernih
3	pH	-	7,97	7,96	8,01	8,02	7-8,5
4	Salinitas	‰	26	26	32	32	s/d 34
5	Pb	mg/L	0,480	0,367	0,021	0,033	0,008

Berdasarkan hasil pengukuran parameter kualitas air di stasiun pengamatan menunjukkan bahwa secara umum, suhu hasil pengukuran di empat stasiun hampir sama yaitu berkisar antara 28,6-29,3 °C. pH perairan dari empat stasiun memiliki nilai yang

hampir sama, yaitu berkisar antara 7,96-8,02. Nilai tertinggi untuk pH ditemukan pada stasiun D, yaitu 8,02. Nilai suhu dan pH berdasarkan baku mutu air laut untuk biota laut di daerah mangrove masih berada di antara baku mutu (Keputusan Kementerian LH No. 51 tahun 2004). Suhu terendah ditemukan pada perairan muara sungai Kebon Agung (stasiun A), hal ini disebabkan karena tutupan mangrove lebih rapat. Suhu suatu badan air di ekosistem mangrove dipengaruhi oleh sirkulasi udara, aliran air, kedalaman badan air serta tutupan vegetasi mangrove. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misal O₂, CO₂, N₂ dan sebagainya (Haslam dalam Efendi, 2003)

Warna air pada stasiun A dan B berwarna keruh kecoklatan, hal ini disebabkan karena perairan tersebut berlumpur dan sudah sangat tercemar, sedangkan pada stasiun C dan D berwarna jernih karena perairan pada stasiun tersebut relatif bersih dari lumpur dan pencemaran. Salinitas perairan pada stasiun A dan B lebih rendah dibandingkan salinitas perairan di stasiun C dan D, hal ini disebabkan karena di stasiun A dan B merupakan daerah muara yang mendapat pengaruh dari air tawar, sedangkan di stasiun C dan D merupakan daerah pantai yang tidak terdapat muara sungai.

Menurut Hutagalung (1991) penurunan salinitas dan pH serta naiknya suhu menyebabkan tingkat bioakumulasi semakin besar karena ketersediaan logam berat tersebut semakin meningkat. Suhu dan salinitas merupakan parameter-parameter fisika yang penting untuk kehidupan organisme di perairan laut dan payau. Parameter ini sangat spesifik di perairan estuaria. Kenaikan suhu di atas kisaran toleransi organisme dapat meningkatkan laju metabolisme, seperti pertumbuhan, reproduksi dan aktifitas organisme. Kenaikan laju metabolisme dan aktifitas ini berbeda untuk spesies, proses dan level atau kisaran suhu (Erlangga, 2007).

Kandungan logam berat Timbal (Pb) pada semua stasiun menunjukkan bahwa sudah berada di atas ambang batas yang disyaratkan menurut Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004. Kandungan logam berat Timbal (Pb) tertinggi terdapat pada muara sungai Kebon Agung yang dominan *A. marina*, hal ini disebabkan karena pada stasiun tersebut terletak di bagian awal keluarnya sumber pencemaran. Hasil penelitian kusumastuti W (2009) menunjukkan bahwa kandungan logam berat Pb di pintu masuk area mangrove lebih besar dibandingkan di pintu keluar.

Data Kualitas Sedimen

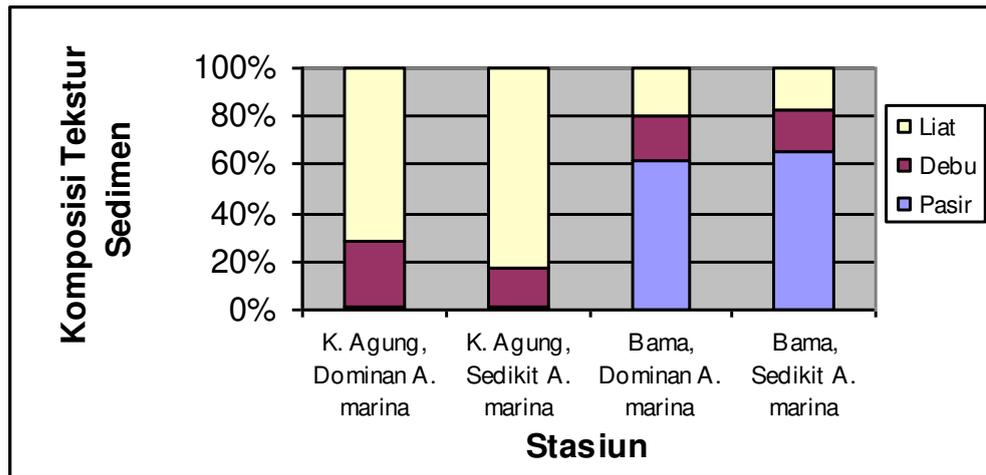
Hasil analisa laboratorium terhadap sampel sedimen yang diambil pada 4 stasiun pengamatan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kualitas Sedimen pada Stasiun Pengamatan.

