

**AKUMULASI LOGAM BERAT TEMBAGA DAN TIMBAL PADA MANGROVE
Rhizophora mucronata DI KARANGSONG, INDRAMAYU****ACCUMULATION OF HEAVY METAL CUPRUM AND PLUMBUM IN MANGROVE
Rhizophora Mucronata IN KARANGSONG, INDRAMAYU****Agustinus M Samosir, Meilita Syarifah, Sulistiono***Departemen Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor,
Jalan Agatis, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

*Korespondensi: onosulistiono@gmail.com

ABSTRACT

Mangrove has many ecological functions, one of them is to absorb, transport and store substances including toxic materials. This research aim is to analyze the concentration of Cu and Pb in root, leave, and substrat of mangrove *Rhizophora mucronata* and its bioaccumulation level. The concentration of Cu found in sediment exceed standar quality by Reseau National d'Observation (RNO), which means the sediment has been contaminated by Cu. The content of Cu in the roots and leaves of mangrove is greater than Pb, so does the highest level of bioconcentration factor (BCF) was reached by BCF Pb in root at 1.3116 while BCF Cu in roots at 0.5609. This indicates that the potency of accumulation of roots is much higher than the leaves. The highest Translocation Factor (TF) was attained by Pb which is 0.4075 and the lowest is 0.3341 in Cu. Metal translocation from roots to leaves for essential metals (Cu) is lower than in non-essential metals (Pb), it shows that the mangrove use Cu for metabolic activity and growth. The ability of mangrove in accumulating this metals are still low in category according to concentration factor index.

Keywords: heavy metals, Indramayu, mangrove, *Rhizophora mucronata***ABSTRAK**

Mangrove memiliki banyak fungsi ekologis salah satunya dapat menyerap, mengangkut, dan menimbun materi termasuk zat-zat toksik. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kandungan logam berat Cu dan Pb dalam sedimen, akar, dan daun pohon mangrove *Rhizophora mucronata*. Konsentrasi Cu di sedimen telah melebihi baku mutu menurut *Reseau National d'Observation* (RNO). Kandungan Cu dan Pb pada akar lebih besar dibandingkan pada daun, begitu pula dengan nilai faktor biokonsentrasinya, BCF tertinggi yaitu BCF Pb pada akar sebesar 1,3116, sementara BCF Cu pada akar sebesar 0,5609. Hal tersebut mengindikasikan daya akumulasi akar jauh lebih tinggi daripada daun. Nilai Faktor Translokasi (TF) tertinggi dicapai oleh Pb yaitu sebesar 0,4075 sedangkan terendah pada Cu sebesar 0,3341. Translokasi logam dari akar ke daun untuk logam esensial (Cu) lebih rendah dibandingkan pada logam non esensial (Pb), hal tersebut menunjukkan bahwa mangrove menggunakan logam tersebut untuk aktivitas metabolisme dan pertumbuhan. Kemampuan mangrove dalam mengakumulasi logam berat ini masuk ke dalam kategori rendah menurut indeks faktor konsentrasi.

Kata kunci: Indramayu, logam berat, mangrove, *Rhizophora mucronata*

PENDAHULUAN

Seperti yang dilansir harian Indramayu Post (2012), bahwa telah terjadi pencemaran di Sungai Prajagumiwang, yaitu sungai yang bermuara di pesisir Karangsong. Pencemaran ini disebabkan antara lain oleh limbah industri dan limbah rumah tangga. Karangsong merupakan salah satu kawasan pesisir yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar, seperti pemukiman, pelayaran, wisata, industri, pertambakan, dan perikanan. Kondisi tersebut semakin meningkatkan ancaman terjadinya pencemaran karena masuknya limbah secara langsung ke perairan yang dapat menyebabkan kerusakan ekosistem estuari. Salah satunya pencemaran oleh logam berat.

Mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang mempunyai peranan penting di daerah estuari. Mangrove memiliki banyak fungsi ekologi seperti tempat mencari makan, memijah, dan berkembang biak bagi udang dan ikan serta kerang dan kepiting. Selain itu, ekosistem mangrove juga berfungsi sebagai perangkap sedimen, pencegah erosi, dan pelindung pantai dari abrasi (Harty 1997 dalam Hamzah dan Setiawan 2010). Salah satu jenis mangrove dominan di pesisir Karangsong yaitu *Rhizophora mucronata*. Mangrove jenis ini memiliki akar penyangga, selain fungsinya untuk membantu tegaknya pohon, akar jenis ini juga dapat menahan dan memantapkan sedimen tanah (Besperi 2019), sehingga mencegah tersebarnya bahan pencemar ke area yang lebih luas. Oleh karena itu, akar mangrove jenis ini dapat lebih optimal dalam menyerap logam berat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan logam berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) dalam sedimen, akar, serta daun pohon mangrove *Rhizophora mucronata* dan untuk mengetahui kemampuan vegetasi tersebut dalam mengakumulasi logam berat Cu dan Pb sehingga dapat dijadikan akumulator bahan pencemar logam berat di kawasan hutan mangrove. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran akumulasi logam berat Cu dan Pb secara kuantitatif pada sedimen, akar, serta daun pohon *Rhizophora mucronata* di perairan karangsong, Indramayu, sebagai sumber informasi bagi masyarakat serta pengelola yang membutuhkan mengenai peranan *Rhizophora mucronata* dalam mengurai pencemaran logam berat dan untuk kepentingan pengelolaan sumberdaya pesisir, serta

sebagai dasar kebijakan oleh pemerintah khususnya daerah dalam pengelolaan sumber daya alam wilayah pesisir.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Lokasi pengambilan contoh di Perairan Karangsong, Indramayu (Gambar 1). Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari hingga Maret 2013. Identifikasi mangrove dilakukan di Laboratorium Biologi Makro 1, Departemen Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Analisis kandungan logam berat dilakukan di Laboratorium Pengujian, Departemen Teknologi Industri, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Pengumpulan data

Daerah penelitian dibagi menjadi tiga stasiun. Stasiun 1 paling dekat dengan pelabuhan dan tempat pemukiman, sedangkan Stasiun 3 paling dekat ke laut lepas. Setiap stasiun dilakukan tiga kali ulangan.

