

KANDUNGAN LOGAM BERAT PADA TUMBUHAN, TANAH, AIR, IKAN DAN UDANG DI HUTAN MANGROVE

*Content of Heavy Metals in Vegetation, Soil, Water,
Fish and Shrimp in Mangrove Forest*

N. M. Heriyanto

Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi
Jalan Gunung Batu No. 5 Kotak Pos 165 Bogor 16610
Telepon (0251) 8633234, 7520067; Fax. (0251) 8638111

Naskah masuk : 5 Januari 2011; Naskah diterima : 2 September 2011

ABSTRACT

The content of heavy metals analyze in mangroves, soil, water, fish and shrimp done in October to November 2010. The purpose of this study was to determine the best type of mangrove to absorb pollutants of heavy metals (Mg, Zn, Cd and As) and content of pollutants in soil, water, fish and shrimp that live in mangrove waters. Reseach has been conducted at mangrove forest of Cilacap and Alas Purwo National Park. The results showed that in general the largest accumulation of Mg in the leaves and roots, Zn accumulated in the roots and leaves, while Cd in the leaves and roots, As in the leaves and stems of mangroves near the sources of pollution. In absorb pollutants Avicennia marina (Forsk.) Vierh. species better than Rhizophora apiculata Blume and Ceriops tagal C.B. Rob. this is indicated by the accumulation of these substances in the tree. Accumulation of four heavy metals on the substrate is concentrated at a distance of 0-500 m from the sources of pollution, Zn and Cd is the largest amount that is equal to 2262.96 ppm and 5.8 ppm in Cilacap, 51.31 ppm and 3.5 ppm in TNAP. The content of Mg in waters tourist dock TNAP accumulation of 5841.5 ppm higher than in Cilacap. Largest Mg content of contaminants accumulated in the shrimp that is equal to 82.63 ppm, fish blanak at 60.30 ppm at locations around Cilacap refinery. Accumulation of Mg in the larger shrimp (ten times) compared with that found in the TNAP shrimp, fish contain contaminants blanak Mg 4.5 times greater in Cilacap compared with TNAP.

Keywords: *Pollutants, substrates, mangrove waters*

ABSTRAK

Analisis kandungan logam berat pada mangrove, tanah, air, ikan dan udang dilakukan pada bulan Oktober sampai dengan November 2010. Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui jenis mangrove yang paling baik dalam menyerap polutan logam berat (Mg, Zn, Cd dan As) dan kandungan polutan dalam tanah, air, ikan dan udang yang hidup di perairan mangrove tersebut. Lokasi penelitian di hutan mangrove Cilacap, Jawa Tengah dan Taman Nasional Alas Purwo Banyuwangi, Jawa Timur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada umumnya akumulasi terbesar Mg pada bagian daun dan akar, Zn terakumulasi pada bagian akar dan daun sedangkan Cd pada bagian daun dan akar, As pada bagian daun dan batang mangrove yang dekat dengan sumber pencemar. Dalam menyerap zat pencemar jenis *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. lebih baik dari *Rhizophora apiculata* Blume dan *Ceriops tagal* C.B. Rob., hal ini ditunjukkan oleh akumulasi zat tersebut pada bagian pohon. Akumulasi dari keempat logam berat disubstrat terkonsentrasi pada jarak 0-500 m dari sumber pencemar yaitu Zn dan Cd 2.262,96 ppm dan 5,8 ppm di Cilacap; 51,31 ppm dan 3,5 ppm di TNAP. Kandungan Mg di perairan dermaga wisata TNAP akumulasinya sebesar 5.841,5 ppm lebih tinggi dibandingkan dengan di Cilacap. Kandungan zat pencemar Mg terbesar terakumulasi pada udang yaitu sebesar 82,63 ppm, ikan blanak sebesar 60,30 ppm di lokasi sekitar kilang minyak Cilacap. Akumulasi Mg pada udang lebih besar (sepuluh kali) dibandingkan dengan udang yang terdapat di TNAP, ikan blanak kandungan zat pencemar Mg 4,5 kali lebih besar di Cilacap dibandingkan dengan TNAP.

