

KEMAMPUAN *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. DAN *Rhizophora apiculata* Bl. DALAM PENYERAPAN POLUTAN LOGAM BERAT (*Absorption Ability of Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Rhizophora apiculata* Bl. in Heavy Metal Pollutants)*

Endro Subiandono, M. Bismark, dan/and N. M. Heriyanto

Pusat Litbang Konservasi dan Rehabilitasi
Jl. Gunung Batu No.5 PO Box 165; Telp. 0251-8633234; Fax 0251-8638111 Bogor
e-mail : p3hka_pp@yahoo.co.id; endros7@yahoo.co.id; bismark_forda@yahoo.com;
nurmheriyanto88@yahoo.com

*Diterima : 7 Agustus 2012; Disetujui : 7 Februari 2013

ABSTRACT

Heavy metal absorption by mangrove stands, species of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. and *Rhizophora apiculata* Bl., has been conducted in two sites, namely fish pond area of Demak, Central Java and sea-shore area of Suwung, Bali. Some samples of polluted water, soils, mangrove plants, and aquatic-fauna were taken in a plot established in different distance from source of pollutants, e.g. 0-500 m, 500-1,000 m, and >1,000 m. Concentration of Mn, Zn, Cr, and Cd were analyzed from the samples. The results showed that water of ponds in Demak and outfall in Suwung contained low concentration of heavy metal and thus below threshold levels. However, these heavy metals accumulated in the soil sediment substrates where *A. marina* and *R. apiculata* occurred. Concentrations comparison of Mn, Zn, Cr, and Cd in soil of embankment was 78 : 13 : 0.2 : 1, while in the sea-shore was 127 : 52 : 2.2 : 1. Decrease in the average concentration of heavy metals at a distance of 1,000 m from the source of pollutants in the fishpond was relatively small (12%) and on the beach for an average of 55%. Most Mn and Zn were accumulated in the leaves and roots of *A. marina*, while Cr and Cd were distributed evenly in the plants. In *R. apiculata*, more Mn accumulated in the stems and leaves, while Zn was distributed evenly in the roots, stems, and leaves. *R. apiculata* was shown better capability in absorbing the four heavy metals compare with *A. marina*. This research indicated that leaves could be best parameter of heavy metals absorption. The parameter determining the ability of better absorption of heavy metals based on the existing levels in the leaves. Heavy metals accumulation in aquatic fauna, namely milkfish (*Chanos chanos*), shrimp (*Penaeus monodon*), and crab (*Uca pugnax*), was low; and it was below threshold level.

Keywords: Pollutants, substrate, mangrove waters

ABSTRAK

Penelitian kemampuan tegakan mangrove dalam menyerap polutan logam berat Mn, Zn, Cr, dan Cd dilakukan terhadap *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. dan *Rhizophora apiculata* Bl. hasil rehabilitasi di kawasan tambak di Demak, Jawa Tengah dan kawasan pantai di Suwung, Bali. Bahan penelitian berupa air terpolusi, tanah, bagian tumbuhan mangrove, dan fauna air yang diambil dalam plot yang berjarak 0-500 m, 500-1.000 m, dan > 1.000 m dari sumber pencemar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air sungai untuk tambak dan air laut yang diteliti mempunyai kadar logam berat masih di bawah ambang batas, namun logam berat tersebut terakumulasi dalam tanah sedimen substrat tempat tumbuh *A. marina* dan *R. apiculata*. Perbandingan konsentrasi Mn, Zn, Cr, dan Cd dalam tanah tambak adalah 78 : 13 : 0,2 : 1, sedangkan di pantai 127 : 52 : 2,2 : 1. Penurunan konsentrasi rata-rata logam berat pada jarak 1.000 m dari sumber pencemar relatif kecil di kawasan tambak (12%) dan di pantai rata-rata mencapai 55%. Akumulasi Mn dan Zn tertinggi pada daun dan akar *A. marina*, Cr dan Cd tersebar merata pada bagian tumbuhan. Mn lebih terakumulasi pada bagian batang dan daun *R. apiculata*, sedangkan Zn tersebar merata di akar, batang, dan daun. Kemampuan menyerap keempat logam berat lebih baik pada *R. apiculata*. Selain itu diketahui bahwa parameter penentuan kemampuan penyerapan logam berat lebih baik berdasarkan kadar yang ada dalam daun. Rendahnya kadar logam berat dalam air sebagai habitat fauna air mengakibatkan konsentrasi pada jaringan ikan bandeng (*Chanos chanos* (Forssk, 1775)), udang (*Penaeus monodon* Fabricius, 1798), dan kepiting (*Uca pugnax* (S.I. Smith, 1870) masih di bawah ambang batas.

Kata kunci: Pencemar, akumulasi, logam berat

I. PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove di Indonesia saat ini kondisinya sangat mengkhawatirkan akibat tekanan penduduk yang sangat pesat. Jumlah penduduk yang terus bertambah membutuhkan lahan untuk pemukiman dan mencari nafkah. Hutan mangrove di Jawa telah mengalami degradasi, umumnya disebabkan pembangunan tambak, penebangan hutan, sedimentasi atau reklamasi, dan pencemaran lingkungan (Walsh, 1974; Lewis, 1990; Nybakken, 1993; Primavera, 1993).