Parameter fisika kimia perairan yang diukur terdiri atas suhu, pH, dan salinitas. Pengukuran pH menggunakan pH stik, suhu menggunakan termometer, dan salinitas dengan refraktometer.

Dilakukan pengukuran lingkaran batang pohon mangrove dalam transek 10 m x 10 m untuk mengetahui luas tutupan basal. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel pohon mangrove, yaitu terdiri dari sedimen, akar, dan daun mangrove *Rhizophora mucronata*. Pada pengambilan sampel dipilih mangrove tingkat pohon, dengan karakteristik diameter batang >4 cm dan tinggi >2 m.

Sampel didapatkan dengan memotong bagian akar dan daun yang terdapat pada pohon, serta pengambilan sampel sedimen. Jumlah sampel yang dianalisis dari 3 stasiun dengan 3 ulangan masing-masing 9 sampel sedimen, 9 sampel daun, dan 9 sampel akar. Pada setiap ulangan diambil 4 sampel dari lima pohon mangrove. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam plastik klip, dan diberi label sesuai dengan stasiunnya. Kemudian sampel disimpan di dalam *cool box*. Identifikasi sampel lebih lanjutnya dilakukan di laboratorium. Sedangkan analisis kandungan logam

berat dilakukan menggunakan AAS setelah terlebih dahulu dilakukan ekstraksi.

Analisis deskriptif

Nilai suhu, pH, dan salinitas yang didapatkan dibandingkan dengan KEPMEN LH No. 51 tahun 2004 yaitu baku mutu perairan yang optimal bagi pertumbuhan mangrove. Baku mutu logam berat dalam sedimen di Indonesia belum ditetapkan, oleh karena itu sebagai acuan konsentrasi logam berat Cu dan Pb pada sedimen yang didapatkan dari hasil laboratorium dibandingkan dengan baku mutu dari *Reseau National d'Observation* (RNO) dalam Rochyatun *et al.* (2003). Sedangkan konsentrasi logam berat Cu dan Pb pada akar dan daun dibandingkan konsentrasi logam berat Cu dan Pb yang normal bagi tumbuhan menurut Allaway (1968) dalam Greenland (1981).

Basal area

Basal area untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh logam berat terhadap luasan area yang ditumbuhi mangrove. Rumus basal area menurut MuellerDombois & Ellenberg (1974):

$$BA = (\frac{1}{2} D)^2 \pi$$

Keterangan:

BA = Basal area (m²)

D = Diameter batang (m)

Faktor biokonsentrasi

Perbandingan antara konsentrasi logam di akar atau daun dengan konsentrasi di sedimen dikenal dengan *Bioconcentration Factor* (BCF). Rumus faktor biokonsentrasi menurut MacFarlane *et al.* (2007) dalam Hamzah dan Setiawan (2010):

$$BCF = \frac{C_b}{C_m}$$

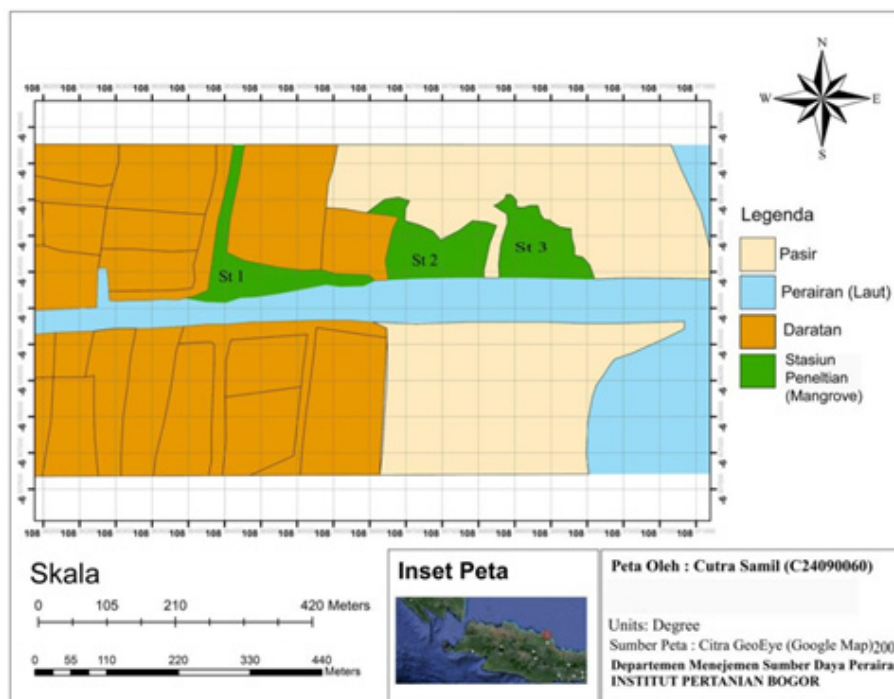
Keterangan:

BCF = Faktor Biokonsentrasi

C_b = Konsentrasi dalam biota (akar/daun) (ppm)

C_m = Konsentrasi dalam media/sedimen (ppm)

Tabel indeks faktor biokonsentrasi digunakan untuk mengetahui tingkat kemampuan akumulasi mangrove terhadap logam berat, menurut Van Esch (1977) dalam Suprapti (2008) (Tabel 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian Pantai Karangsong, Indramayu

Tabel 1. Indeks faktor biokonsentrasi menurut Van Esch (1977) dalam Suprpti (2008)

Nilai BCF	Keterangan
BCF < 100	Sifat akumulasi rendah
BCF = 100-1.000	Sifat akumulasi sedang
BCF > 1.000	Sifat akumulasi tinggi

Faktor translokasi

Selain itu juga dihitung *Translocation Factors* (TF), merupakan perbandingan antara konsentrasi logam pada daun dan akar. Nilai TF dihitung untuk mengetahui perpindahan akumulasi logam dari akar ke tunas (MacFarlane *et al.* 2007 dalam Hamzah dan Setiawan 2010). Berikut merupakan rumus perhitungan BCF:

$$TF = \frac{BCF \text{ Daun}}{BCF \text{ Akar}}$$

Keterangan:

TF = Faktor translokasi

BCF = Faktor biokonsentrasi

Koefisien korelasi

Koefisien korelasi digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan antara logam berat yang terdapat pada sedimen dengan akar, sedimen dengan daun, dan daun dengan akar. Analisis korelasi yang digunakan yaitu *pearson correlation*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Kondisi lingkungan

Hasil pengukuran kondisi lingkungan dapat dilihat pada Tabel 2. Jika kita bandingkan dengan baku mutu yang ada yaitu menurut pada KEPMEN LH No. 51 tahun 2004, maka suhu, pH, dan salinitas memenuhi baku mutu perairan yang optimal bagi pertumbuhan mangrove

yaitu berturut-turut sebesar 28-32°C, 7-8,5, dan 34‰.

Komposisi struktur sedimen di Karangsong, Indramayu semakin ke arah laut, sedimen semakin didominasi oleh pasir (Gambar 2). Stasiun 1 memiliki struktur sedimen yang didominasi oleh liat dengan persentase sebesar 66,6%, debu 26,07%, dan pasir 7,33%.

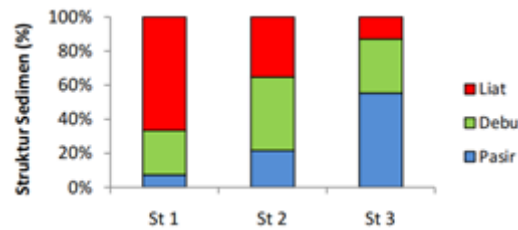
Hasil pengukuran luas tutupan basal didapatkan dengan mengukur diameter batang pohon mangrove, kemudian dihitung luasannya. Basal area tertinggi didapatkan pada Stasiun 1, dan luasan tutupan basal semakin menurun nilainya ke arah Stasiun 3 (Gambar 3).

Kandungan logam berat Cu dan Pb pada sedimen

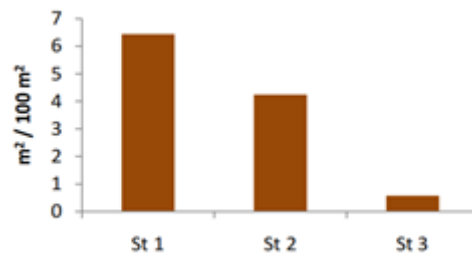
Secara keseluruhan menunjukkan kandungan Cu pada sedimen cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan Pb. Kandungan Cu tertinggi yaitu pada Stasiun 1 sebesar 13,0567 ppm, kemudian pada Stasiun 2 sebesar 8,8367 ppm, dan meningkat kembali di Stasiun 3 sebesar 11,3367 ppm (Gambar 4). Begitu pula pada hasil pengukuran Pb, kadar tertinggi dicapai di Stasiun 1 dengan 0,9017 ppm, kemudian nilainya menurun pada Stasiun 2 menjadi 0,6433 ppm, dan kembali mengalami peningkatan di Stasiun 3 sebesar 0,6580 ppm (Gambar 5). Hal ini berkaitan dengan letak stasiun, Stasiun 1 merupakan daerah yang paling dekat dengan pemukiman, dermaga, tempat berlabuhnya kapal, serta TPI sehingga memungkinkan lebih banyaknya masukan logam berat ke perairan dibandingkan dengan stasiun lainnya.

Tabel 2. Kisaran suhu, pH, dan salinitas air di lokasi penelitian Karangsong, Indramayu

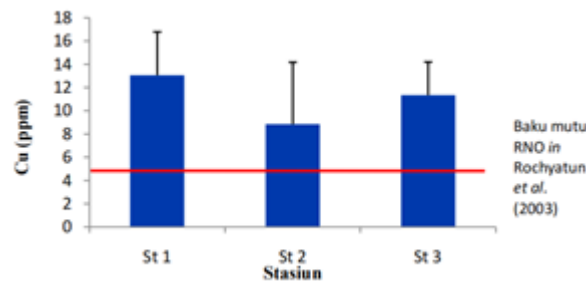
No	Parameter	Satuan	Stasiun		
			1	2	3
1	Suhu	°C	25-29	25-33	33-36
2	pH	-	7	7	7-8
3	Salinitas	‰	20-30	23-35	25-30