Kata kunci : *Polutan, substrat, perairan mangrove*

I. PENDAHULUAN

Hutan mangrove di Indonesia terutama Pulau Jawa terus mengalami degradasi akibat konversi peruntukan yaitu tambak, penebangan kayu mangrove untuk berbagai keperluan, disamping rendahnya kesadaran masyarakat tentang fungsi ekologis hutan mangrove dan ketidakpastian status kawasan (Said dan Smith, 1997). Kondisi tersebut sebagai akibat dari adanya pertumbuhan penduduk yang sangat pesat, yang membutuhkan lahan untuk pemukiman dan kebutuhan hidup sehari-hari. Dengan demikian hutan mangrove sebagai ekosistem pesisir yang pada akhirnya berdekatan dengan pusat-pusat pemukiman penduduk akan menjadi sangat rawan ancaman dan tekanan, sehingga kelestariannya sangat rentan terhadap perubahan lingkungan (Tomlinson, 1986).

Fungsi dan manfaat mangrove telah banyak diketahui baik sebagai tempat pemijahan ikan di perairan, pelindung daratan dan abrasi oleh ombak, pelindung dari tiupan angin, penyaring intrusi air laut ke daratan, habitat satwa liar, tempat singgah migrasi burung dan menyerap kandungan logam berat yang berbahaya bagi kehidupan, mengendapkan lumpur dan menyaring bahan pencemar. Penyerapan logam berat oleh akar pohon dipengaruhi sistem perakaran dan luasan permukaan akarnya, sebagai contoh: *Rhizophora mucronata* dapat menyerap Cadmium (Cd) sebesar 17,933 ppm, *Rhizophora apiculata* memiliki kemampuan menyerap Cd sebesar 17,433 ppm, tetapi *Avicennia marina* hanya mampu menyerap Cd sebesar 0,5 ppm (Arisandi, 2008; Saepulloh, 1995). Tegakan mangrove jenis *Rhizophora stylosa* dapat menyerap polutan logam berat jenis Cu sebesar 43,9 ppm, Mn sebesar 597,1 ppm, dan Zn sebesar 34,5 ppm (Taryana, 1995).

Bahan pencemar dari limbah industri dapat mencemarkan air sungai dan berdampak negatif yaitu terjadinya perubahan ekosistem muara berupa perubahan temperatur, pH, BOD dan COD serta kandungan logam berat yang sangat mempengaruhi kehidupan flora dan fauna perairan. Limbah ini biasanya berasal dari industri maupun rumah tangga yang melibatkan unsur-unsur logam seperti Timbal (Pb), Arsen (As), Kadmium (Cd), Merkuri (Hg), Krom (Cr), Nikel (Ni), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), dan Cuprum (Cu). Limbah tersebut umumnya merupakan limbah yang tidak dapat atau sulit didegradasi oleh mikroorganisme, sehingga akan

terjadi akumulasi. 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.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari jenis mangrove yang paling baik dalam menyerap polutan logam berat (Mg, Zn, Cd dan As) dan kandungan polutan dalam tanah, air dan ikan/udang yang hidup di perairan mangrove tersebut.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi

Penelitian dilakukan pada bulan Oktober-November 2010, di dua tempat yaitu Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Rawa Timur Cilacap, Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah dan Taman Nasional Alas Purwo (TNAP), Banyuwangi Jawa Timur.

B. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan antara lain: bagian tumbuhan mangrove, contoh air, tanah, ikan dan udang. Peralatan yang digunakan di lapangan antara lain: parang, peta kerja, GPS, haka meter, pita diameter, kamera, kompas, kantong plastik, botol, jala ikan, dan alat tulis.

C. Rancangan Penelitian

Contoh yang diambil dari lokasi didasarkan jarak dari tempat pencemar (industri atau dermaga): 0 - 500 m dan ≥ 1.000 m. Sumber pencemar dalam penelitian ini yaitu di Cilacap kilang minyak, di TNAP dermaga kapal untuk wisata.