Hutan mangrove memiliki peranan yang sangat penting dalam ekosistem pesisir, di antaranya melindungi pantai dari abrasi, menahan intrusi air laut, menahan/mengendapkan lumpur serta menyaring bahan pencemar (Nursidah, 1996, Said & Smith, 1997). Salah satu bentuk pencemaran lingkungan di kawasan mangrove dan pantai adalah pencemaran logam berat, yang akhir-akhir ini menjadi isu hangat. Pencemaran merkuri (Hg) di Teluk Minamata, Jepang tahun 1953, merupakan tonggak awal perhatian dunia terhadap pencemaran logam berat. Kasus terbaru adalah pencemaran arsenik (As) dan Hg di Teluk Buyat, Sulawesi Utara (Polii *et al.*, 2001; Suhendrayatna, 2001). Logam berat merupakan bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik dan dapat mempengaruhi berbagai aspek ekologi dan biologi (Dahuri *et al.*, 1996; Suhendrayatna, 2001).

Penyerapan logam berat oleh akar pohon dipengaruhi sistem perakaran dan luas permukaan akarnya. Saepulloh (1995) dan Arisandi (2008) menyatakan bahwa *Rhizophora mucronata* Lamk. dapat menyerap cadmium (Cd) sebesar 17,933 ppm, *Rhizophora apiculata* Bl. memiliki kemampuan menyerap Cd sebesar 17,433 ppm, tetapi *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. hanya mampu menyerap Cd sebesar 0,5 ppm. Taryana (1995), menyatakan tegakan mangrove jenis *Rhizophora stylosa* Griff. dapat menyerap polutan logam berat jenis tembaga (Cu) se-

besar 43,9 ppm, mangan (Mn) sebesar 597,1 ppm, dan seng (Zn) sebesar 34,5 ppm. Dengan demikian, hutan mangrove melalui sistem perakarannya yang menghujam ke tanah dan menyebar luas diharapkan mampu berfungsi menyerap kandungan polutan terutama jenis logam berat di lingkungan perairan sekitarnya, sehingga daya racun polutan tersebut pada hutan mangrove dapat berkurang.

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mendapatkan informasi tentang jenis mangrove yang paling baik dalam menyerap polutan logam berat yang dihasilkan oleh industri maupun rumah tangga, sebagai tanaman rehabilitasi untuk mengatasi pencemaran ekosistem pantai.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni-Desember 2011 di kawasan hutan mangrove hasil rehabilitasi di Kecamatan Sayung Demak, Jawa Tengah dan Kecamatan Suwung Denpasar, Bali (Gambar 1). Kawasan mangrove hasil rehabilitasi di Demak adalah bagian dari pengelolaan tambak dengan sistem *silvofishery*, sedangkan di Bali lokasi penelitian merupakan hutan mangrove hasil rehabilitasi yang saat ini merupakan Taman Hutan Raya Mangrove di Pantai Suwung.

B. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: bagian tanaman mangrove (akar, batang, daun, dan buah), contoh air, tanah, contoh ikan dan udang yang dikoleksi dari plot penelitian. Alat yang digunakan adalah botol contoh, *styrofoam box*, *formaldehyde* untuk pengawet ikan/udang. Peralatan yang digunakan untuk mengambil contoh di lapangan antara lain parang, gunting stek, jala ikan, haka meter, phi *band*, kantong plastik, dan alat tulis. Peta, GPS, kamera foto, kompas digunakan untuk menentukan posisi plot di lokasi penelitian.



Gambar (Figure) 1. Lokasi penelitian di hutan mangrove: (a) Demak, (b) Denpasar (Research sites of mangrove forest: (a) Demak, (b) Denpasar)

C. Metode Penelitian

1. Rancangan Penelitian

Plot penelitian tempat pengambilan contoh ditetapkan berdasarkan jarak dari tempat atau sumber pencemar (sungai atau pelabuhan) yaitu : 0-500 m, > 500-1.000 m, dan > 1.000 m. Pada masing-masing jarak tersebut dibuat tiga sampel plot pengambilan contoh tumbuhan, air, tanah, dan biota perairan.

Contoh tumbuhan setiap jenis mangrove yang diambil adalah bagian akar, batang, daun dan buah masing-masing sebanyak 0,5 kg, tanah dan air untuk dianalisis kandungan bahan pencemarnya, masing-masing material tersebut diulang dua kali. Jenis tumbuhan yang diambil untuk dianalisis adalah *A. marina* dan *R. apiculata* sebagai tumbuhan mangrove yang dominan. Contoh jenis-jenis ikan dan udang yang ada di tambak dan pantai diambil secara acak, masing-masing sebanyak 100 gram dan diulang dua kali, selanjutnya dianalisis untuk mengetahui kandungan bahan pencemar yang terakumulasi di jaringannya.