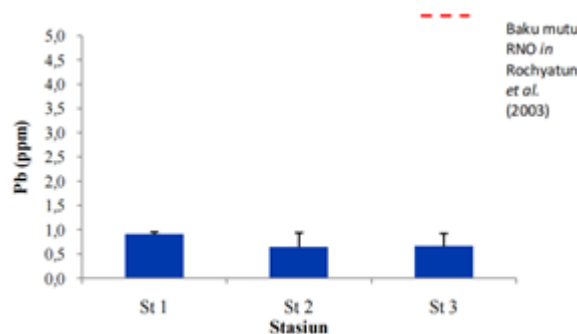
Gambar 2. Komposisi tekstur sedimen di lokasi penelitian Karangsong, Indramayu



Gambar 3. Total luas basal per transek di lokasi penelitian Karangsong, Indramayu



Gambar 4. Konsentrasi logam berat Cu pada sedimen di lokasi penelitian Karangsong, Indramayu



Gambar 5. Konsentrasi logam berat Pb pada sedimen di lokasi penelitian Karangsong, Indramayu

Kandungan logam berat Cu dan Pb pada akar dan daun

Tabel 3 menunjukkan besarnya kandungan logam berat Cu dan Pb pada akar dan daun mangrove *Rhizophora mucronata* di ketiga stasiun. Hasil analisis menggambarkan besarnya akumulasi Cu oleh akar dan daun dibandingkan dengan Pb. Akumulasi Cu pada akar tertinggi pada Stasiun 3 yaitu sebesar 5,5767, sedangkan

akumulasi tertinggi Pb pada akar yaitu sebesar 0,8440 ppm pada Stasiun 2. Pada daun, Cu tertinggi terakumulasi sebanyak 2,8333 ppm, sedangkan kandungan Pb tertinggi yang terakumulasi di daun yaitu sebesar 0,3910 ppm.

Menurut Allaway (1968) dalam Taryana (1995) konsentrasi logam berat Cu yang normal bagi tumbuhan adalah 4-15 ppm, sedangkan konsentrasi Pb yang masih dapat ditolerir oleh tumbuhan adalah 0,1-

10 ppm. Jika dibandingkan dengan hasil yang didapatkan, maka kandungan logam berat Cu dan Pb pada daun *Rhizophora mucronata* masih di bawah konsentrasi umum pada tanaman menurut Allaway (1968) dalam Saepulloh (1995). Akan tetapi menurut Zimdahl (1976) dalam Saepulloh (1995) logam Pb pada tanaman cenderung bersifat racun. Konsentrasi Pb sebesar 1 ppm mempunyai efek yang sangat besar terhadap proses-proses tumbuhan, termasuk proses fotosintesis dan respirasi. Gambar 6 disajikan untuk melihat lebih jelas perbandingan kandungan logam berat pada sedimen dan yang terakumulasi pada tumbuhan yaitu bagian akar dan daun, sehingga kita dapat menggambarkan distribusi logam berat pada tumbuhan mangrove.

Gambar 6 dan 7 disajikan untuk melihat lebih jelas distribusi logam berat Cu dan Pb pada sedimen tumbuhan mangrove, perbandingan kandungan logam pada sedimen dan yang terakumulasi pada tumbuhan yaitu bagian akar dan daun, sehingga kita dapat menggambarkan distribusi logam berat pada tumbuhan mangrove.

Gambar 6 dan 7 juga menunjukkan sebaran yang mirip pada ketiga stasiun, yakni akumulasi logam berat tertinggi pada sedimen, kemudian konsentrasinya mengalami penurunan di akar dan semakin kecil ketika sampai di daun. Hal

tersebut berhubungan dengan perbedaan kemampuan tumbuhan khususnya bagian akar dan daun dalam mengakumulasi logam berat yang ada pada sedimen. Pada akumulasi Pb juga terjadi demikian, akan tetapi konsentrasi Pb pada akar Stasiun 2 dan 3 justru melebihi konsentrasi pada sedimen, yakni 0,4330 ppm pada sedimen, 0,8440 ppm pada akar, dan 0,3700 ppm terakumulasi di daun.

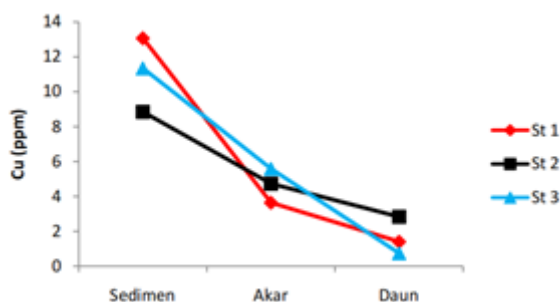
Analisis korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi logam berat pada sedimen dengan akar dan sedimen dengan daun di kedua logam berat yang diamati. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5.

Berdasarkan hasil analisis korelasi pada Tabel 4 dan 5, didapatkan korelasi kandungan logam Cu pada sedimen dengan akar sebesar -0,4694, sedimen dengan daun sebesar -0,7439, dan daun dengan akar sebesar -0,2410. Sedangkan korelasi yang ditemukan pada kandungan logam Pb di sedimen dengan daun sebesar 0,5547, dan pada akar dengan daun sebesar 0,6350.

