



Akumulasi logam berat Pb dan Cu pada akar dan daun mangrove *Avicennia marina* di Sungai Lamong, Jawa Timur

Heavy metals accumulation (Pb and Cu) in the roots and leaves of *Avicennia marina* in Lamong River, East Java

Hikmah Farda Awaliyah^{1*}, Defri Yona², Dwi Candra Pratiwi³

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya; ² Marine Research Exploration and Management (MEXMA) Group, Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya; ³ Coastal Resilience and Climate Change Adaptation (CORECT) Group, Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Jl. Veteran Kode Pos 65145 Malang, Indonesia. *Email Korespondensi : fardaaw@gmail.com

Received: 31 May 2018

Accepted: 28 August 2018

Abstract. Mangrove ecosystem of Lamong River is located in an area with dense human activities such as industrial, heavy traffic, settlements and harbour activities. These activities could triggered the input of heavy metals, especially Pb and Cu. Mangrove ecosystem can be developed as a control of heavy metal pollution and also as a pollutant trap. In this study, the analysis of heavy metals (Pb and Cu) in water, sediment and mangrove's roots and leaves were measured. The aim of this study was to determine the ability of *Avicennia marina*'s roots and leaves in absorbing heavy metals (Pb and Cu). Samples were obtained and then analysed by AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). The result showed that heavy metal concentrations of Pb were in the range of 0.11 mg/L - 16.87 mg/L and Cu in the range of 0.001 mg/L - 34.84 mg/L. *Avicennia marina* in the study site was categorized as excluder based on $BCF < 1$ and phytoextraction due to $TF > 1$. The results of this study indicate that *Avicennia marina* can be developed into phytoremediation agents because they was able to absorb and transfer heavy metals from the environment to their plant tissues.

Keywords: BCF; TF; *Avicennia marina*; Heavy metal; Lamong River

Abstrak. Ekosistem mangrove Sungai Lamong terletak di area yang padat aktivitas manusia seperti aktivitas industri, lalu lintas yang padat, pemukiman dan pelabuhan. Hal tersebut memicu masukan logam berat, khususnya Pb dan Cu. Ekosistem mangrove dapat dikembangkan sebagai pengendalian pencemaran logam berat dan dapat juga digunakan sebagai *pollutant trap*. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Avicennia marina* dalam menyerap logam berat Pb dan Cu dari lingkungannya. Sampel dianalisa menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Hasil konsentrasi logam berat Pb berkisar antara 0,11 mg/L – 16,87 mg/L dan Cu berkisar antara 0,001 mg/L – 34,84 mg/L. *Avicennia marina* di lokasi penelitian bersifat *excluder* karena nilai $BCF < 1$ dan fitoekstraksi karena nilai $TF > 1$. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mangrove *Avicennia marina* dapat dikembangkan menjadi agen fitoremediasi karena mampu menyerap dan mentransfer logam berat dari lingkungan ke jaringan tubuh yang lain.

Kata kunci: BCF; TF; *Avicennia marina*; Logam berat; Sungai Lamong



Pendahuluan

Perairan Sungai Lamong merupakan sungai terbesar yang bermuara di Teluk Lamong dan memisahkan wilayah Gresik - Surabaya. Kali Lamong terletak di area yang padat aktivitas manusia seperti industri, jalur lalu lintas yang padat, pemukiman dan pelabuhan. Pernyataan Geraldly (2017) menyebutkan bahwa wilayah sekitar Sungai Lamong merupakan area Zona Industri Besar Polutan karena terdapat kegiatan industri besar dengan luas sebesar 181,46 ha atau mencapai 5,01 % dari luas kecamatan Gresik dan Kebomas sehingga dapat menjadi penyumbang logam berat di perairan Kali Lamong, seperti Pb dan Cu.

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah kota Surabaya dalam Perda Kota Surabaya Nomor 3 Tahun 2007 menjelaskan bahwa kawasan muara Sungai Lamong digunakan sebagai zona I pengembangan wilayah laut yang berfungsi sebagai 2 wilayah pengembang pelabuhan (*waterfront city*) dan alur pelayaran kapal besar. Aktivitas manusia seperti buangan industri dan aktivitas pelabuhan dapat memicu masukan logam berat Pb dan Cu (Palar, 2012). Berdasarkan Laporan Pengendalian Pencemaran Kawasan Pesisir dan Laut Tahun 2012 oleh Badan Lingkungan Hidup Surabaya (2012), wilayah sekitar perairan Sungai Lamong terjadi pencemaran logam berat Cu pada air sungai dengan konsentrasi yang melebihi baku mutu sebesar 0.015 mg/kg.

Input logam berat di perairan Sungai Lamong juga dapat berasal dari atmosfer dan pemukiman setempat. Lokasi penelitian yang dekat dengan jalur PANTURA menghasilkan polusi udara yang berasal dari asap dari kendaraan bermotor dan cerobong pabrik. Menurut Siregar (2005), logam berat menjadi salah satu sumber pencemaran udara di kota-kota besar, diantaranya adalah Pb dan Cu. Proses masuknya logam berat dari atmosfer ke perairan turun bersama dengan air hujan.