Parameter	Satuan	Stasiun			
		Kebon Agung A (tercemar)	Kebon Agung B (tercemar)	Pantai Bama C (bersih)	Pantai Bama D (bersih)
Tekstur Tanah	-	Liat	Liat	Lempung berpasir	Lempung berpasir
pH (H ₂ O)	-	6,6	6,7	6,7	6,9
pH (KCl 1 N)	-	6,5	6,6	6,5	6,6
Bahan Organik	%	7,93	8,70	3,55	2,55
Pb	ppm	13,157	8,773	0,427	0,607

Komposisi tekstur sedimen setiap stasiun pengamatan dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan hasil pengukuran parameter kualitas sedimen di stasiun pengamatan pada Tabel 2 dan Gambar 2, menunjukkan bahwa tekstur tanah di muara sungai Kebon Agung berbeda jauh dibandingkan dengan di pantai Bama. Komposisi sedimen dilakukan dengan

mengidentifikasi fraksi-fraksi pembentuknya yaitu liat, debu dan pasir. Berdasarkan hasil analisa laboratorium yang ditunjukkan pada Gambar 2, komposisi sedimen di muara sungai Kebon Agung didominasi oleh liat, stasiun A (Liat 71%, Debu 28%, Pasir 1%) dan stasiun B (Liat 66%, Debu 13%, Pasir 1%), sedangkan di pantai Bama didominasi oleh pasir, stasiun C (Liat 20%, Debu 18%, Pasir 62%) dan stasiun D (Liat 17%, Debu 17%, Pasir 66%). Hal ini disebabkan karena di perairan muara sungai Kebon Agung merupakan daerah muara sehingga banyak terdapat endapan lumpur yang merupakan media tumbuh yang baik bagi mangrove. Sedangkan di perairan pantai Bama merupakan daerah pantai yang tidak terdapat muara sungai, sehingga tanahnya berpasir dengan sedikit lumpur.



Gambar 2. Komposisi Tekstur Sedimen Setiap Stasiun.

Ditinjau dari tekstur tanah, tanah bertekstur liat mempunyai luas permukaan yang lebih besar sehingga mampu menahan air dan menyediakan unsur hara yang tinggi. Komposisi partikel tanah bakau mempengaruhi permeabilitas dan menentukan pula kandungan air dan keadaan nutrien tanah (Murdiyanto, 2004). Perairan muara sungai Kebon Agung mempunyai tekstur tanah liat lebih banyak dibandingkan pantai Bama, sehingga pada muara sungai Kebon Agung memiliki kerapatan mangrove yang lebih tinggi.

pH sedimen diukur dengan menggunakan ekstrak H₂O dan KCl 1 N. Secara umum hasil analisa laboratorium didapatkan pH sedimen pada semua stasiun tidak jauh berbeda, pH dengan ekstrak H₂O berkisar antara 6,6 – 6,9 dan KCl berkisar antara 6,5-6,6. pH tertinggi ditemukan pada stasiun D yaitu 6,9. Pengukuran pH dengan menggunakan ekstraksi H₂O akan mendapatkan hasil lebih besar dibandingkan dengan menggunakan ekstraksi KCl 1 N, karena ekstrak KCl 1 N merupakan kemasaman cadangan sehingga nilainya selalu lebih kecil dari ekstrak air. Dilaporkan oleh Murdiyanto (2004), derajat keasaman tanah mempengaruhi transportasi dan keberadaan nutrien yang diperlukan tanaman, umumnya tanah mangrove ber pH antara 6-7. pH tanah menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap tanaman, pada umumnya unsur hara mudah diserap tanaman pada pH tanah sekitar netral karena pada pH tersebut kebanyakan unsur hara mudah larut dalam air.