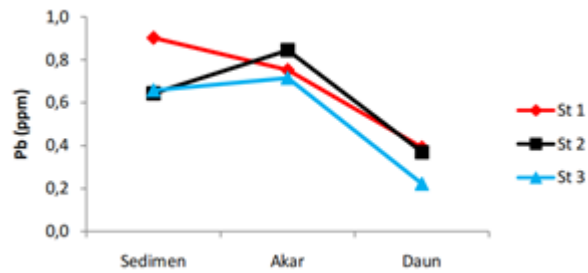
Tabel 6 memperlihatkan kandungan logam berat Cu dan Pb yang diakumulasi oleh berbagai jenis spesies mangrove tanpa memperhatikan tingkatan mangrovenya maupun ukuran diameter batangnya. Jika membandingkan dengan hasil penelitian ini, maka spesies *Rhizophora mucronata* dapat mengakumulasi logam berat Cu dan Pb dengan baik seperti spesies lainnya.

Tabel 3. Rata-rata kandungan logam berat Cu dan Pb pada akar dan daun

No	Parameter	Satuan	Stasiun		
			1	2	3
Akar					
1	Cu	ppm	3,6367	4,7267	5,5767
2	Pb	ppm	0,7517	0,8440	0,7150
Daun					
1	Cu	ppm	1,4000	2,8333	0,7367
2	Pb	ppm	0,3910	0,3700	0,2230



Gambar 6. Distribusi logam berat Cu pada sedimen, akar, dan daun



Gambar 7. Distribusi logam berat Pb pada sedimen, akar, dan daun

Tabel 4. Matrix koefisien korelasi pada logam Cu

	Sedimen	Akar	Daun
Sedimen	1	*	*
Akar	-0,4694	1	*
Daun	-0,7439	-0,2410	1

Tabel 5. Matrix koefisien korelasi pada logam Pb

	Sedimen	Akar	Daun
Sedimen	1	*	*
Akar	-0,2905	1	*
Daun	-0,5547	0,6350	1

Tabel 6. Akumulasi logam berat Cu dan Pb pada berbagai spesies mangrove

Spesies	Akumulasi (ppm)		Sumber
	Akar	Daun	
<i>Rhizophora mucronata</i>	Cu = 4,6467 Pb = 0,7702	Cu = 1,6567 Pb = 0,3280	Syarifah (2013)
<i>Rhizophora mucronata</i>	Cu = 12,17 Pb = 53,89	Cu = 2,07 Pb = 85,48	Hamzah dan Setiawan (2010)
<i>Rhizophora mucronata</i>	Cu = 24,431±0,51	Cu = 18,056±1,70	Handayani (2006)
<i>Rhizophora apiculata</i>	Cu = 4,81 Pb = 22,45	Cu = 2,93 Pb = 4,3	Kamaruzzaman <i>et al.</i> (2008)
<i>Avicenia marina</i>	Cu = 23,674±0,63	Pb = 16,567±0,65	Handayani (2006)
<i>Avicenia marina</i>	Cu = 4,81 Pb = 18,21	Cu = 4,13 Pb = 5,39	Kamaruzzaman <i>et al.</i> (2011)

Faktor biokonsentrasi (BCF) dan faktor translokasi (TF)

Faktor biokonsentrasi atau BCF pada daun dan akar dihitung untuk mengetahui seberapa besar daya akumulasinya terhadap logam berat Cu dan Pb yang terdapat di sedimen. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai BCF seperti pada Tabel 7, dimana BCF setiap logam berat berbeda nilainya pada bagian akar maupun daun.

Pada Tabel 7 dapat kita lihat bahwa nilai faktor konsentrasi rata-rata tertinggi yaitu BCF Pb pada akar sebesar 1,3116, kemudian disusul oleh BCF Cu pada akar sebesar 0,5609, BCF Pb pada daun sebesar 0,5118, dan BCF Cu pada daun sebesar 0,1992.

Faktor translokasi akan semakin tinggi nilainya jika faktor konsentrasi di daun lebih besar dibandingkan dengan di akar. Hasil perhitungan TF di setiap stasiun dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 7. Nilai faktor konsentrasi (BCF) Cu dan Pb pada akar dan daun

		Stasiun			Rata-Rata
		1	2	3	
BCF Cu	Akar	0,2890	0,8565	0,5371	0,5609
	Daun	0,1134	0,4197	0,0645	0,1992
BCF Pb	Akar	0,8281	1,8048	1,3018	1,3116
	Daun	0,4350	0,6911	0,4092	0,5118

Tabel 8. Translokasi logam berat Cu dan Pb di Karangsong, Indramayu

	Parameter	Stasiun			Rata-Rata
		1	2	3	
TF	Akar	0,3923	0,4899	0,1202	0,3341
	Daun	0,5253	0,3829	0,3143	0,4075

Pembahasan

Sedimen mengandung logam berat Cu dan Pb tertinggi, kemudian disusul oleh akar dan daun. Tingginya logam berat pada sedimen dikarenakan logam berat bersifat mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen (Hutagalung 1991a). Dari uraian tersebut dapat disampaikan bahwa bahan organik juga merupakan faktor penting yang menyebabkan tingginya logam berat pada sedimen. Seperti yang dilaporkan pada hasil penelitian Bar-Tal *et al.* (1988) dalam Kamaruzzaman *et al.* (2011) bahwa jumlah bahan organik yang ditemukan di tanah memengaruhi *bioavailability* Pb dan Cu di sedimen.