Oleh karena itu diperlukan tindakan untuk mengurangi masukan polutan di perairan, salah satunya dengan memanfaatkan ekosistem mangrove. Mangrove *Avicennia marina* mampu menyerap polutan pada bagian akar dan melokalisasikan ke bagian lain seperti daun. Penelitian ini menggunakan perhitungan BCF untuk mengetahui kemampuan mangrove dalam menyerap polutan dari lingkungan ke bagian akar, dan perhitungan TF untuk mengetahui kemampuan akar dalam mendistribusikan dan melokalisasi ke bagian yang lain.

Peran ekosistem mangrove di lokasi penelitian dapat dikembangkan sebagai media untuk menetralkan limbah secara alami, pengendali pencemaran logam berat dan juga sebagai *pollutant trap*. Pemilihan penggunaan mangrove *Avicennia marina* karena jenis mangrove tersebut tersebar hampir di semua area Kali Lamong sehingga dapat digunakan sebagai pembanding. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Avicennia marina* dalam menyerap logam berat Pb dan Cu di ekosistem mangrove Sungai Lamong.

Bahan dan Metode

Pengumpulan data lapang

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret – April 2017 di kawasan ekosistem mangrove Sungai Lamong. Metode penentuan stasiun pada penelitian ini dilakukan secara *purposive sampling*. Terdapat 4 stasiun (Tabel 1) yang dipilih berdasarkan karakteristik ekosistem mangrove di Kali Lamong (Gambar 1). Pengumpulan data dilakukan sebanyak dua kali pengulangan pada setiap stasiun, meliputi data parameter lingkungan (suhu, salinitas, pH air dan DO) dan sampel penelitian (air, sedimen, akar dan daun mangrove *Avicennia marina*). Setiap pengulangan dilakukan secara komposit sehingga cukup mewakili area penelitian.

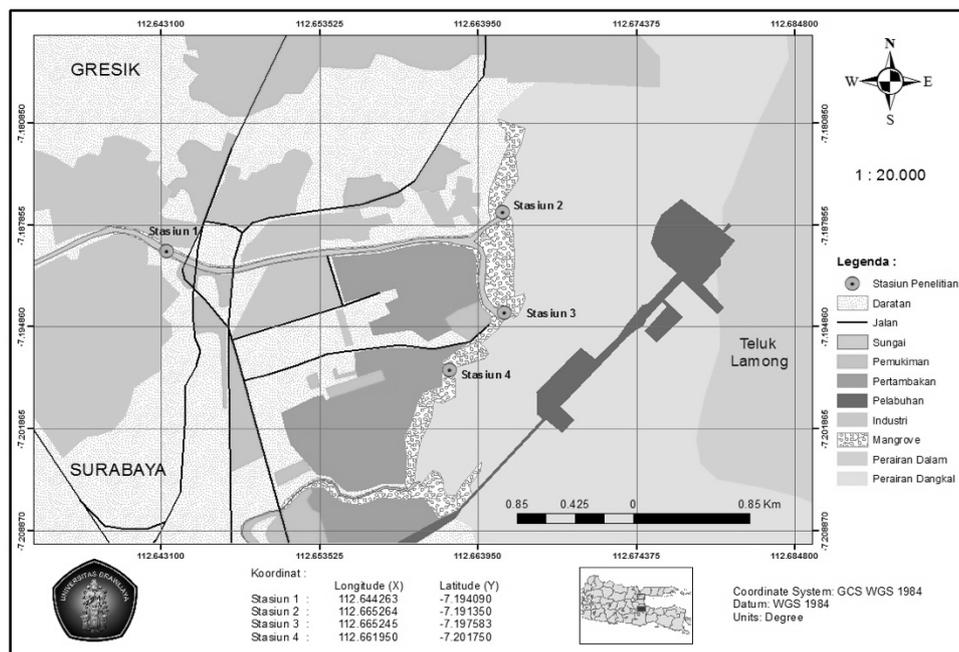
Sampel air diambil sebanyak 500 ml pada kedalaman ± 30 cm dari permukaan air pada saat pasang. Sampel air dimasukkan ke dalam botol polietilen dan ditambahkan dengan larutan asam nitrat (HNO_3) agar $\text{pH} < 2$ (Supriyantini dan Soenardjo, 2016). Pengambilan sampel sedimen menggunakan PVC dengan diameter 5 cm dan panjang 200 cm untuk



kedalaman sedimen 30 cm. Sampel sedimen pada tiap stasiun diambil sebanyak ± 1 kg dengan dua kali pengambilan titik di stasiun yang sama (Supriyantini dan Soenardjo, 2016).

Tabel 1. Karakteristik stasiun penelitian

Stasiun	Karakteristik
1	Terletak di sempadan Kali Lamong, dekat dengan industri dan aktivitas lalu lintas jalur pantura.
2	Terletak di percabangan muara Kali Lamong (delta) dan dekat dengan Pantai Karang Kering
3	Terletak di Pulau Galang yang merupakan pulau hasil sedimentasi pada percabangan pertama muara Kali Lamong (delta), dan dekat pemukiman.
4	Terletak dekat dengan tambak.