Bahan organik yang terdapat pada stasiun A dan B lebih besar daripada tanah pada stasiun C dan D, hal ini disebabkan pada stasiun A dan B merupakan daerah muara yang memperoleh suplai bahan organik dari sungai dan juga lebatnya tanaman mangrove yang menghasilkan serasah daun yang lebih banyak, sehingga memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dibandingkan daerah pada stasiun C dan D yang merupakan daerah pantai. Jumlah bahan organik tertinggi ditemukan di stasiun B, yaitu sebesar 8,70 %. Tam *et al* (1998) Menyatakan bahwa sifat fisika dan kimia yang dimiliki sedimen

mangrove adalah kemampuannya untuk mengakumulasi material di lingkungan tepian pantai. Meskipun begitu, konsentrasi absolut logam berat di sedimen tidak secara signifikan mengindikasikan tingkat kontaminasi logam dari sumber yang alami. Selain mendapat masukan dari perairan, bahan organik sedimen mangrove juga berasal dari dekomposisi serasah mangrove.

Kandungan logam berat Timbal (Pb) pada semua stasiun menunjukkan bahwa masih berada dibawah ambang batas menurut nilai baku mutu yang dikeluarkan oleh NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), US Departement of Commerce (Pb < 30,240 ppm). Kandungan logam berat Timbal (Pb) tertinggi terdapat di muara sungai Kebon Agung yang dominan *A. marina*, yaitu sebesar 13,157 ppm, hal ini disebabkan pada daerah tersebut mempunyai tekstur tanah liat yang lebih banyak sehingga semakin besar pula sedimen dalam mengikat logam berat Pb. Keberadaan lumpur di dasar perairan sangat dipengaruhi oleh banyaknya partikel tersuspensi yang dibawa oleh air tawar dan air laut serta faktor-faktor yang mempengaruhi penggumpalan, pengendapan bahan tersuspensi tersebut, seperti arus dari laut (Nybakken, 1992). Kandungan logam berat dalam sedimen dipengaruhi oleh tipe sedimen, dengan kategori kandungan logam berat dalam lumpur > lumpur berpasir > berpasir (Korzeniewski dan Neugabieuer dalam Amin, 2002).

Kandungan Timbal (Pb) Pada *Avicennia marina*

Pengukuran kandungan Timbal (Pb) dilakukan pada 4 stasiun pengamatan dengan pengambilan sampel akar, batang, daun dan buah *A. marina*. Hasil analisa laboratorium pengukuran kandungan logam berat Timbal (Pb) pada masing-masing stasiun dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari hasil pengukuran kandungan logam berat Timbal (Pb) pada jaringan *A. marina* menunjukkan bahwa akumulasi tertinggi terdapat pada bagian batang di stasiun A yaitu sebesar 5,890 ppm, hal ini disebabkan karena pada batang memiliki waktu yang lebih lama dalam mengakumulasi logam berat Timbal (Pb) yang disimpan dalam jaringannya dibandingkan pada daun maupun buah. Sedangkan pada akar memiliki nilai yang tinggi karena akar merupakan bagian yang kontak langsung dengan sedimen yang tercemar, kemudian ditranslokasikan ke bagian lain.

Hasil berbeda dengan penelitian Hamzah, F dan Setiawan, A (2010) menunjukkan konsentrasi logam Pb lebih tinggi di daun dibandingkan pada akar. Tingginya konsentrasi logam Pb pada daun diduga tingkat mobilitas logam Pb yang tinggi, namun berbeda pula dengan apa yang dilakukan oleh MacFarlane *et al.*, (2003). Kandungan logam berat Pb pada *A. marina* pada kondisi terkontrol lebih tinggi di akar dibandingkan di daun. Baker (1981) dalam MacFarlane *et al.*, (2003) menyatakan bahwa *A. marina* merupakan spesies mangrove yang sangat ketat dalam menyerap logam Pb bahkan sampai tidak menyerap sama sekali. Berdasarkan mekanisme fisiologis, mangrove secara aktif mengurangi penyerapan logam berat ketika konsentrasi logam berat di sedimen tinggi. 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. Dari akar, logam akan di translokasikan ke jaringan lainnya seperti batang dan daun serta mengalami proses kompleksasi dengan zat yang lain seperti fitokelatin. (Baker dan Walker, 1990 dalam MacFarlane *et al.*, 2003).