Tumbuhan mangrove dapat menyerap logam berat dan menyimpannya dalam jaringan tubuh, seperti daun, batang, dan akar, sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran di tanah sedimen dan air. Peran tumbuhan mangrove dalam mengeliminasi logam berat dikenal dengan istilah fitoremediasi. Proses remediasi terjadi karena tumbuhan dapat melepaskan senyawa kelat, seperti protein dan glukosida, yang berfungsi mengikat logam dan dikumpulkan di jaringan tubuh (Jones *et al.* 2000 dalam Setyawan 2008).

Bagian tumbuhan mangrove yang paling banyak menyerap logam berat Cu dan Pb adalah akar. Akar berinteraksi secara langsung dengan sedimen sehingga sangat memungkinkan baginya untuk mengakumulasi logam berat dengan konsentrasi yang tinggi. Menurut Andani dan Purbayanti (1981) dalam Taryana (1995), jika konsentrasi suatu ion jenuh

lebih tinggi ditemukan di dalam akar daripada di pucuk, itu merupakan bukti kuat untuk lokalisasi ekstraseluler.

Tanaman dengan keadaan *stress* sering kali mengalokasikan sebagian besar hasil fotosintesisnya ke organ penyimpanan yang terdapat di bawah permukaan tanah. Cu dan Pb banyak diakumulasikan dalam akar kemungkinan besar karena akar mempunyai toleransi inheren yang lebih tinggi terhadap toksin dibandingkan dengan daun atau pucuk. Menurut Tyler (1976) dalam Taryana (1995) Cu merupakan salah satu logam yang memperlihatkan akumulasi di dalam akar. Hal tersebut menunjukkan penumpukan logam berat pada bagian akar mangrove sehingga konsentrasinya lebih tinggi daripada di sedimen.

Akumulasi logam berat Cu dan Pb pada daun memiliki konsentrasi lebih rendah dibandingkan dengan logam berat yang terakumulasi pada akar. Selain akar, daun juga merupakan salah satu organ tumbuhan yang dijadikan tempat mengakumulasi logam berat. Selain dapat dijadikan sebagai tempat lokalisasi dalam usaha penanggulangan (ameliorasi) untuk meminimumkan pengaruh toksin pada tumbuhan, pada daun juga dapat terjadi proses eksresi secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif dengan akumulasi pada daun tua yang diikuti dengan absisi daun (gugurnya daun) (Fitter dan Hay 1991 dalam Rohmawati 2007).

Besarnya akumulasi Cu dan Pb pada daun mencerminkan faktor translokasinya, kandungan logam berat pada daun yang tidak jauh berbeda dengan akar atau bahkan lebih tinggi daripada akar menunjukkan faktor translokasi yang tinggi, artinya mobilisasi

logam tersebut dari akar ke daun sangat baik. Proses masuknya Cu dan Pb ke dalam jaringan tanaman melalui penyerapan oleh akar, kemudian disalurkan melalui xilem ke semua bagian tanaman sampai ke daun, akan tetapi proses masuknya logam Pb bisa juga dengan cara penempelan partikel Pb pada daun dan masuk ke dalam jaringan daun melalui celah stomata (Dahlan 1986 dalam Saepulloh 1995). Hal tersebut wajar saja terjadi mengingat Pb bisa dihasilkan dari asap buangan kendaraan seperti kapal dan proses industri di daerah Karangsong.

Suharto (2005) menyebutkan bahwa senyawa Pb dalam keadaan kering dapat terdispersi di dalam udara sehingga kemudian terhirup pada saat bernapas dan sebagian akan menumpuk di kulit dan atau terserap oleh daun tumbuhan. Begitupula menurut Defew *et al.* (2004), logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran, dan dispersi, kemudian diserap oleh organisme yang hidup di perairan.

Faktor konsentrasi (BCF) tertinggi logam Cu dan Pb yaitu terdapat pada akar daripada di daun, maka dapat kita simpulkan bahwa akar memiliki kemampuan akumulasi yang lebih baik terhadap logam berat yang terdapat pada sedimen dibandingkan dengan daun. Meskipun demikian, kemampuan akumulasi akar ini masih tergolong rendah jika kita bandingkan dengan indeks faktor biokonsentrasi menurut Van Esch (1977) dalam Suprapti (2008), karena nilai BCF <100.

Nilai faktor translokasi logam Pb lebih besar daripada Cu. Nilai TF suatu logam berat menggambarkan mobilitas logam tersebut dari akar ke daun. Faktor Translokasi dapat dipengaruhi oleh sifat esensial atau tidaknya logam tersebut bagi tumbuhan. Translokasi logam dari akar ke daun untuk logam esensial (Cu) lebih rendah dibandingkan pada logam non esensial (Pb) (Rachmawati *et al.* 2018). Rendahnya nilai TF pada logam esensial menunjukkan bahwa mangrove menggunakan logam tersebut untuk aktivitas metabolisme dan pertumbuhan.