Gambar 1. Lokasi DAS Sungai Lamong yang menunjukkan lokasi penelitian

Sampel akar mangrove *Avicennia marina* diambil dengan menggunakan transek ukuran 5 m x 5 m pada jarak 10 meter setiap transek. Penggunaan transek untuk menghindari pengambilan pohon yang sama pada dua titik dalam stasiun yang sama. Akar berasal dari *Avicennia marina* dalam kategori pohon yang mempunyai diameter 15-30 cm, berupa akar pensil (bagian akar yang berada di dalam sedimen), berdiameter ± 1 cm dan panjang 20-30 cm sebanyak 8 buah (Arisandy *et al.*, 2012).

Sampel daun *Avicennia marina* yang diambil masih satu pohon dengan pohon yang diambil sampel akarnya. Karakteristik daun yang digunakan berwarna hijau tua, memiliki panjang ± 10 cm dan lebar ± 5 cm. Pengambilan sampel daun sebanyak 8 lembar tiap pengambilan sampel (Arisandy *et al.*, 2012).

Analisa data laboratorium

Teknik pengujian sampel di laboratorium terdiri atas prosedur preparasi logam berat pada sampel air, sedimen, akar dan daun mangrove *Avicennia marina*, yang selanjutnya dianalisis dengan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

Tahapan preparasi sampel air dengan cara mengambil sampel air sebanyak 100 ml, kemudian menambahkan 10 ml HNO₃ untuk mengikat logam berat yang larut dalam air. Setelah itu, memanaskan sampel air dalam *hot plate* sampai volume berkurang 30 ml,



menambahkan aquades hingga volume mencapai 100 ml dan diendapkan. Sampel air yang telah diendapkan kemudian disaring dengan kertas saring untuk menyaring fasa airnya. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis menggunakan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) (Lestaningrum, 2013).

Prosedur preparasi sedimen berdasarkan modifikasi penelitian yang dilakukan oleh Wawakhi (2015) dengan cara menghaluskan sampel sedimen. Selanjutnya, sampel sedimen yang sudah dihaluskan dikeringkan dalam oven selama ± 3 jam dengan suhu 105°C untuk mengurangi kadar air di dalamnya. Sampel lalu ditumbuk hingga halus agar memperluas luas permukaan sebelum ditambahkan HNO_3 . Sampel yang sudah ditumbuk ditimbang sebanyak 1 gram kemudian dilarutkan dengan 4 ml HNO_3 pekat (65%) dan didiamkan selama 24 jam. Penambahan HNO_3 untuk memutus ikatan senyawa kompleks organologam sehingga dapat mengikat logam berat dengan baik. Sampel sedimen lalu dipanaskan dengan *hotplate* selama 5-10 menit dengan suhu 150°C - 200°C . HNO_3 sebagai oksidator kuat ketika larutan tersebut dipanaskan dapat mempercepat proses pemutusan organologam menjadi organik. Langkah selanjutnya menambahkan aquadest hingga volumenya mencapai 20 ml, kemudian diendapkan. Sampel sedimen yang telah diendapkan kemudian disaring dengan kertas saring untuk menyaring fasa airnya. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

Prosedur preparasi akar dan daun berdasarkan modifikasi penelitian yang dilakukan oleh Wawakhi (2015) dengan memotong kecil-kecil akar dan daun lalu dimasukkan dalam oven selama ± 3 jam dengan suhu 105°C . Setelah itu, sampel akar dan daun ditumbuk hingga halus. Langkah selanjutnya hampir sama seperti prosedur preparasi sedimen. Sampel akar dan daun yang sudah halus ditimbang sebanyak 1 gram untuk dilarutkan dengan 4 ml HNO_3 pekat (65%) dan didiamkan selama 24 jam. Sampel akar dan daun dipanaskan dengan *hot plate* selama 5 – 10 menit dengan suhu 150°C – 200°C . Kemudian menambahkan aquadest hingga volumenya mencapai 20 ml, dan diendapkan. Sampel kemudian disaring dengan kertas saring untuk dan larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis menggunakan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS).

Perhitungan parameter

Faktor biokonsentrasi (BCF)

Perhitungan BCF untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi logam berat pada akar yang berasal dari lingkungan. Menurut (MacFarlane *et al.*, 2003) BCF dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{BCF} = \frac{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Akar}}{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Sedimen}}$$

Menurut Baker (1981), suatu tanaman dalam mengakumulasi logam berat dapat dibedakan menjadi 3 bagian yaitu : $\text{BCF} > 1$ = Akumulator, $\text{BCF} < 1$ = Excluder, $\text{BCF} = 1$ = Indikator

Faktor translokasi (TF)

Perhitungan TF untuk mengetahui perpindahan akumulasi logam berat dari akar ke tunas (MacFarlane *et al.*, 2007). Perhitungan BCF dan TF dapat digunakan untuk menentukan status tumbuhan sebagai fitoekstraksi ($\text{TF} > 1$) dan fitostabilisasi ($\text{TF} < 1$). TF dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{TF} = \frac{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Daun}}{\text{Konsentrasi Logam Berat pada Akar}}$$

Analisis data

Data disajikan dalam tabel dan grafik selanjutnya dianalisis secara deskriptif dengan menghubungkan temuan dengan referensi-referensi terkait.