2. Analisis Data

Material contoh (akar, batang, daun dan buah) yang diambil dari setiap jenis tumbuhan mangrove dianalisis di laboratorium Biotrop dan Institut Pertanian Bo-

gor (IPB), untuk mengetahui jenis mangrove yang baik dalam menyerap polutan. Analisis juga dilakukan pada air, tanah, ikan atau udang untuk mengetahui seberapa besar kandungan logam berat yang terakumulasi dalam tanah, air, dan jaringan fauna perairan. Jenis logam berat yang dianalisis adalah Mn, Zn, Cr, dan Cd. Analisis kandungan logam berat dilakukan dengan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) (Elmer, 2000).

Berdasarkan Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu air limbah yaitu: Mn = 0,5 mg/l berkategori baik, 2 mg/l berkategori sedang; adapun Zn = 2 mg/l berkategori baik, 5 mg/l berkategori sedang; sedangkan Cr = 0,1 mg/l berkategori baik, 0,5 mg/l berkategori sedang; dan Cd = 0,01 mg/l berkategori baik dan 0,05 mg/l berkategori sedang.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kandungan Logam Berat pada Perairan dan Tanah

Kandungan logam berat di perairan mangrove yang diteliti disajikan pada Tabel 1. Kandungan logam berat secara alami sudah ada dalam perairan mangrove/air laut, tetapi konsentrasinya sangat ren-

dah, misalnya Pb (0,03µg/l), Ag (0,28 µg/l), Hg (0,15 µg/l), dan Cu (0,11 µg/l) (Waldichuk, 1974 dalam Darmono, 2001).

Berdasarkan Tabel 1 tampak bahwa kandungan unsur Zn, Cr, dan Cd relatif merata dan masih di bawah ambang batas, kecuali di kawasan tambak yang dekat dari sumber pencemar. Dengan demikian kualitas perairan di lokasi penelitian termasuk kategori baik.

Apabila ion-ion logam yang terdapat di dalam air berasal dari logam berat dan logam yang bersifat racun seperti Mn dan Zn, maka sangat berbahaya bagi manusia dan air tersebut tidak dapat digunakan sebagai air minum. Bahan buangan anorganik merupakan yang paling penting menjadi perhatian karena umumnya merupakan limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme, sehingga akan terjadi akumulasi (Wardhana, 1995). Bahan buangan anorganik biasanya berasal dari industri/pelabuhan yang terdapat sekitar lokasi (di Demak industri perkayuan/perikanan dan

di Denpasar pelabuhan Benoa). Walaupun konsentrasi logam berat di perairan masih di bawah ambang batas, logam tersebut terakumulasi pada substrat/tanah di mana konsentrasinya tergantung jaraknya dari sumber atau aliran air (Tabel 2).

Analisis logam berat Mn, Zn, Cr, dan Cd dalam tanah dapat menjadi indikator akumulasi zat pencemar pada vegetasi. Analisis zat pencemar dalam tanah mangrove disajikan pada Tabel 2.

Hasil analisis menunjukkan bahwa keempat zat pencemar tersebut lebih terakumulasi di daerah dekat dengan sumber pencemar terutama unsur Mn dan Zn dalam jumlah yang tinggi yaitu masing-masing 880,56 ppm dan 223,63 ppm di Demak dan 447,77 ppm dan 218,60 ppm di Suwung, Denpasar. Menurut Peterson & Alloway (1979) dalam Darmono (2001), rata-rata kandungan logam berat Zn dan Mn dalam tanah secara alami masing-masing 50 ppm dan 100 ppm. Jumlah logam berat yang diambil tanaman dari dalam tanah ditentukan oleh ketersediaannya dan ditentukan oleh jenis tanamannya,

Tabel (Table) 1. Kandungan zat pencemar pada perairan di lokasi penelitian (*Contaminant concentrations in waters at two study sites*)

Lokasi dan jarak dari sumber pencemar (<i>Location and distance from source of pollutant</i>)	Satuan (<i>Unit</i>)	Jenis logam berat (<i>Heavy metals</i>)			
		Mangan/Mn	Seng/Zn	Kromium/Cr	Kadmium/Cd
Demak, Jawa Tengah (<i>Central Java</i>)					
0 m	mg/l	0,638	0,012	0,118	<0,007
500 - 1.000 m	mg/l	0,076	0,023	0,153	<0,007
> 1.000 m	mg/l	0,043	<0,009	<0,009	<0,007
Denpasar, Bali					
Benoa (0 m)	mg/l	0,072	0,039	<0,025	0,044
Suwung Kauh (500-1.000 m)	mg/l	0,034	0,010	<0,025	<0,007
Suwung (> 1.000 m)	mg/l	0,008	<0,009	<0,025	<0,007

Tabel (Table) 2. Zat pencemar dalam substrat mangrove di lokasi penelitian (*Contaminant concentrations in mangrove substrate at two study sites*)