Kandungan logam berat Cu pada sedimen, akar, dan daun nilainya lebih tinggi daripada logam berat Pb. Kandungan Cu yang tinggi ini dapat bersumber dari alam maupun limbah dari aktivitas manusia. Sumber alamiah Cu seperti adanya erosi dari batuan mineral, dari debu atau partikulat Cu yang ada dilapisan udara kemudian dibawa turun oleh air hujan. Sedangkan Cu

yang berasal dari aktivitas manusia yakni berupa limbah industri seperti industri pengolahan kayu, limbah rumah tangga, dan lain-lain (Palar 1994). Beberapa industri yang terdapat di sekitar Karangsong dan sepanjang Sungai Prajagumiwang adalah industri batik yang menghasilkan limbah cair pewarnaan batik yang mengandung Cu, industri pembuatan kapal yang menggunakan cat yang mengandung Cu sebagai anti fouling. Selain itu, Cu termasuk logam esensial bagi tumbuhan, sehingga tumbuhan memang menyerap logam Cu dari lingkungannya untuk kebutuhan fisiologis dan metabolismenya, akan tetapi dalam jumlah yang sedikit. Cu sangat berguna untuk pertumbuhan jaringan tumbuhan terutama jaringan daun dimana terdapat fotosintesis (Kamaruzzaman *et al.* 2008). Cu juga mempunyai fungsi sebagai salah satu mikronutrien yang diperlukan di dalam mitokondria dan kloroplas, enzim yang berhubungan dengan transpor elektron II, proses fotosintesis dan metabolisme karbohidrat dan protein serta sebagai dinding sel lignin (Verkleij dan Schat 1990 dalam Hamzah dan Setiawan 2010). Menurut Jaqob dan Uexkull (1963) dalam Napitupulu (2008), tembaga diserap oleh akar tanaman dalam bentuk Cu^{2+} , berperan dalam proses oksidasi, reduksi dan pembentukan enzim. Sumber logam berat Pb di perairan Karangsong secara alami tersebar pada batuan dan lapisan kerak bumi, sumber lainnya yaitu dari bahan bakar kendaraan dan cat (Darmono 1995).

Logam Pb bukan unsur esensial maka itu terakumulasi lebih sedikit di tumbuhan. Apabila jumlah logam berat tersebut melebihi batas normal yang dapat ditolerir oleh tumbuhan maka akan memengaruhi perubahan morfologi proses kimia, biokimia, fisiologi, dan struktur tumbuhan. Beberapa gejala yang terlihat secara morfologi yaitu seperti klorosis, perubahan warna, nekrosis, dan kematian seluruh bagian tumbuhan (Luncang 2005 dalam Panjaitan 2009). Secara biokimia Pb dapat menghambat sistem enzim dalam mengkonversi asam amino, dan bila tumbuhan keracunan Pb maka dapat mengurangi laju pertumbuhan tumbuhan (Saepulloh 1995). Penambahan konsentrasi Cu, Hg, atau Ag akan mengakibatkan kehilangan K^+ dan perubahan menjadi kasar (Puckket 1976 dalam Taryana 1995).

Hasil pengukuran parameter fisika kimia pada ketiga stasiun menunjukkan nilai yang sesuai dengan baku mutu yang

ditetapkan KEPMEN LH No. 51 tahun 2004 untuk pertumbuhan optimal bagi mangrove. Parameter suhu, pH, dan salinitas air yang diukur secara insitu tersebut sebenarnya memiliki pengaruh besar terhadap konsentrasi logam berat di perairan. Hasil penelitian Waldichuk (1974) dalam Hutagalung (1991a) menunjukkan kenaikan suhu, penurunan pH dan salinitas perairan menyebabkan tingkat bioakumulasi semakin besar, demikian juga toksisitasnya (Hutagalung 1991b). Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air, ketika pH naik maka akan terjadi perubahan kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur (Palar 2004). Salinitas juga ikut mempengaruhi akumulasi logam berat di permukaan sedimen, disebutkan bahwa peningkatan salinitas dapat mengganggu proses oksidasi dan beberapa logam berat seperti Cr, Cu, Pb, dan Zn dapat melewati lapisan oxic dan kembali ke kolom air, sehingga menurunkan konsentrasi di daerah yang lebih dekat kelaut (Du Laing *et al.* 2008 dalam Kamaruzzaman *et al.* 2011).

Tipe substrat pada Stasiun 1 didominasi liat, Stasiun 2 didominasi oleh debu, dan pada Stasiun 3 didominasi oleh pasir. Perbedaan fraksi sedimen yang mendominasi menggambarkan letak stasiun, dimana Stasiun 3 yang paling dekat ke laut. Logam berat yang terlarut dalam air akan berpindah ke dalam sedimen jika berikatan dengan materi organik bebas atau materi organik yang melapisi permukaan sedimen dan penyerapan langsung oleh permukaan partikel sedimen, sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih besar daripada di air. Materi organik dalam sedimen dan kapasitas penyerapan logam sangat berhubungan dengan ukuran partikel dan luas permukaan penyerapan, sehingga konsentrasi logam dalam sedimen biasanya dipengaruhi ukuran partikel dalam sedimen (Wilson *et al.* 1985 dalam Arisandi 2001).

Hasil analisis logam berat Cu dan Pb pada sedimen di ketiga stasiun menunjukkan nilai yang tinggi di Stasiun 1 dengan tipe substrat liat, hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Kamaruzzaman *et al.* (2011) yang menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran fraksi sedimennya, maka semakin besar akumulasi logam berat dalam sedimen tersebut dan pada akhirnya akan meningkatkan akumulasi logam berat dalam akar. Begitu pula menurut Bernhard (1981) dalam Erlangga (2007)

konsentrasi logam berat tertinggi terdapat dalam sedimen yang berupa lumpur, tanah liat, pasir berlumpur, dan campuran dari ketiganya dibandingkan dengan yang berupa pasir murni. Hal serupa dikatakan Zanganeh *et al.* (2008) yang mengatakan bahwa partikel halus akan memiliki daya adsorpsi logam yang lebih tinggi. Jadi, pada tanah, semakin halus teksturnya semakintinggi kekuatannya untuk mengikat logam berat. Oleh karena itu, tanah yang bertekstur liat memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat lebih tinggi daripada tanah berpasir.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Kandungan logam berat Cu pada akar dan daun pohon *Rhizophora mucronata* lebih besar daripada Pb, akan tetapi masih lebih rendah daripada sedimen. Hal tersebut mengindikasikan daya akumulasi akar yang lebih besar daripada daun.
2. Pohon mangrove *Rhizophora mucronata* dapat dijadikan akumulator logam berat Cu dan Pb, walaupun kemampuannya masih tergolong rendah.