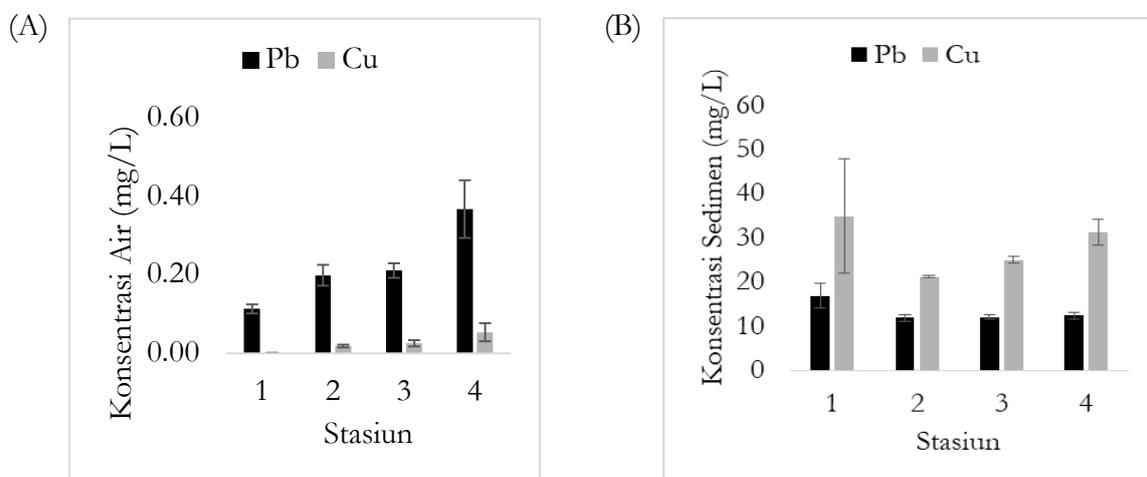
Hasil

Parameter lingkungan suhu dan pH pada ekosistem mangrove di Kali Lamong mempunyai variasi yang tidak terlalu besar pada setiap stasiun (Tabel 2). Nilai rata-rata suhu di lokasi penelitian sebesar $31,45^{\circ}\text{C} \pm 0,42$. Nilai rata-rata salinitas pada lokasi penelitian sebesar $9,88\text{‰} \pm 2,65$. Nilai rata-rata DO sebesar $8,26 \text{ mg/L} \pm 0,11$. Konsentrasi logam berat pada air di Kali Lamong (Gambar 2A) secara umum untuk nilai rata-rata Pb dan Cu sebesar $0,22 \text{ mg/L} \pm 0,03$ dan $0,025 \text{ mg/L} \pm 0,01$. Nilai rata-rata konsentrasi logam berat di sedimen secara umum untuk Pb dan Cu sebesar $13,31 \text{ mg/L} \pm 1,20$ dan $28,04 \text{ mg/L} \pm 4,21$ (Gambar 2B).

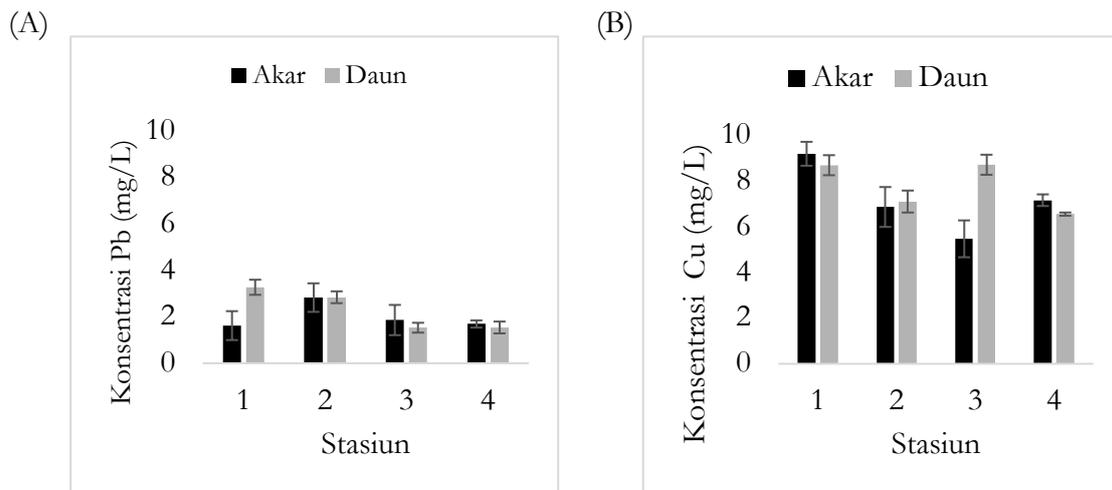
Konsentrasi logam berat pada akar dan daun mangrove *Avicennia marina* di Kali Lamong (Gambar 3A) secara umum untuk nilai rata-rata Pb pada akar dan daun sebesar $2,00 \text{ mg/L} \pm 0,51$ dan $2,30 \text{ mg/L} \pm 0,26$, serta secara umum untuk nilai rata-rata Cu pada akar dan daun (Gambar 3B) sebesar $7,17 \text{ mg/L} \pm 0,61$ dan $7,76 \text{ mg/L} \pm 0,36$. Hasil perhitungan BCF dan TF (Tabel 3) menghasilkan nilai BCF Pb lebih rendah (0,16) daripada BCF Cu (0,26).