Bagian tumbuhan mangrove diambil sebagai contoh yaitu bagian akar, batang, daun, buah, demikian juga biota perairan yang diambil sehingga contoh adalah ikan dan udang di hutan mangrove maupun di tambak. Setiap contoh uji diulang 2 (dua) kali.

D. Analisis Data

Analisis kandungan logam berat (Mg, Zn, Cd, dan As) dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Biotrop Bogor, dengan metode *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) (Elmer, 2000). Hasil analisis disajikan dalam tabulasi dan dianalisis secara deskriptif.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Polutan pada Tanaman Mangrove

1. *Avicenia marina* (Forsk.) Vierh.

Hasil yang diperoleh dari analisis zat pencemar di lokasi penelitian, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan zat pencemar tertinggi sepanjang 500 m dari kilang minyak Cilacap yaitu bagian daun dan akar untuk Mg 831,91 ppm dan 539,77 ppm, Zn 55,83 ppm dan 59,85 ppm, Cd 62,22 ppm pada daun.

Unsur Mg diduga banyak dihasilkan oleh kilang minyak yang berada di tepi Sungai Donan, Cilacap. Banyaknya akumulasi Mg pada bagian daun merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan melalui mekanisme aliran xylem atau melalui stomata (Dahlan, 1986). Sedangkan

akumulasi pada bagian akar terjadi melalui proses ekskresi atau pengeluaran ion toksik secara aktif yang ditarik dari xylem kembali ke *xylem parenchym* dan dilepaskan lagi ke media (Andani dan Purbayanti, 1981).

Konsentrasi Mg pada tumbuhan yang masih dapat ditolerir sekitar 0,1-10 ppm bahan kering (Greenland dan Hayes, 1981), dan pada penelitian ini konsentrasi Mg pada *Avicennia marina* jauh melebihi ambang batas normal yaitu: 92,08 ppm (buah) dan 831,91 ppm (daun) di lokasi Cilacap sepanjang 500 m dari kilang minyak. Menurut hasil penelitian Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah (2002) pohon api-api (*Avicennia marina*) memiliki kemampuan akumulasi logam berat yang tinggi dengan cara melemahkan efek racun melalui pengenceran (dilusi), yaitu dengan menyimpan banyak air untuk mengencerkan

Tabel (Table) 1. Kandungan zat pencemar pada batang, daun dan akar *Avicenia marina* di lokasi penelitian (*The content of contaminants in the stems, leaves and roots of Avicenia marina in research location*).

Bagian tanaman dan zat pencemar (<i>Parts of plants and contaminants</i>)	Satuan/ Unit	Jarak dari sumber pencemar (<i>Distance from sources of pollution</i>)			
		Kilang minyak (<i>Refinery</i>), Cilacap		Dermaga wisata (<i>Dock tours</i>), TNAP	
		0-500 m	≥ 1000 m	0-500 m	≥ 1000 m
Daun/Leaves					
Mg	ppm	831,91	690,49	0,81	0,66
Zn	ppm	55,83	47,68	55,04	38,21
Cd	ppm	62,22	44,99	57,8	43,2
As	ppm	1,28	< 0,0002	3,84	0,41
Buah/Fruits					
Mg	ppm	92,08	74,85	-	-
Zn	ppm	35,53	34,62	-	-
Cd	ppm	5,3	2,5	-	-
As	ppm	2,9	0,5	-	-
Batang/Stems					
Mg	ppm	347,79	275,52	0,19	0,18
Zn	ppm	37,10	36,74	41,92	24,67
Cd	ppm	16,47	10,56	14,6	11,7
As	ppm	2,93	0,74	3,52	1,41
Akar/Roots					
Mg	ppm	539,77	505,65	0,26	0,29
Zn	ppm	59,85	49,08	46,35	35,67
Cd	ppm	17,43	11,56	24,5	10,7
As	ppm	0,59	0,31	1,22	0,24

Tabel (Table) 2. Kandungan zat pencemar pada batang, daun, akar dan buah *Rhizophora apiculata* di lokasi penelitian (*The content of contaminants in the stems, leaves and roots of R. apiculata in research location*)