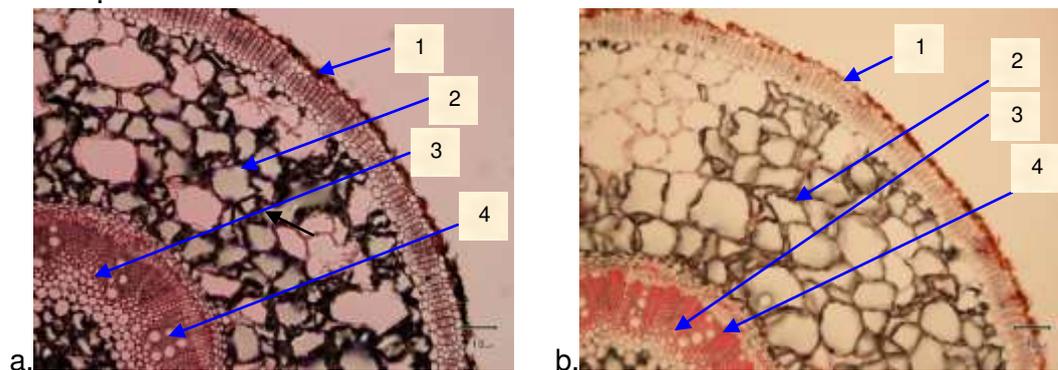
Tabel 3. Hasil Pengukuran Rerata Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) pada Jaringan *A. marina*.

No	Parameter	Satuan	Stasiun			
			Kebon Agung A (tercemar)	Kebon Agung B (tercemar)	Pantai Bama C (bersih)	Pantai Bama D (bersih)
1	Akar	ppm	2,197	1,580	0,088	0,129
2	Batang	ppm	5,890	4,090	0,179	0,221
3	Daun	ppm	3,543	2,073	0,129	0,177
4	Buah	ppm	1,713	1,110	0,115	0,078

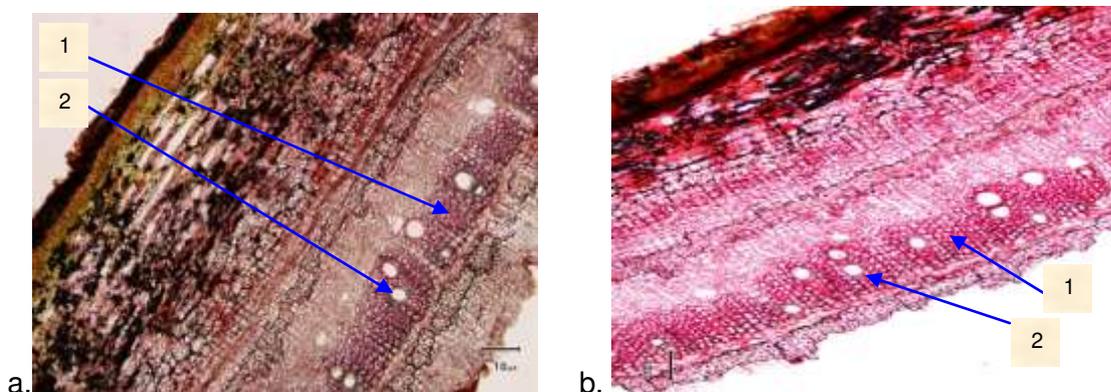
Histologi Jaringan *A. marina*

Pengamatan histologi jaringan *A. marina* dilakukan pada 2 (dua) lokasi yang berbeda, yaitu tanaman *A. marina* yang ada di muara sungai Kebon Agung, kecamatan Gunung Anyar, kota Surabaya dan perairan pantai Bama, Taman Nasional Baluran, kabupaten Situbondo. Pengamatan histologi dilakukan pada jaringan akar, kulit batang, daun dan buah *A. marina*. Hasil pengamatan histologi dapat dilihat pada Gambar 3, 4, 5 dan 6.