Tabel 2. Rata-rata parameter lingkungan selama penelitian

Stasiun	Parameter Lingkungan			
	Suhu ($^{\circ}\text{C}$) \pm Standar Deviasi	Salinitas (‰) \pm Standar Deviasi	pH \pm Standar Deviasi	DO (mg/L) \pm Standar Deviasi
1	$29,5 \pm 0,07$	$1,0 \pm 0,00$	$7,22 \pm 0,17$	$10,4 \pm 0,14$
2	$31,5 \pm 1,48$	$8,5 \pm 2,12$	$7,21 \pm 0,03$	$9,7 \pm 0,14$
3	$33,0 \pm 0,00$	$11,5 \pm 0,71$	$7,16 \pm 0,06$	$7,8 \pm 0,14$
4	$32,1 \pm 0,14$	$18,5 \pm 7,78$	$7,26 \pm 0,18$	$5,15 \pm 0,07$
Rata-rata	$31,45 \pm 0,42$	$9,88 \pm 2,65$	$7,21 \pm 0,12$	$8,26 \pm 0,11$



Gambar 2. Grafik distribusi logam berat; (A). pada air, (B). pada sedimen



Gambar 3. Grafik distribusi logam berat pada akar dan daun; a. Pb, b. Cu

Tabel 3. Pehitungan nilai BCF, TF dan FTD

Stasiun	Pb		Cu	
	BCF	TF	BCF	TF
1	0,10	2,02	0,26	0,95
2	0,24	1,01	0,32	1,03
3	0,15	0,82	0,22	1,59
4	0,14	0,91	0,23	0,91
Rata-rata	0,16	1,19	0,26	1,12

Pembahasan

Parameter lingkungan

Nilai rata-rata suhu di lokasi penelitian sebesar $31,45^{\circ}\text{C} \pm 0,42$. Faktor yang mempengaruhi suhu pada saat di lapang adalah cuaca, kerapatan vegetasi dan radiasi sinar matahari. Selanjutnya, nilai rata-rata pH sebesar $7,21 \pm 0,12$. Kondisi ini menunjukkan bahwa ekosistem mangrove Kali Lamong memiliki sebaran pH merata (homogen) dari hulu sungai hingga ke muara sungai. Nilai rata-rata salinitas pada lokasi penelitian sebesar $9,88\text{‰} \pm 2,65$. Nilai rata-rata salinitas di ekosistem mangrove Kali Lamong mendapat pengaruh masukan air tawar yang cukup banyak. Terjadi peningkatan salinitas dari stasiun 1 hingga stasiun 4. Semakin dekat letak stasiun dengan muara sungai semakin tinggi salinitas dengan mendekati salinitas laut.

Nilai rata-rata DO sebesar $8,26 \text{ mg/L} \pm 0,11$. Seiring dengan dekatnya stasiun 3 dan 4 dengan muara sungai nilai rata-rata DO semakin rendah. Rendahnya nilai DO di daerah dekat muara sungai berhubungan dengan kekeruhan air laut akibat sedimentasi lumpur, wilayah bertemu dan terkumpulnya limbah dari beberapa titik dan meningkatnya aktivitas mikroorganisme dalam memanfaatkan DO (bioproses). Perbandingan konsentrasi logam berat di air dan sedimen di lokasi penelitian menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi di sedimen, baik Pb maupun Cu. Konsentrasi logam berat di kolom air dapat berubah-ubah karena air yang terus bergerak sehingga dapat menyebabkan perpindahan logam berat,



sedangkan sedimen mampu mengakumulasi logam berat yang berasal dari kolom air. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan berikatan dengan partikel-partikel sedimen sehingga konsentrasi logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air (Tarigan *et al.*, 2003).

Penelitian di ekosistem mangrove Sungai Lamong menghasilkan konsentrasi logam berat Pb pada air lebih tinggi dibandingkan konsentrasi logam berat Cu (Gambar 2A). Terlepas dari faktor besarnya *input* logam berat Pb dan Cu di lokasi penelitian, sifat logam berat Cu yang dapat terikat kuat pada bahan organik akan menurunkan mobilitasnya di perairan sehingga akan lebih mudah mengendap di sedimen (Gultom *et al.*, 2011; Supriyantini dan Soenardjo, 2016).