Lokasi dan atau jarak dari sumber pencemar (<i>Location and distance from source of pollutant</i>)	Satuan (<i>Unit</i>)	Jenis logam berat (<i>Heavy metals</i>)			
		Mn	Zn	Cr	Cd
Demak, Jawa Tengah (<i>Central Java</i>)					
0 m	ppm	880,56	223,63	2,53	10,84
500-1.000 m	ppm	819,21	103,01	2,03	10,61
> 1.000 m	ppm	759,29	99,23	1,87	9,93
Denpasar, Bali					
Benoa (0 m)	ppm	447,77	218,60	7,66	3,74
Suwung Kauh (500-1.000 m)	ppm	269,83	94,33	5,05	1,94
Suwung (> 1.000 m)	ppm	236,50	77,18	3,63	1,87

semakin banyak unsur tersebut di dalam tanah semakin tinggi penyerapan oleh akar tanaman (Greenland & Hayes, 1981). Hal ini ditunjukkan oleh kadar logam berat dalam batang *A. marina* berhabitat lebih dekat ke pantai (Tabel 2).

Perbandingan rata-rata konsentrasi logam berat Mn, Zn, Cr, dan Cd di kawasan tambak adalah 78 : 13 : 0,2 : 1 dan di kawasan pantai adalah 127 : 52 : 2,2 : 1. Penyebaran logam berat pada tanah disajikan pada Gambar 2.

Penurunan konsentrasi rata-rata logam berat pada jarak 1.000 m dari sumber pencemar relatif kecil di kawasan tambak (12%) dan di pantai rata-rata mencapai 55%. Hal ini diduga karena rendahnya populasi mangrove di tambak, sehingga penyerapan logam berat dari perairan dan tanah tidak optimal.

B. Kandungan Logam Berat pada Mangrove

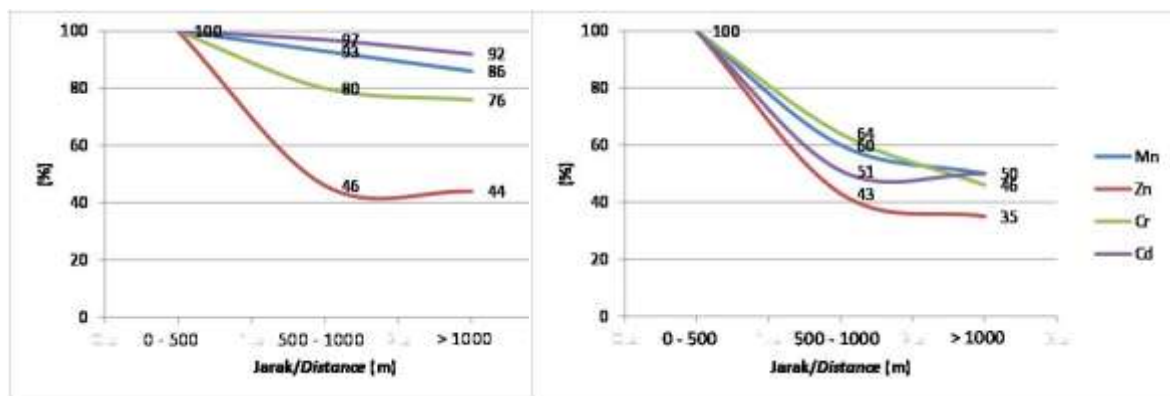
Di kawasan penelitian komunitas mangrove didominasi oleh *A. marina* dan *R. apiculata*. Penyebaran *R. apiculata* lebih luas dari *A. marina*. Hasil analisis zat pencemar yang terkandung dalam akar, batang, daun dan buah *A. marina* di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 terlihat kandungan Mn dan Zn pada jenis *A. marina* lebih besar di kawasan tambak dalam jarak dekat da-

ri sungai sebagai pembawa sumber logam berat pencemaran akan terakumulasi dalam akar 676,27 ppm dan Zn 46,06 ppm terakumulasi dalam batang yang letaknya pada jarak 500-1.000 m. Di kawasan pantai akumulasi Mn dan Zn terbesar pada bagian akar masing-masing 391,21 ppm dan 169,04 ppm pada jarak 500-1.000 m dari sumber pencemar. Kandungan zat pencemar Cr lebih banyak terakumulasi di bagian akar mangrove di kawasan tambak yaitu dalam jarak 500-1.000 m dan akumulasi Cd terjadi pada akar *A. marina* di kawasan tambak, yang berdekatan dengan sumber pencemar.

Unsur logam berat yang dibawa oleh air sungai atau arus pasang di pantai masih di bawah ambang batas (Tabel 1), namun dalam waktu lama telah terjadi akumulasi unsur Mn, Zn, Cr, dan Cd dalam tanah yang menjadi habitat mangrove (Tabel 2). Perbandingan konsentrasi Mn, Zn, Cr, dan Cd rata-rata dalam tanah tambak adalah 8 : 13 : 0,2 : 1 dan 127 : 57 : 2,2 : 1 di kawasan pantai yang tercemar.