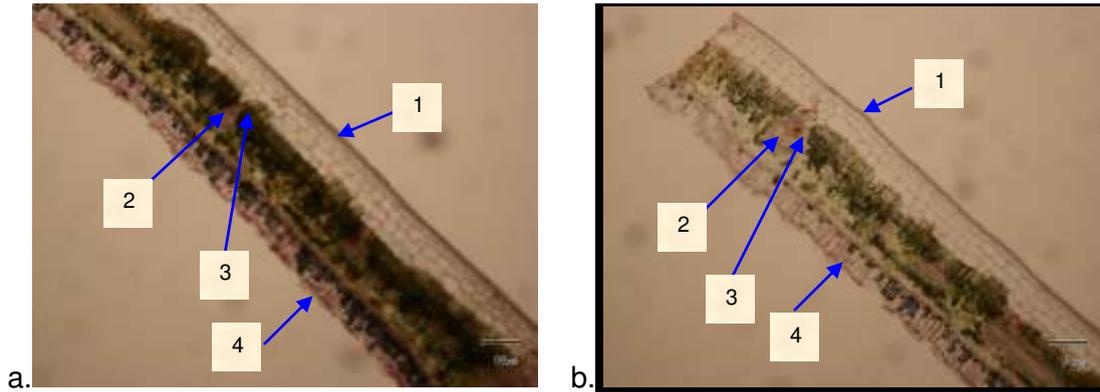
Berdasarkan Gambar 3, menunjukkan bahwa ada perbedaan struktur jaringan, terutama letak pembuluh kayu atau xilem. Namun tidak ada kerusakan yang terjadi pada jaringan akar, sehingga akumulasi logam berat Timbal (Pb) tidak menyebabkan kerusakan sel pada akar *A. marina*, xilem dan floem tidak menunjukkan kerusakan.



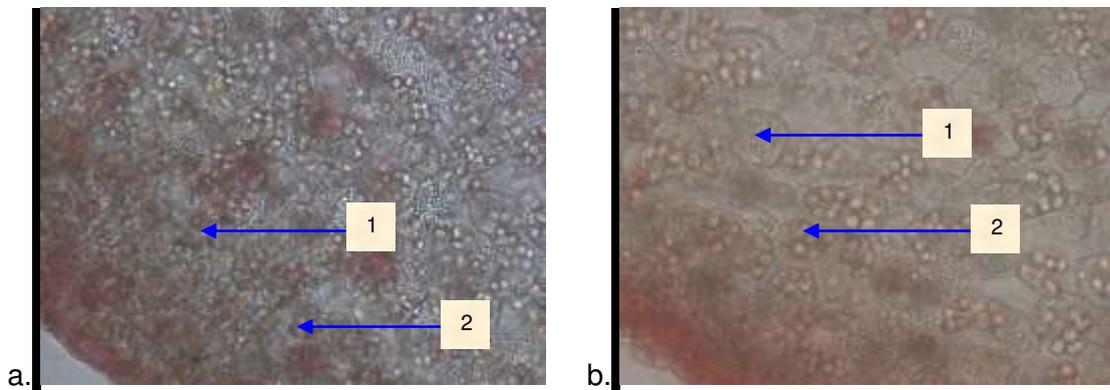
Gambar 3. Penampang melintang jaringan akar *A. marina* pada pembesaran 100x. a. perairan tercemar, b. perairan relatif bersih. ; 1. epidermis, 2. pneumatophore, 3. floem, 4. xilem.



Gambar 4. Penampang melintang jaringan kulit batang *A. marina* pada pembesaran 100x. a. perairan tercemar, b. perairan relatif bersih. ; 1. floem, 2. xilem



Gambar 5. Penampang melintang jaringan daun *A. marina* pada pembesaran 100x. a. perairan tercemar, b. perairan relatif bersih. ; 1. epidermis atas, 2. xilem, 3. floem, 4. epidermis bawah.



Gambar 6. Penampang melintang jaringan buah *A. marina* pada pembesaran 400x. a. perairan tercemar, b. perairan relatif bersih.; 1. floem, 2. xilem.