Bagian tanaman dan zat pencemar (<i>Parts of plants and contaminants</i>)	Satuan/ Unit	Jarak dari sumber pencemar (<i>Distance from sources of pollution</i>)			
		Kilang minyak (<i>Refinery</i>), Cilacap		Dermaga wisata (<i>Dock tours</i>), TNAP	
		0-500 m	≥ 1000 m	0-500 m	≥ 1000 m
Daun/Leaves					
Mg	ppm	632,11	510,47	0,55	0,45
Zn	ppm	45,25	41,58	47,53	26,50
Cd	ppm	32,4	33,2	26,1	22,3
As	ppm	8,7	4,6	3,2	1,3
Buah/Fruits					
Mg	ppm	108,19	127,40	0,14	0,09
Zn	ppm	36,67	29,39	33,82	17,93
Cd	ppm	6,9	4,6	5,8	1,5
As	ppm	5,2	2,1	6,3	0,6
Batang/Stems					
Mg	ppm	470,05	462,09	0,14	0,10
Zn	ppm	39,64	34,44	29,60	25,55
Cd	ppm	26,4	31,2	17,8	12,5
As	ppm	11,8	10,1	5,7	2,7
Akar/Roots					
Mg	ppm	478,29	375,99	0,17	0,16
Zn	ppm	46,29	36,71	26,75	21,38
Cd	ppm	15,3	10,23	14,3	9,4
As	ppm	1,5	0,21	1,4	0,31

konsentrasi logam berat dalam jaringan tubuhnya sehingga mengurangi toksisitas logam berat tersebut.

Analisis unsur Zn dari kedua lokasi daerah pengamatan menunjukkan akumulasi terbesar pada bagian akar (jarak 0-500 m dari sumber pencemar) dibandingkan pada bagian daun dan batang. Andani dan Purbayanti (1981), menyatakan bahwa konsentrasi suatu ion lebih tinggi ditemukan di dalam akar dari pada 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.

Logam berat As (Arsen) relatif rendah kandungannya pada jenis ini dan yang terbesar pada bagian daun dan batang di TNAP pada jarak

0-500 m dari darmaga wisata yaitu sebesar 3,84 ppm dan 3,52 ppm.

2. *Rhizophora apiculata* Blume

Hasil analisis zat pencemar pada bagian tegakan *Rhizophora apiculata* di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 2.

Pada Tabel 2 dapat dikemukakan bahwa kandungan Mg pada jenis *Rhizophora apiculata* tertinggi sepanjang 500 m dari sumber pencemar yaitu pada bagian daun dan akar 632,11 ppm dan 478,29 ppm. Zat pencemar Zn tertinggi pada akar dan daun yaitu: 46,26 ppm dan 45,25 ppm di kilang minyak Cilacap. Sedangkan kandungan zat pencemar Cd terakumulasi di bagian daun dan batang yaitu: 32,4 ppm dan 26,4 ppm. Logam berat As relatif rendah kandungannya dan yang tertinggi pada bagian batang dan daun yaitu: 11,8 ppm dan 8,7 ppm.

3. *Ceriops tagal* C.B. Rob.

Hasil analisis zat pencemar pada jenis *Ceriops tagal*, akumulasinya disajikan pada Tabel 3.

Terlihat pada Tabel 3, bahwa akumulasi zat pencemar di kilang minyak Sungai Donan (jarak 0-500 m) terbesar terserap pada bagian daun dan akar yaitu untuk Mg 543,93 ppm dan 498,81 ppm, Zn 73,57 ppm dan 49,17 ppm,

sedangkan untuk Cd 22,14 ppm (daun) dan 18,32 ppm (batang). Logam berat As terkonsentrasi di bagian batang dan daun yaitu 3,36 ppm dan 2,37 ppm pada jarak 0-500 m dari kilang minyak. Hal ini sesuai dengan pernyataan Greenland dan Hayes (1981), yang menyatakan akumulasi zat pencemar ditentukan oleh konsentrasi zat tersebut dalam substrat (air dan tanah) atau dekat dengan sumber pencemar.