Kandungan logam berat Pb dan Cu pada air mengalami peningkatan konsentrasi seiring dengan semakin dekatnya dengan muara sungai (ke arah stasiun 4). Logam berat yang larut dalam air akan terbawa sampai ke muara dan terakumulasi sehingga konsentrasinya relatif besar karena mudah terdistribusi. Kadar logam berat dari hulu ke hilir makin lama makin meningkat seiring dengan bertambahnya polutan yang masuk ke dalam air sungai. Pernyataan ini diperkuat oleh Armid (2015) yang menjelaskan dalam penelitiannya di Teluk Kendari bahwa konsentrasi logam berat di hulu sungai lebih rendah disebabkan oleh besarnya adsorpsi oleh padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi akan mengalami adsorpsi logam berat terlarut yang berkisar 15 – 83% di perairan air tawar atau sungai. Logam berat yang larut dalam air sungai akan diadsorpsi oleh partikel halus (*suspended solid*). Lalu terbawa oleh aliran sungai hingga ke muara kemudian mengendap dan mengalami proses sedimentasi.

Konsentrasi logam berat Cu pada sedimen di lokasi penelitian lebih tinggi dibandingkan konsentrasi logam berat Pb. Hal tersebut karena sifat dari logam Cu yang memiliki daya larut yang rendah dan mudah mengendap sehingga memicu besarnya keberadaan Cu di dalam sedimen (Kristanti *et al.*, 2007). Kemampuan beberapa logam berat dalam berikatan dengan asam amino mengikuti urutan sebagai berikut: Hg > Cu > Ni > Pb > Co > Cd sehingga bila dibandingkan antara Pb dan Cu maka logam yang paling besar keberadaannya dapat diserap adalah logam Cu. Kandungan logam Pb yang merupakan golongan logam berat non-essensial terakumulasi lebih sedikit di sedimen (Hutagalung, 1991).

Kandungan logam berat Pb dan Cu pada sedimen secara umum mengalami peningkatan seiring dengan dekatnya lokasi dengan muara sungai, namun pada stasiun 1 akumulasinya paling tinggi bila dibandingkan dengan stasiun yang lain. Tingginya konsentrasi logam berat Pb dan Cu di stasiun 1 karena lokasi tersebut terletak dekat dengan sumber pencemaran berupa aktivitas industri (industri cat dan kayu, limbah domestik) dan lalu lintas yang padat sehingga dapat mempengaruhi konsentrasi yang lebih besar bila dibandingkan dengan stasiun yang lain. Aktivitas manusia tersebut mempengaruhi perairan di sekelilingnya, salah satunya melalui polusi di udara yang akan membawa turun senyawa Pb dan Cu oleh air hujan dan masuk ke badan perairan. Pada kurun waktu yang lama akhirnya terakumulasi dan mengendap pada sedimen di sekitar stasiun 1. Logam berat yang masuk ke dalam perairan akan mengalami proses pengendapan, pengenceran dan dispersi dan akan terakumulasi ke dalam sedimen (Amin *et al.*, 2011).

Tipe sedimen di lokasi penelitian berupa substrat lumpur juga mempengaruhi kandungan logam berat. Substrat lumpur yang halus di lokasi penelitian berperan sebagai *sink* (penyerap) kontaminan logam berat sehingga dapat mengandung konsentrasi logam berat yang tinggi bila dibandingkan dengan substrat lain yang mempunyai fraksi yang lebih besar (Arifin dan Fadhlina, 2009). Hal tersebut disebabkan karena partikel sedimen yang halus memiliki luas permukaan yang besar dengan kerapatan ion yang lebih stabil untuk mengikat logam daripada partikel sedimen yang lebih besar (Sahara, 2009; Maslukah, 2013). Urutan tipe sedimen dari butiran halus ke besar dan kemampuan dalam mengikat logam berat, antara lain lumpur > lumpur berpasir > pasir.

***Distribusi logam berat pada akar dan daun *Avicennia marina****

Konsentrasi logam berat Pb jauh lebih rendah daripada konsentrasi logam berat Cu, baik di jaringan akar maupun jaringan daun. Konsentrasi logam berat pada jaringan tumbuhan berhubungan dengan konsentrasi logam berat di sedimen. Tingginya konsentrasi Cu pada akar dan daun dikarenakan tingginya Cu pada sedimen, sedangkan rendahnya konsentrasi Pb pada akar dan daun dikarenakan rendahnya Pb pada sedimen. Selain itu, Pb merupakan logam yang sangat rendah daya larutnya bersifat pasif dan mempunyai daya translokasi yang rendah mulai dari akar sampai organ tumbuhan lainnya. *Avicennia marina* merupakan jenis mangrove yang sangat ketat dalam proses penyerapan logam berat non esensial seperti Pb. Selain menyerap logam pada sedimen, akar-akar mangrove tersebut juga dapat menyerap logam yang terdapat pada kolom air, mengingat akar mangrove dapat terendam air saat air pasang (Supriyanti dan Soenardjo, 2016). Faktor mobilitas dan kelarutan berpengaruh pada akumulasi logam berat dalam tumbuhan. Kemampuan tumbuhan untuk mengakumulasi logam berat sesuai dengan urutan $Mn > Cr > Cu > Cd > Pb$ (Sinha, 1999). Hal tersebut menyebabkan besarnya konsentrasi Cu daripada konsentrasi Pb pada akar dan daun.