Akumulasi logam berat dalam tanah substrat mangrove ini yang diserap oleh akar tumbuhan hingga dalam proses fisiologi dan pertumbuhan pohon, unsur tersebut terakumulasi pada akar dan batang. Kemampuan tumbuhan mangrove untuk menyerap unsur logam berat diindikasikan dari besarnya konsentrasi unsur tersebut dalam daun.



a. Kawasan tambak (*Fish pond*)

b. Kawasan pantai (*Sea-shore area*)

Gambar (Figure) 2. Penurunan konsentrasi logam berat menurut jarak dari sumber pencemar (*Decrease in heavy metals concentrations by distance from source of pollutant*)

Tabel (Table) 3. Kandungan logam berat pada *A. marina* di kawasan tambak dan pantai (*Heavy metals concentrations in the plant organs of A. marina at fish pond and sea-shore area*)

No	Organ tanaman dan zat pencemar (<i>Plant organs and pollutants</i>)	Satuan (<i>Unit</i>)	Lokasi dan jarak dari sumber pencemar (<i>Location and distance from source of pollutant</i>)					
			Demak (Tambak/ <i>fish pond</i>)			Denpasar (Pantai/ <i>sea-shore area</i>)		
			0 m	500 - 1.000 m	> 1.000 m	0 m	500 - 1.000 m	> 1.000 m
<i>Akar (Roots)</i>								
1.	Mn total	ppm	362,23	676,27	163,17	182,08	391,21	127,10
2.	Zn total	ppm	46,06	36,50	40,66	37,27	169,04	68,05
3.	Cr total	ppm	0,62	1,15	0,91	< 0,025	< 0,025	< 0,025
4.	Cd total	ppm	14,64	13,91	14,40	4,65	7,71	6,99
<i>Batang (Stems)</i>								
1.	Mn total	ppm	31,16	31,03	49,68	30,93	124,44	81,61
2.	Zn total	ppm	18,32	23,54	20,00	25,15	33,42	43,82
3.	Cr total	ppm	0,48	0,52	0,51	< 0,025	< 0,025	< 0,025
4.	Cd total	ppm	11,66	11,82	12,31	3,88	7,23	6,51
<i>Daun (Leaves)</i>								
1.	Mn total	ppm	130,51	250,12	118,82	220,93	348,63	267,70
2.	Zn total	ppm	26,38	31,37	29,23	42,10	44,14	24,83
3.	Cr total	ppm	1,02	0,25	0,25	< 0,025	< 0,025	< 0,025
4.	Cd total	ppm	13,37	12,82	12,12	4,48	7,70	6,88
<i>Buah (Fruit)</i>								
1.	Mn total	ppm	81,49	-	141,30	-	-	68,84
2.	Zn total	ppm	15,80	-	14,28	-	-	19,06
3.	Cr total	ppm	0,17	-	0,05	-	-	< 0,025
4.	Cd total	ppm	12,18	-	10,61	-	-	5,61

Daun merupakan bagian terujung dari jaringan *xylem* dan tempat terjadinya fotosintesa selama masa pertumbuhan pohon. Dalam masa ini daun tua akan jatuh menjadi serasah dan digantikan oleh daun muda. Daun yang menjadi serasah akan kehilangan toksisitasnya akibat terjadinya proses kimia, seperti proses Cr^{6+} yang bersifat toksik bereaksi dengan Fe^{2+} menjadi Cr^{3+} yang non toksik (Tebbutt, 1992). Serasah menjadi sumber pakan bagi fauna air. Hasil analisa data menunjukkan kandungan logam berat dalam fauna air (ikan, udang, dan kepiting) masih di bawah ambang batas (Tabel 5).

Akumulasi Mn pada bagian akar merupakan adaptasi mangrove untuk melokalisasi unsur racun ke dalam jaringan di lingkungan yang tercemar. Proses masuknya unsur Mn ke dalam jaringan tumbuhan bisa melalui *xylem* ke semua bagian tumbuhan sampai ke daun (Dahlan, 1986). Selain akar, akumulasi Mn terbanyak yaitu pada bagian daun, hal ini berhubungan dengan ekskresi yang dilakukan oleh tumbuhan. Pengeluaran ion tok-

sik selain melalui akar juga melalui daun dengan cara menarik secara aktif ion-ion tersebut dari *xylem* kembali ke *xylem parenchym* dan kemudian dilepaskan dari akar kembali ke tanah (Andani & Purbayanti, 1981).

Zat pencemar Mn pada tumbuhan cenderung bersifat racun, dan bahkan konsentrasi Mn sebesar 10 ppm dapat berdampak besar dalam proses pertumbuhannya termasuk proses fotosintesis dan respirasi (Treshow, 1985). Selanjutnya dinyatakan oleh Greenland & Hayes (1981), konsentrasi Mn pada tumbuhan yang masih dapat ditolerir sekitar 0,1-10 ppm bahan kering. Pada penelitian ini konsentrasi Mn pada *A. marina* sebesar 68,84-676,27 ppm. Angka ini jauh melebihi ambang batas normal, sehingga mangrove dapat berperan dalam mengurangi unsur pencemar melalui akumulasi unsur tersebut dalam akar dan batang.