Tabel (Table) 3. Kandungan zat pencemar pada batang, daun, akar dan buah *Ceriops tagal* di lokasi penelitian (*The content of contaminants in the stems, leaves, roots and fruits of C. tagal in research location*)

Bagian tanaman dan zat pencemar (<i>Parts of plants and contaminants</i>)	Satuan/ Unit	Jarak dari sumber pencemar (<i>Distance from sources of pollution</i>)			
		Kilang minyak (<i>Refinery</i>), Cilacap		Dermaga wisata (<i>Dock tours</i>), TNAP	
		0-500 m	≥ 1000 m	0-500 m	≥ 1000 m
Daun/Leaves					
Mg	ppm	534,93	506,70	0,67	-
Zn	ppm	73,57	47,57	32,62	-
Cd	ppm	22,14	14,52	17,87	-
As	ppm	2,37	0,52	2,73	-
Buah/Fruits					
Mg	ppm	279,41	98,84	0,16	-
Zn	ppm	36,84	30,53	51,41	-
Cd	ppm	12,4	4,5	9,7	-
As	ppm	2,3	1,8	1,02	-
Batang/Stems					
Mg	ppm	411,23	295,31	0,10	-
Zn	ppm	41,42	32,22	17,87	-
Cd	ppm	18,32	11,08	12,32	-
As	ppm	3,36	0,27	2,26	-
Akar/Roots					
Mg	ppm	498,81	498,18	0,23	-
Zn	ppm	49,17	45,27	35,23	-
Cd	ppm	13,38	10,23	17,25	-
As	ppm	1,65	0,63	2,42	-

B. Polutan pada Tanah/Substrat

Analisis zat pencemar (Mg, Zn, Cd dan As) pada tanah dapat mendukung data akumulasi zat pencemar pada vegetasi. Analisis zat pencemar dalam tanah mangrove disajikan pada Gambar 1.

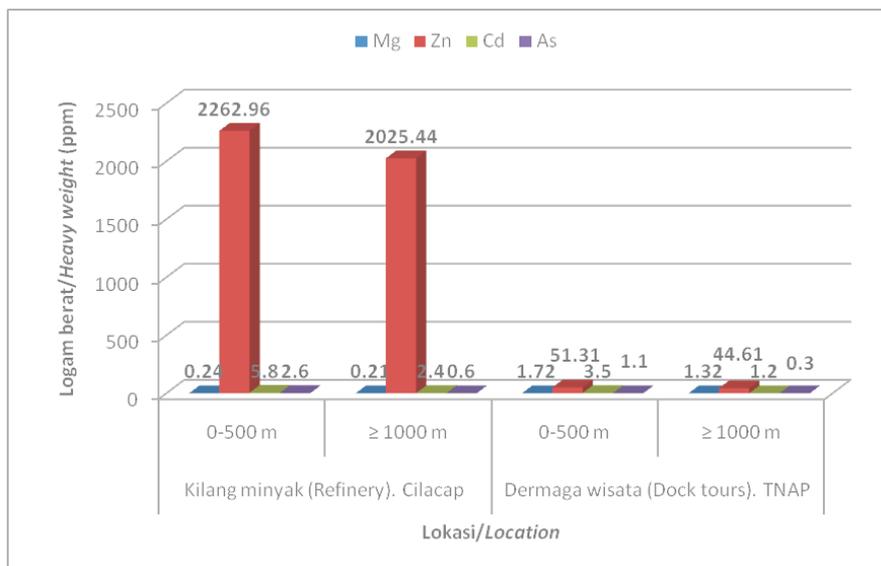
Hasil analisis zat pencemar pada tanah memperlihatkan bahwa akumulasi keempat zat pencemar tersebut terbanyak terdapat pada lokasi

0-500 m dari sumber pencemar, unsur Zn dan Cd merupakan jumlah yang terbanyak yaitu sebesar 2.262,96 ppm dan 5,8 ppm di Cilacap; 51,31 ppm dan 3,5 ppm di TNAP. Jumlah logam berat yang diambil tanaman dari dalam tanah ditentukan oleh ketersediaan bahan polutan jenis tanamannya. Semakin banyak kandungan polutan tersebut di dalam tanah semakin mudah

diserap oleh akar tanaman (Greenland dan Hayes, 1981).