Saran

Penelitian serupa perlu dilakukan dengan menganalisis kandungan logam berat pada bagian batang mangrove dengan spesies dan jenis logam yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi P. 2001. Mangrove Jenis Api-Api (*Avicennia marina*) Alternatif Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pesisir. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah. <http://terranet.or.id>. [8 Mei 2013].
- Besperi B. 2019. Pengaruh Hutan Bakau terhadap Sedimentasi. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*. 3(1): 33-38.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta (ID): UI Press.
- Defew LH, James MM, Hector MG. 2004. An Assessment of Metal Contamination in Mangrove Sediments and Leaves from Punta Mala Bay, Pacific

- Panama. *Marine Pollution Bulletin*. 50: 547-552.
- Erlangga. 2007. Efek Pencemaran Perairan Sungai Kampar di Provinsi Riau terhadap Ikan Baung (*Hemibagrus nemurus*) [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Greenland DJ, Hayes NHB. 1981. *The Chemistry of Soil Processes*. New York (US): John Wiley and Sons Ltd.
- Hamzah F, Setiawan A. 2010. Akumulasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 2(2): 41-52.
- Handayani T. 2006. Bioakumulasi Logam Berat dalam Mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* di Muara Angke Jakarta. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 7(3): 266-270.
- Hutagalung HP. 1991a. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat dalam Beberapa Perairan Indonesia*. Jakarta (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Hutagalung HP. 1991b. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat dalam Beberapa Perairan Indonesia*. Jakarta (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
- Indramayu Post. 2012. Limbah Industri Cemari Sungai Prajagumiwang. <http://www.indramayupost.com/2012/09/limbah-industri-cemari-sungai.html>. [23 Maret 2013].
- Kamaruzzaman BY, Ong MC, Jalal KCA, Shahbudin S, Nor OM. 2008. Accumulation of Lead and Copper in *Rhizophora apiculata* from Setiu Mangrove Forest, Terengganu, Malaysia. *Journal of Environmental Biology*. 30(5): 821-824.
- Kamaruzzaman BY, Sharlinda RMZ, John AB, Waznah SA. 2011. Accumulation and Distribution of Lead and Copper in *Avicennia marina* and *Rhizophora apiculata* from Balok Mangrove Forest, Pahang, Malaysia. *Sains Malaysiana*. 40(6): 555-560.
- [KEPMEN LH] Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut. Jakarta (ID): Kementerian Lingkungan Hidup.
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York (US): John Wiley and Sons.
- Napitupulu M. 2008. Analisis Logam Berat Seng, Kadmium, dan Tembaga pada Berbagai Tingkat Kemiringan Tanah Hutan Tanaman Industri PT. Toba Pulp Lestari dengan Metode Spektrometri Serapan Atom (SSA) [Tesis]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Palar H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta (ID): Rineka Cipta.
- Panjaitan GY. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon *Avicennia marina* di Hutan Mangrove [Skripsi]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Rachmawati, Yono D, Kastowati RD. 2018. Potensi Mangrove *Avicennia alba* sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) di Perairan Wonorejo, Kota Surabaya. *Jurnal Kelautan*. 11(1): 80-87.
- Rochyatun E, Edward, Rozak A. 2003. Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr, Mn, & Fe dalam Air Laut dan Sedimen di Perairan Kalimantan Timur. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 35: 51-71.
- Rohmawati. 2007. Daya Akumulasi Tumbuhan *Avicennia marina* terhadap Logam Berat (Cu, Cd, Hg) di Pantai Kenjeran Surabaya [Skripsi]. Malang (ID): Universitas Islam Negeri Malang.
- Saepulloh C. 1995. Akumulasi Logam Berat (Pb, Cd, Ni) pada Jenis *Avicennia marina* di Hutan Lindung Mangrove Angke-Kapuk DKI Jakarta [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Setyawan AD. 2008. *Biodiversitas Ekosistem Mangrove di Jawa; Tinjauan Pesisir Utara dan Selatan Jawa Tengah*. Surakarta (ID): Universitas Sebelas Maret.
- Suharto. 2005. Dampak Pencemaran Logam Timbal (Pb) terhadap Kesehatan Masyarakat. *Majalah Kesehatan Indonesia*. <http://www.pdpersi.co.id>. [23 Maret 2013].
- Suprpti NH. 2008. Kandungan Chromium pada Perairan, Sedimen, dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Sayung, Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*. 10(2): 53-56.
- Syarifah M. 2013. Akumulasi Logam Berat

- Tembaga dan Timbal pada Pohon Mangrove (*Rhizophora mucronata*) di Perairan Karangsong, Indramayu [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Taryana AT. 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 1 Jawa Tengah [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Zanganeh AHP, Lakhani VC, Vazyari M. 2008. Geochemical Associations and Grain Size Partitioning of Heavy Metals in Nearshore Sediments along the Iranian Coast of the Caspian Sea. Proceedings of the 12th World Lake Conference. <http://wldb.ilec.or.jp/data/ilec>. [23 Maret 2013].