Hasil konsentrasi logam berat Pb di akar dan daun mempunyai nilai rata-rata konsentrasi di daun lebih tinggi daripada di akar sebesar $2,30 \text{ mg/L} \pm 0,26$ dan $2,00 \text{ mg/L} \pm 0,51$ namun nilai rata-rata tidak terpaut jauh antara daun dan akar. Urutan stasiun dengan penyerapan Cu lebih besar di daun, antara lain stasiun 1 > stasiun 3 > stasiun 2 > stasiun 4. Konsentrasi di daun pada stasiun 4 yang lebih rendah dari stasiun lain karena letak stasiun yang jauh dari aktivitas manusia. Stasiun yang paling berkontribusi pada besarnya konsentrasi Pb di daun adalah stasiun 1. Akumulasi Pb pada bagian daun merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan untuk dikumpulkan dalam satu organ. Stasiun 1 yang terletak dekat dengan kawasan industri dan lalu lintas jalan pantura yang padat daripada stasiun yang lain cenderung menghasilkan unsur Pb yang lebih besar daripada stasiun yang lain. Pb pada daun mendapat asupan yang berasal dari transport atmosfer sehingga Pb pada daun lebih tinggi. Tingginya logam Pb pada daun bisa terjadi melalui penempelan partikel Pb pada daun dan masuk ke dalam jaringan melalui stomata (Hamzah dan Pancawati, 2013). Nilai konsentrasi Pb pada akar paling tinggi terdapat pada stasiun 2 karena stasiun 2 berupa perairan yang cenderung lebih tertutup sehingga sirkulasi air lebih terbatas. Adanya sirkulasi air yang terbatas menyebabkan kemungkinan logam berat yang terakumulasi cenderung di lokasi itu saja (stasiun 2) sehingga penyerapan oleh akar cenderung lebih besar.

Berdasarkan distribusi logam berat Pb dan Cu pada akar dan daun *Avicennia marina* pada penelitian ini menunjukkan bahwa Pb dan Cu di daun lebih besar daripada di akar sehingga menunjukkan kemampuan akumulasi lebih tinggi terdapat pada jaringan daun. Daun mangrove mampu mengangkat dan menyimpan logam berat Pb dan Cu yang terdapat di perairan Sungai Lamong. Tingginya aktivitas manusia di lokasi penelitian menyebabkan kualitas udara rendah karena menghasilkan polusi udara yang dapat masuk ke dalam jaringan stomata. Hal tersebut juga diduga menjadi salah satu faktor penyebab tingginya konsentrasi logam berat di daun. Menurut Siregar (2005), logam berat menjadi salah satu sumber pencemaran udara di kota-kota besar. Akumulasi logam berat, termasuk Pb, dan Cu, di perkotaan berasal dari emisi gas kendaraan bermotor, industri, korosi bahan bangunan dan deposisi atmosfer (Lai *et al.*, 2007).

Tingginya hasil logam berat di daun juga didapatkan oleh Heriyanto dan Subiandono (2011) menggunakan *Avicennia marina* pada Sungai Donan yang menghasilkan konsentrasi rata-rata Pb lebih tinggi di daun ($109,77 \text{ mg/L}$) daripada di akar ($62,99 \text{ mg/L}$). Begitupula dengan penelitian yang dilakukan Usman (2013) terhadap *Avicennia marina* di bagian selatan Laut Merah menghasilkan konsentrasi rata-rata Cu lebih tinggi di daun (356 mg/L) daripada di akar ($207,5 \text{ mg/L}$). Namun berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Kathiresan *et al.*



(2014), konsentrasi logam berat Pb dan Cu lebih besar di akar *Avicennia marina* daripada di daun *Avicennia marina*. Proses penyerapan mangrove yang menghasilkan perbedaan bagian tanaman dalam akumulasi logam berat Pb dan Cu dapat dipengaruhi oleh sumber pencemar yang berkontribusi, ukuran mangrove, umur mangrove dan kerapatan mangrove (Chowdhury *et al.*, 2016; Kathiresan *et al.*, 2014; Hastuti, 2014).

Perhitungan BCF dan TF

Hasil perhitungan BCF dan TF digunakan untuk mengetahui kemampuan *Avicennia marina* di ekosistem Sungai Lamong dalam mengakumulasi dan translokasi logam berat Pb dan Cu. Biokonsentrasi berdasarkan kemampuan akar dalam penyerapan logam berat di sedimen. Akar *Avicennia marina* di lokasi penelitian mempunyai kecenderungan menyerap Cu lebih besar daripada Pb sehingga menghasilkan nilai BCF Pb lebih rendah (0,16) daripada BCF Cu (0,26) Nilai akumulasi konsentrasi tertinggi terdapat pada stasiun 2, baik Pb maupun Cu. Tingginya nilai BCF akar di stasiun 2 karena konsentrasi logam berat di sedimen lebih rendah dengan stasiun lain namun konsentrasi akar lebih besar.