Pada Gambar 1, terlihat bahwa akumulasi zat pencemar semakin menurun seiring dengan bertambahnya jarak dari sumber pencemar. Kandungan logam berat dalam tanah secara alami menurut Peterson & Alloway (1979) dalam

Darmono (2001), yaitu Zn rata-rata 50 ppm, As 100 ppm dan Cd 0,06 ppm. Dengan demikian kandungan logam berat Zn di lokasi penelitian melebihi ambang batas. Hal ini diduga akibat kegiatan kilang minyak di Cilacap yang mencemari substrat.



Gambar (Figure) 1. Grafik kandungan logam berat pada tanah (Figure of heavy metal content in soil)

C. Polutan pada Perairan

Kandungan zat pencemar (logam berat) di lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2. Kandungan logam berat tersebut memang secara alami sudah ada dalam air laut, tetapi konsentrasinya sangat rendah, misalnya Pb (0,03g/L), Ag (0,28g/L), Hg (0,15g/L) dan Cd (0,11g/L) (Waldichuk, 1974 dalam Darmono, 2001).

Pada Gambar 2, tampak bahwa kandungan unsur Mg di dermaga wisata TNAP akumulasi-nya sebesar 5.841,5 ppm lebih tinggi dibanding dengan di Cilacap, hal ini diduga terkontaminasi-nya air dari bahan bakar minyak yang tertumpah di sekitar dermaga wisata.

Bahan buangan anorganik merupakan yang paling penting menjadi perhatian karena umumnya merupakan limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit dirombak oleh mikro-organisme, sehingga akan terjadi akumulasi (Wardhana, 1995). Bahan buangan anorganik terutama diduga berasal dari perahu wisata yang beraktivitas di sekitar perairan.

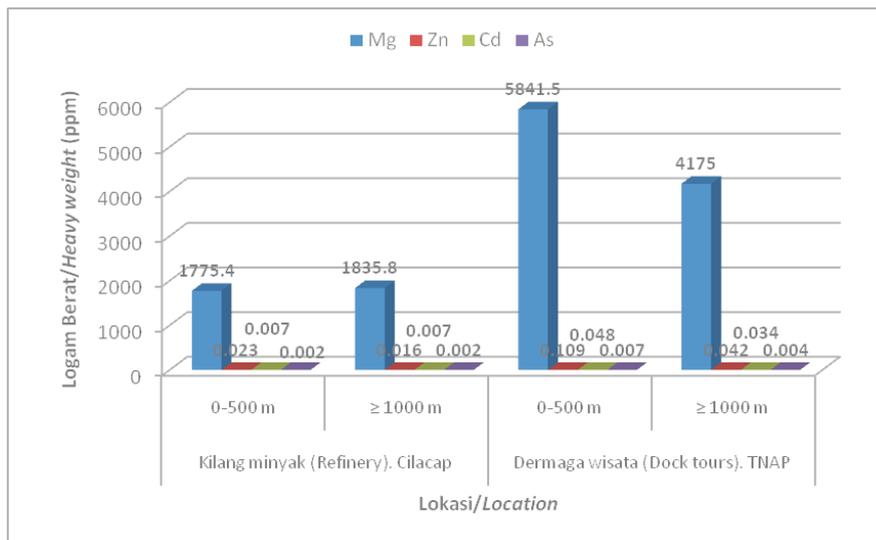
Apabila ion-ion logam yang terjadi di dalam air berasal dari logam berat maupun logam

yang bersifat racun seperti magnesium (Mg) dan seng (Zn), maka sangat berbahaya bagi manusia dan air tersebut tidak dapat digunakan sebagai air minum.