Analisis unsur Zn dari kedua lokasi daerah pengamatan menunjukkan akumulasi terbesar pada bagian akar (jarak 500-1.000 m dari sumber pencemar) di

Denpasar dan pada jarak 0 m di lokasi Demak. Andani dan Purbayanti (1981) menyatakan bahwa konsentrasi suatu ion lebih tinggi ditemukan di dalam akar daripada di daun. Hal ini merupakan bukti kuat untuk lokalisasi ekstra seluler yang diduga akibat pengikatan fraksi pektin pada dinding sel. Unsur Zn termasuk dalam unsur esensial dalam kelompok unsur mikro. Akumulasi unsur ini dapat mengganggu pertumbuhan tanaman, namun tidak demikian dengan tumbuhan mangrove dengan habitat yang ekstrim di air masin, payau, dan berlumpur, mangrove mempunyai rentang toleransi yang tinggi terhadap pencemaran logam berat.

Masuknya Cr dan Cd secara alamiah dapat terjadi karena beberapa faktor fisik, antara lain erosi. Secara non alamiah unsur tersebut masuk pada suatu lingkungan perairan terutama akibat efek samping dari suatu aktivitas yang dilakukan manusia dari kegiatan pabrik seperti *electroplating*, penyamakan kulit, pabrik

tekstil, cat, dan buangan limbah rumah tangga (Suprapti, 1998, 1999).

Menurut hasil penelitian Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah (2002), pohon api-api (*A. marina*) memiliki kemampuan akumulasi logam berat yang tinggi dengan cara melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam berat tersebut. Akumulasi zat pencemar pada bagian tanaman jenis *R. apiculata* di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 4.

Kandungan Mn pada jenis *R. apiculata* di kawasan tambak memiliki nilai tertinggi pada lokasi dekat sumber pencemar yaitu sekitar 1.349,51 ppm, dan Zn terakumulasi di dalam akar pada jarak 500-1.000 m yakni sebesar 54,28 ppm. Di kawasan pantai akumulasi Mn dan Zn terbesar ada dalam daun masing-masing 829,95 ppm dan 46,48 ppm, pada jarak

Tabel (Table) 4. Kandungan logam berat dalam *R. apiculata* (*Heavy metals concentration in plant organs of R. apiculata at two study sites*)

No	Organ tanaman dan zat pencemar (<i>Plant organs and pollutants</i>)	Satuan (<i>Unit</i>)	Lokasi dan jarak dari sumber pencemar (<i>Location and distance from source of pollutant</i>)					
			Demak (Tambak/ <i>fish pond</i>)			Denpasar (Pantai/ <i>sea-shore area</i>)		
			0 m	500 - 1.000 m	> 1.000 m	0 m	500 - 1.000 m	> 1.000 m
<i>Akar (Roots)</i>								
1.	Mn total	ppm	395,24	43,94	63,22	38,92	317,84	80,18
2.	Zn total	ppm	35,79	14,04	11,81	25,62	54,28	26,22
3.	Cr total	ppm	0,66	1,08	0,13	< 0,025	< 0,025	< 0,025
4.	Cd total	ppm	10,30	8,71	9,20	4,30	6,19	5,78
<i>Batang (Stems)</i>								
1.	Mn total	ppm	1.349,51	231,97	603,05	312,24	479,58	342,33
2.	Zn total	ppm	16,91	18,08	9,24	17,25	25,86	19,56
3.	Cr total	ppm	0,05	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025	< 0,025
4.	Cd total	ppm	11,55	15,81	12,17	3,92	6,76	5,10
<i>Daun (Leaves)</i>								
1.	Mn total	ppm	443,17	168,47	990,67	462,77	829,95	616,53
2.	Zn total	ppm	16,13	17,14	16,43	46,48	41,16	26,84
3.	Cr total	ppm	0,91	< 0,025	0,92	< 0,025	< 0,025	< 0,025
4.	Cd total	ppm	7,86	7,76	8,46	5,11	7,16	6,35
<i>Buah (Fruit)</i>								
1.	Mn total	ppm	-	-	-	-	28,30	68,84
2.	Zn total	ppm	-	-	-	-	20,71	19,06
3.	Cr total	ppm	-	-	-	-	< 0,025	< 0,025
4.	Cd total	ppm	-	-	-	-	6,30	5,61

500-1.000 m dari sumber pencemar. Di Demak, kandungan zat pencemar Cr yang terbesar terakumulasi di bagian akar pada jarak 500-1.000 m dari sumber pencemar yakni sebesar 1,08 ppm. Akumulasi Cd terjadi pada batang sebesar 15,81 ppm di kawasan tambak pada jarak 500-1.000 m dari sumber pencemar.

Pada penelitian ini jenis *R. apiculata* menyerap polutan cukup besar terutama di bagian akar dan batang. Diperkirakan jenis ini mempunyai akar jangkar yang cukup banyak, panjang, dan besar, sehingga kemampuan daya serap logam berat di habitatnya lebih besar dari daya serap sistem perakaran *A. marina*.