Berdasarkan Gambar 4, menunjukkan bahwa ada perbedaan struktur jaringan, terutama letak pembuluh kayu atau xilem. Namun tidak ada kerusakan yang terjadi pada jaringan kulit batang, sehingga akumulasi logam berat Timbal (Pb) tidak menyebabkan kerusakan sel pada kulit batang *A. marina*, xilem dan floem tidak menunjukkan adanya kerusakan

Berdasarkan Gambar 5, menunjukkan bahwa ada perbedaan struktur jaringan daun, terutama pada jaringan epidermis bawah. Dari Gambar 5 (a) menunjukkan bahwa epidermis bawah banyak terdapat bercak hitam dibandingkan epidermis bawah pada Gambar 5 (b). Hal ini menunjukkan bahwa ada kerusakan pada jaringan daun atau nekrosis yang disebabkan oleh akumulasi logam berat Timbal (Pb).

Berdasarkan Gambar 6, menunjukkan bahwa ada perbedaan struktur jaringan buah. Dari Gambar 6 (a) menunjukkan bahwa susun selnya tidak beraturan (deformasi), berbeda seperti pada Gambar 6 (b). Hal ini disebabkan karena akumulasi logam berat Timbal (Pb) telah mengakibatkan kerusakan pada jaringan buah *A. marina*.

Berdasarkan analisa diatas, telah terjadi kerusakan pada jaringan daun dan buah, tetapi tidak ada kerusakan jaringan pada akar dan kulit batang. Menurut penelitian Wibowo *et al.* (2009), menjelaskan bahwa tanaman *A. marina* memiliki kandungan protein yang cukup banyak, terutama pada daun dan buah yaitu sebesar 5,09 % dan 10,85 %. Tanaman yang tumbuh pada daerah yang tercemar logam berat dapat mengakumulasi logam berat tersebut. Dalam menghadapi cekaman logam berat pada lingkungannya, jaringan *A. marina* membentuk suatu zat Kelat yang disebut Fitokelatin. Fitokelatin adalah suatu protein yang mampu mengikat logam yang tersusun dari beberapa asam amino seperti sistein dan glisin (Priyanto dan Prayitno, 2009).

Kerusakan jaringan daun dan buah *A. marina* diduga disebabkan karena daun dan akar mempunyai kandungan protein yang cukup banyak, sehingga terjadi pertukaran ion pada gugus fungsionalnya yang digantikan oleh ion Pb^{2+} yang menyebabkan perubahan struktur protein, akibatnya terjadi kerusakan pada struktur jaringannya.

KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil pengukuran kandungan logam berat Timbal (Pb) pada jaringan *A. marina* menunjukkan bahwa akumulasi tertinggi terdapat pada bagian batang di stasiun A yaitu sebesar 5,890 ppm, hal ini disebabkan karena pada batang memiliki waktu yang lebih lama dalam mengakumulasi logam berat Timbal (Pb) yang disimpan dalam jaringannya dibandingkan pada daun maupun buah. Sedangkan pada akar memiliki nilai yang tinggi karena akar merupakan bagian yang kontak langsung dengan sedimen yang tercemar, kemudian ditranslokasikan ke bagian lain
- Hasil pengamatan histologi akar, kulit batang, daun dan buah *A. marina* menunjukkan ada sedikit perbedaan pada sel. Kerusakan sel terjadi pada jaringan daun dan buah, tetapi tidak terjadi pada jaringan akar dan kulit batang. Hal ini diduga disebabkan karena logam berat Timbal (Pb) terikat pada Fitokelatin yang merupakan protein, dan kandungan protein pada daun dan buah cukup banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, B., 1999. Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pb dan Cu Pada Mangrove (*Avicennia marina*) di Perairan Pantai Dumai, Riau. Jurnal Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.
- Dahuri, R., 2003. Keanekaragaman Hayati Laut. Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 412 hlm.
- Darmono, 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluh Hidup. UI-Press. Jakarta.
- Erlangga, 2007. Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar Di Provinsi Riau Terhadap Ikan Baung (*Hemibagrus nemurus*). Bogor. 99 hal.
- Greenberg, A. T., Trussell, R. R., and Clesceri, L. S., 1985. Standart Methods for The Examination of Water and Freshwater. American Public Health Association, Woshington.
- Hamzah, F dan Setiawan, A., 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis. Vol. 2. Hal 41-52. Desember 2010.
- Hiralal, T., 2008. Responses Of *Avicennia Marina* (Forssk.) Vierh. to Contamination by Selected Heavy Metals. School of Biological & Conservation Sciences University of KwaZulu-Natal (Westville). 142 pp
- Hogarth, P. J., 2007. The Biology of Mangroves and Seagrasses. Oxford University Press. New York.
- Hutagalung, H. P., Setiapermana, D., dan Riyono, S. H., 1997. Metode Analisa Air Laut, Sediment Dan Biota. Buku kedua. Jakarta P30-LIPI. 182: 59-77.
- Kabata- Pendias, A. and Pendias, H., 1984. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, Florida.
- Kepmen LH No.51, 2004. Tentang Penetapan Baku Mutu Air Laut.
- Kusmana, C., 2002. Respon Mangrove Terhadap Pencemaran. Departemen Silvikultur. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Kusumastuti, W., 2009. Evaluasi Lahan Basah Bervegetasi Mangrove Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan (Studi Kasus di Desa Kepetingan Kabupaten Sidoarjo). Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.