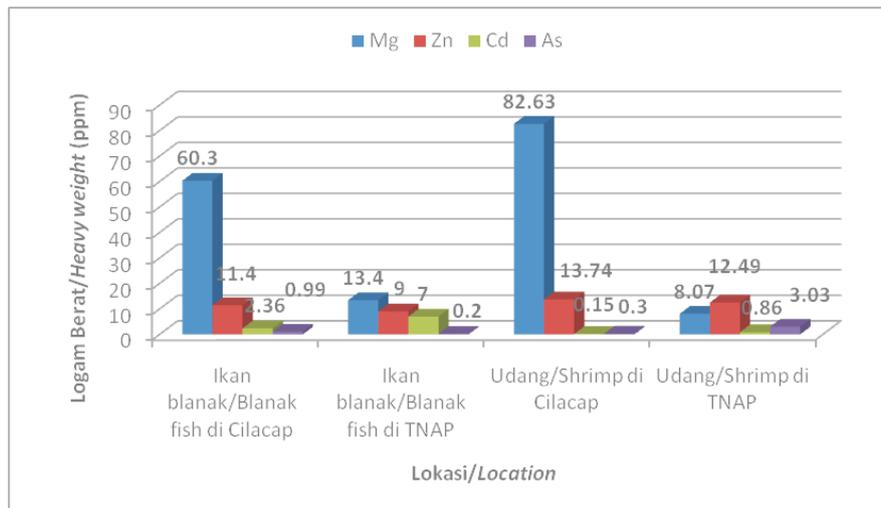
D. Polutan pada Ikan dan Udang

Ikan dan udang merupakan bio-indikator terhadap pencemaran lingkungan, termasuk cemaran kimia. Hal ini karena ikan dan udang menunjukkan reaksi terhadap cemaran di perairan dalam batas konsentrasi tertentu, seperti perubahan aktivitas, efek pada pertumbuhan yang tidak normal hingga kematian (Chahaya, 2003). Kandungan zat pencemar dalam ikan dan udang di lokasi penelitian disajikan pada Gambar 3.

Kandungan zat pencemar Mg terbesar terakumulasi pada udang yaitu sebesar 82,63 ppm, ikan blanak sebesar 60,30 ppm di lokasi sekitar kilang minyak Cilacap. Akumulasi Mg pada udang lebih besar (sepuluh kali) dibandingkan dengan udang yang terdapat di TNAP. Kandungan zat pencemar Mg pada ikan blanak 4,5 kali lebih besar di Cilacap dibanding



Gambar (Figure) 2. Grafik kandungan logam berat pada perairan (Figure heavy metal content in waters)



Gambar (Figure) 3. Grafik kandungan logam berat pada ikan bandeng dan udang (Figure of heavy metal content in bandeng fish and shrimp)

dengan TNAP. Hal ini dapat diterangkan bahwa habitat udang di dasar perairan yakni pada tempat banyak terdapat zat pencemar.

Menurut Gunawan dan Anwar (2008), bahwa kandungan ikan bandeng yang hidup di tambak biasa mengandung Hg 49 kali lebih tinggi daripada di hutan mangrove, dan untuk udang dua kali lebih tinggi. Dengan demikian fungsi hutan mangrove salah satunya adalah menyerap unsur bahan pencemar yang bersifat racun.

Dalam Baku Mutu Limbah Cair menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. Kep-51/MENLH/10/1995 baku mutu untuk Cd tidak ditetapkan. Meskipun tidak ditetapkan ambang batas amannya, Cd merupakan salah satu logam

berat yang sangat berbahaya bagi kehidupan. Cd merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena dapat mempengaruhi sistem pembuluh darah, serta terakumulasi dalam tubuh, khususnya di hati dan ginjal. Cd membentuk ikatan dengan protein yang ada didalamnya, sehingga pengaruhnya dapat bersifat jangka panjang. Pada kadar rendah logam ini dapat menyebabkan gangguan terhadap paru-paru, emfisema pada hati dan gagal ginjal yang kronis (Suhendrayatna, 2001). Jumlah normal kadar Cd di dalam tanah kurang dari 1 ppm. Cd lebih mudah diakumulasi oleh tanaman dari pada ion logam berat lainnya seperti Pb (Barchan *et al.*, 1998). Logam berat ini bersama-sama dengan Pb