C. Kandungan Logam Berat pada Ikan Bandeng, Udang, dan Ketam

Oleh karena konsentrasi Mn dan Zn cukup tinggi dalam air, substrat tanah, dan daun mangrove (Tabel 2 dan Tabel 3) sebagai sumber serasah, maka kandungan Mn dan Zn juga relatif tinggi pada ikan dan udang dibanding dengan Cr dan Cd.

Zn dapat meningkatkan sintesa protein yang berguna untuk pertumbuhan fauna (Durand & Kawashima, 1979). Kandungan zat pencemar dalam ikan, udang, dan ketam di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 5.

Ikan bandeng (*Chanos chanos*) hanya dijumpai di Demak pada jarak > 1.000 m dari sumber pencemar. Akumulasi Zn pada ikan tersebut sebesar 17,52 ppm dan Mn sebesar 1,57 ppm. Berdasarkan Keputusan Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan No. 03725/B/SK/VII/89, kandungan Zn dan Mn dalam ikan bandeng belum melebihi batas maksimum yang diijinkan yaitu sebesar 100 ppm, demikian juga dengan ikan nila (*Oreochromis niloticus baringoensis*) (24,55 ppm) dan udang (*Penaeus monodon*) (24,40 ppm). Udang dan ketam (*Uca pugnax*) hanya dijumpai di Denpasar. Kandungan Zn di udang sebesar 26,03 ppm pada jarak 500-1.000 m dari sumber pencemar, sedangkan akumulasi Zn pada ketam sebesar 25,98 ppm.

Tabel (Table) 5. Kandungan zat pencemar pada jaringan ikan, udang, dan ketam di lokasi penelitian (Contaminant concentrations in fish, shrimp, and crabs at two study sites)

Lokasi dan atau jarak dari sumber pencemar (Locations and distance from source of pollutant)	Satuan (Unit)	Jenis logam berat (Heavy metals)			
		Mn	Zn	Cr	Cd
Demak, Jawa Tengah (Central Java)					
Ikan bandeng (Milkfish)					
0 m	ppm	-	-	-	-
500-1.000 m	ppm	-	-	-	-
> 1.000 m	ppm	1,57	17,52	<0,01	<0,001
Ikan nila (Tilapia)					
0 m	ppm	3,09	20,22	<0,01	<0,001
500-1.000 m	ppm	3,76	24,55	<0,01	<0,001
> 1.000 m	ppm	-	-	-	-
Udang (Shrimp)					
0 m	ppm	3,49	24,40	<0,01	<0,01
500-1.000 m	ppm	2,93	23,55	<0,01	<0,01
> 1.000 m	ppm	-	-	-	-
Denpasar, Bali					
Udang (Shrimp)					
Benoa (0 m)	ppm	-	-	-	-
Suwung Kauh (500-1.000 m)	ppm	5,64	26,03	<0,01	<0,01
Suwung (> 1.000 m)	ppm	-	-	-	-
Ketam (Crabs)					
Benoa (0 m)	ppm	11,59	23,95	<0,01	<0,001
Suwung Kauh (500-1.000 m)	ppm	22,62	25,98	<0,01	0,67
Suwung (> 1.000 m)	ppm	-	-	-	-

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Akumulasi mangan (Mn) dan seng (Zn) pada jenis *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. umumnya terdapat pada bagian daun dan akar. Chromium (Cr) dan cadmium (Cd) terakumulasi relatif merata pada setiap bagian tanaman mangrove.
2. Unsur Mn terakumulasi pada bagian batang dan daun *Rhizophora apiculata* Bl., baik di tambak (Demak) maupun di pantai (Bali), sedangkan Zn pada bagian daun dan akar. Cr dan Cd terakumulasi relatif merata.
3. Kemampuan *R. apiculata* Bl. dalam menyerap jenis polutan/zat pencemar seperti Mn, Zn, Cr, dan Cd, lebih baik dibandingkan dengan jenis *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.
4. Kadar kandungan polutan (Mn, Zn, Cr, dan Cd) pada perairan dan tanah di Demak dan Denpasar umumnya semakin menurun dengan semakin jauhnya jarak dari sumber pencemar.
5. Akumulasi Zn dalam ikan bandeng di Demak pada jarak > 1.000 m (*Chanos chanos* (Forssk, 1775) yakni sebesar 17,52 ppm, ikan nila (*Oreochromis niloticus baringoensis* Trewavas, 1983) sebesar 24,55 ppm pada jarak 500-1.000 m, dan udang (*Penaeus monodon* Fabricius, 1798) sebesar 24,40 ppm pada jarak 0 m dari sumber pencemar. Di Denpasar, Bali, kandungan Zn tertinggi ditemukan pada udang sebesar 26,03 ppm pada jarak 500-1.000 m dari sumber pencemar, ketam (*Uca pugnax* (S.I. Smith, 1870)) sebesar 25,98 ppm. Semuanya masih di bawah ambang batas.