- MacFarlane, G. R., 2003. Accumulation And Distribution of Heavy Metal in The Grey Mangrove *Avicennia marina*. Marine Pollution Bulletin Vol. 39, pp. 179-186.
- MacFarlane, G.R. and Burchett, M. D., 2001. Cellular distribution of copper, lead and zinc in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Aquatic Botany, Vol. 68, pp. 45-59.
- MacFarlane, G. R. and Burchett, M. D., 2002. Toxicity, growth and accumulation relationships of copper, lead and zinc in the grey mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Marine Environmental Research, Vol. 54, pp. 65-84.
- MacFarlane, G.R., Pulkownik, and Burchett, M. D., 2003. Accumulation and Distribution of Heavy Metals in grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh: Biological indication potential. Environmental pollution, Vol. 123, pp. 139-151.
- MacFarlane, G.R., Koller, E. C., and Blomberg, S. P., 2007. Accumulation and Partitioning of Heavy Metals in Mangrove: A Synthesis of Field-based Studies. Chemosphere, pp.1454-1464.
- Murdiyanto, B., 2004. Mengenal, Memelihara dan Melestarikan Ekosistem Bakau. Proyek Pembangunan Masyarakat Pantai dan Pengelolaan Sumberdaya Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta. Hal 1-40.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2005. Baku Mutu Kualitas Sedimen. Departement of Commerce USA.
- Nazir, M. 1999. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia. Jakarta. 212 hal.
- Nirmal Kumar JI, Sajish R. P., Nimal Kumar R., Basil G., Shailendra V., 2011. An Assessment of the Accumulation Potential of Pb, Zn and Cd by *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. in Vamleshwar Mangroves, Gujarat, India. Notulae Scientia Biologicae, Vol. 3, pp. 36-40.
- Palar, H., 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. PT. Rineka Cipta. Jakarta. 90 hlm.
- Palmer, E. and Pitman, N., 1973. Trees of Southern Africa covering all known Indigenous species in the Republic of South Africa, South-West Africa, Botswana, Lesotho and Swaziland. Dr. L.E.W. Codd and Botanical Research Institute, Vol. 3, pp. 1971-1975.
- Priyanto, B., dan Prayitno J., 2009. Fitoremediasi Sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat.
- Thomlinson, P. B., 1986. The Botany of Mangrove. Cambridge University Press. London.
- Wittig, R., 1993. General aspects of biomonitoring heavy metals by plants. Markert, B. (ed). Plants as Biomonitors, Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment. New York: VCH.
- Yoon, J., Xinde, C., Qixing, Z., and Ma L. Q., 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. Science of the Total Environment, pp. 456-464.
- Zheng, W. J and Lin, P., 1996. Accumulation and distribution of Cu, Pb, Zn and Cd in *Avicennia marina* mangrove community of futian in Shenzhen. Oceanol. Limnol. Sin, Vol. 27, pp. 386-393.