dan Hg dikenal sebagai tiga jenis logam berat dengan tingkat bahaya paling tinggi terhadap kesehatan manusia (Widle dan Benemann, 1993). Menurut FAO/WHO, konsumsi Cd per minggu yang dapat ditoleransi manusia adalah 400-500 ppm per orang (Barchan *et al.*, 1998).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Pada umumnya akumulasi terbesar Magnesium (Mg) pada bagian daun dan akar, Seng (Zn) terakumulasi pada bagian akar dan daun sedangkan Kadmium (Cd) pada bagian daun dan akar, Arsen (As) pada bagian daun dan batang mangrove yang dekat dengan sumber pencemar.
2. Dalam menyerap zat pencemar jenis *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. lebih baik dari *Rhizophora apiculata* Blume dan *Ceriops tagal* C.B. Rob. hal ini ditunjukkan oleh akumulasi zat tersebut pada bagian pohon.
3. Kandungan zat pencemar Mg terbesar terakumulasi pada udang yaitu sebesar 82,63 ppm, ikan blanak sebesar 60,30 ppm. Akumulasi Mg pada udang lebih besar (sepuluh kali) dibandingkan dengan udang yang terdapat di Taman Nasional Alas Purwo (TNAP), kandungan zat pencemar Mg pada ikan blanak 4,5 kali lebih besar di Cilacap dibanding dengan TNAP.

B. Saran

Pengembangan tanaman mangrove sebagai penyerap polutan perlu mempertimbangkan substrat atau kondisi tanah dan tingkat pencemaran. Pada areal tambak dengan sistem *silvofishery* dalam kaitannya dengan penyerapan bahan pencemar maka penanaman *Avicennia marina* lebih baik dari pada *Rhizophora*.

DAFTAR PUSTAKA

Andani, S dan E.D. Purbayanti. 1981. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Arisandi, P. 2008. Bioakumulasi Logam Berat dalam Pohon Bakau (*Rhizophora mucronata*) dan Pohon Api-Api (*Avicennia marina*). <http://tech.group.yahoo.com/>

burung pemangsa Indonesia. Diakses tanggal 25 Januari 2010, jam 10.30 WIB.

- Barchan, V.S.H., E.F. Kovnatsky, and M.S. Smetannikova. 1998. *Water, Air, and Soil Pollution* 103: 173-195.
- Chahaya, I.S. 2003. Ikan sebagai Alat Monitoring Pencemaran. <http://library.usu.ac.id/download/fkm/fkm-indra20c2.pdf>. Diakses tanggal 6 Juli 2011, jam 10.30 WIB.
- 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.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. UI-Press. Jakarta.
- Greenland, D.J and N.H.B. Hayes. 1981. *The Chemistry of Soil Processes*. John Wiley & Sons Ltd, New York, USA.
- Gunawan, H. dan C. Anwar. 2008. Kualitas Perairan dan Kandungan Merkuri (Hg) dalam Ikan pada Tambak Empang Parit di BKPH Ciasem-Pamanukan, KPH Purwakarta, Kabupaten Subang, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* Vo. V No. 1(1-10): 2008.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor Kep-51/MENLH/10/1995. Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah. 2002. Hutan Bakau Hilang Minamata Datang. www.ecoton.or.id. Diakses tanggal 3 Januari 2006.
- Said, A dan M.A.K. Smith. 1997. Proyek Rehabilitasi dan Pengelolaan Mangrove di Sulawesi: Ekonomi Sumberdaya. Laporan Akhir. Direktorat jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan dan Asian Development Bank. Jakarta.
- Saepulloh, C. 1995. Akumulasi Logam Berat (Pb, Cd, Ni) pada Jenis *Avicennia marina* di Hutan Lindung Mangrove Angke-Kapuk, DKI Jakarta. Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme:

- Suatu Kajian Kepustakaan. *Seminar on-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21*. Sinergy Forum - PPI Tokyo Institute of Technology, 1-14 Februari 2001.
- 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. Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Tidak diterbitkan.
- Tomlinson, P.B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press.
- Wardhana, W.A. 1995. Dampak Pencemaran Lingkungan. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta.
- Widle, E.W. and J.R. Benemann. 1993. *Biotechnology Advanced* 11: 781-812.