B. Saran

Dalam rangka rehabilitasi hutan mangrove dan pengendalian pencemaran logam berat, jenis *R. apiculata* Bl. dapat dianjurkan ditanam, karena kisaran habi-

tat pertumbuhannya cukup luas dan bervariasi serta berkemampuan tinggi dalam menyerap logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Andani, S., & Purbayanti, E.D. (1981). *Fisiologi lingkungan tanaman*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Arisandi, P. (2008). *Bioakumulasi logam berat dalam pohon bakau* (*Rhizophora mucronata Lamk.*) dan *pohon api-api* (*Avicennia marina (Forssk.) Vierh.*). Diakses tanggal 25 Januari 2010 dari http://tech.group.yahoo.com/burung_pemangsa_Indonesia.
- Dahlan, E.N. (1986). Pencemaran daun teh oleh timbal sebagai akibat emisi kendaraan bermotor di Gunung Mas Puncak. *Makalah Kongres Ilmu Pengetahuan Indonesia*. Panitia Nasional MAB. Jakarta.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P., & Sitepu, M.J. (1996). *Pengelolaan sumberdaya wilayah pesisir dan lautan secara terpadu*. Jakarta: Pradnya Paramita Press.
- Darmono. (2001). *Lingkungan hidup dan pencemaran*. Jakarta: UI-Press.
- Dirjen POM. (1989). *Keputusan Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan No. 03725/B/SK/VII/89 tentang Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Makanan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan.
- Durand, M., & Kawashima, R. (1979). Influence of minerals in rumen microbial digestion. Digestive physiology and metabolism in ruminants. *Proceedings of the 5th International Symposium on Ruminants Physiology, Held at Clermont-Ferrand. on September 3rd-7th* (pp375-408). Lancaster: MTP Press Limited:.
- Elmer, P. (2000). *Analytical methods for atomic absorption spectrometry*. Singapore: Perkin Elmer Instruments LLC.

- Greenland, D.J., & Hayes, N.H.B. (1981). *The chemistry of soil processes*. New York: John Wiley & Sons Ltd.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (1995). *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor Kep-51/MENLH/10/ 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri*. Jakarta.
- Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah. (2002). *Hutan bakau hilang minamata datang*. Diakses tanggal 3 Januari 2006 dari www.Ecoton.or.id.
- Lewis, R.R. (1990). Creation and restoration of coastal wetlands in Puerto Rico and the US Virgin Islands. In J.A. Kusler & M.E. Kentula (Eds). *Wetland creation and restoration : The status of science* (Vol. I: 103-123 Regional Reviews). Washington: Island Press.
- Nursidah. (1996). Hutan mangrove kita. *Majalah Kehutanan Indonesia* 5.
- Nybakken, J.W. (1993). *Marine biology, an ecological approach* (3rd ed.). New York: Harper Collins College Publishers.
- Polii, B., Waworuntu, L.A.J., Kumurur, V.A., Lasut, M.T., & Simanjuntak, H. (2001). Status pencemaran logam dan sianida di perairan Teluk Buyat dan sekitarnya, Propinsi Sulawesi Utara tahun 1999. *Ekoton* 1(1), 16-23.
- Primavera, J.H. (1993). A critical review of shrimp pond culture in the Philippines. *Reviews in fisheries. Science* 1(2), 151-201.
- Saepulloh, C. (1995). *Akumulasi logam berat (Pb, Cd, Ni) pada jenis Avicennia marina di Hutan Lindung Mangrove Angke-Kapuk, DKI Jakarta* (Skripsi Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Said, A., & Smith, M.A.K. (1997). *Proyek rehabilitasi dan pengelolaan mangrove di Sulawesi: ekonomi sumberdaya* (Laporan Akhir). Jakarta: Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan dan Asian Development Bank. (Tidak diterbitkan).
- Suhendrayatna. (2001). Bioremoval logam berat dengan menggunakan mikroorganisme: suatu kajian kepustakaan. *Seminar On-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21, tanggal 1-14 Februari 2001*. Siner-gy Forum - PPI Tokyo Institute of Technology.
- Suprapti, N. H. (1998). Chromium content of milk fish (*Chanos-chanos Forsk*) in brackish water pond around Babon River of Semarang coastal areas Central Java Indonesia. *Majalah Penelitian Undip* 2(2),355-361.
- Suprapti, N. H. (1999). Kandungan cadmium pada perairan dan ikan bandeng (*Chanos chanos* Forskal) di wilayah pantai sekitar muara Sungai Babon Semarang, Jawa Indonesia. *Jurnal Kimia dan Aplikasi* 2.
- Taryana, A.T. (1995). *Akumulasi logam berat (Cu, Mn, Zn) pada jenis Rhizophora stylosa Griff. di hutan tanaman mangrove Cilacap BKPH Rawa Timur, KPH Banyumas Barat Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah* (Skripsi Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Tebbutt, T.H.Y. (1992). *Principles of water quality control*. Oxford: Pergamon Press.
- Treshow, M. (1985). *Air pollution and plant life*. Utah: John Wiley and Sons.
- Walsh, G.E. (1974). Mangroves. A review. In R. J. Reinhold & W.H. Queen (Eds.), *Ecology of halophytes* (pp. 45-49). New York: Academic Press.
- Wardhana, W.A. (1995). *Dampak pencemaran lingkungan*. Yogyakarta: Andi Offset.