Berdasarkan perhitungan nilai BCF yang kurang dari 1 menjadikan *Avicennia marina* di lokasi penelitian sebagai tumbuhan *excluder* yang dapat mencegah masuknya logam berat dari sedimen ke akar mangrove. Hal ini dibuktikan meskipun logam berat tinggi di perairan tetapi di jaringan, terutama akar cukup rendah. Namun tidak menutup kemungkinan ketika konsentrasi yang besar di sedimen menyebabkan terjadinya penyerapan oleh jaringan akar.

Nilai rata-rata TF *Avicennia marina* dari akar ke daun untuk logam esensial (Cu) lebih rendah bila dibandingkan dengan logam non esensial (Pb) sebesar 1,12 dan 1,19. Rendahnya nilai TF pada Cu menunjukkan bahwa mangrove menggunakan logam tersebut untuk aktivitas metabolisme dan pertumbuhan, sedangkan pada Pb proses mobilitas logam dari akar ke daun sangat tinggi. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, *Avicennia marina* terhadap logam berat Pb dan Cu di ekosistem mangrove Sungai Lamong mempunyai kemampuan fitoekstraksi karena TF lebih dari 1. Tanaman dengan TF lebih dari 1 diklasifikasikan sebagai tanaman dengan efisiensi tinggi untuk translokasi logam berat dari akar ke bagian tanaman yang berada di atas tanah, khususnya pada stasiun 1 untuk logam berat Pb dengan nilai TF tertinggi sebesar 2,02, dan stasiun 3 untuk logam berat Cu sebesar 1,59 karena konsentrasi logam berat di daun jauh lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi logam berat di akar. *Avicennia marina* di lokasi penelitian bila dikaitkan dengan nilai BCF yang kurang dari satu dan dianggap sebagai tumbuhan *excluder* tidak menutup kemungkinan terjadi penyerapan logam berat oleh akar walaupun bersifat terbatas dan langsung ditransfer ke bagian tumbuhan yang lain (daun). Namun tingginya konsentrasi di daun yang menyebabkan nilai translokasi tinggi tidak bisa diyakini murni dari akar karena daun juga dapat menyerap logam berat dari udara. Secara garis besar, berdasarkan perhitungan BCF dan TF didapatkan hasil bahwa *Avicennia marina* mampu mengurangi polutan logam berat dari lingkungan dengan proses penyerapan melalui akar dan translokasi menuju daun.

Menurut Kristanti *et al.* (2007), mangrove secara aktif dapat menghindari masukan logam berat yang berlebih dan memiliki daya *treatment* yang khas melalui organ akar. Logam berat yang masuk ke tumbuhan tergantung dari daya serap (absorpsi) pada akar. Logam-logam yang telah masuk ke dalam tumbuhan melalui akar akan didistribusikan ke daun dan disimpan pada daun. Selain dari proses translokasi, logam berat dari daun juga dapat berasal dari transport atmosfer melalui penempelan logam berat dari daun lalu masuk ke dalam stomata (Hamzah dan Pancawati, 2013).

Kesimpulan

Konsentrasi logam berat di ekosistem mangrove Sungai Lamong pada air lebih rendah bila dibandingkan dengan konsentrasi di sedimen karena sifat sedimen yang mengakumulasi



logam berat dari kolom air. Perbandingan konsentrasi di daun lebih besar dibandingkan dengan di akar karena diduga letak lokasi yang dekat dengan area industri, lalu lintas, pemukiman dan pelabuhan menyumbang input logam berat di daun. *Avicennia marina* di ekosistem Sungai Lamong bersifat *excluder* karena nilai BCF kurang dari 1 dan fitoekstraksi karena nilai TF lebih dari 1. *Avicennia marina* mampu menyerap polutan dari lingkungan melalui akar dan mendistribusikan ke bagian yang lain, khususnya daun.

Ucapan Terimakasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Pengelola Mangrove Romokalisari, Bapak Taufik selaku laboran Laboratorium Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim serta Ibu Siti Chotipah selaku laboran Laboratorium Hidrologi FPIK Universitas Brawijaya yang telah membantu peneliti selama penelitian berlangsung.

Daftar Pustaka

- Amin, B., E. Afriyani, M.A. Saputra. 2011. Distribusi spasial logam Pb dan Cu pada Sedimen dan air laut permukaan di Perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *Jurnal Teknobiologi*, 2: 1–8.
- Arifin, Z., D. Fadhlina. 2009. Fraksinasi logam berat Pb, Cd, Cu dan Zn dalam sedimen dan bioavailabilitasnya bagi biota di Perairan Teluk Jakarta. *Indonesian Journal of Marine Science*, 14(1): 27–32.
- Arisandy, K.R., E.Y. Herawati, E. Suprayitno. 2012. Akumulasi logam berat timbal (Pb) dan gambaran histologi pada jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di perairan pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*, 1: 15–25.
- Armid, 2015. Dstribusi spasial logam berat Pb pada Perairan Teluk Kendari, Sulawesi Tenggara. *Biowallacea*, 2: 220–228.
- Badan Lingkungan Hidup, 2012. Laporan pengendalian pencemaran kawasan pesisir dan laut Tahun 2012. BLHS, Surabaya.
- Baker, A.J.M., 1981. Accumulators and excluders strategies in the response of plants to heavy metals. *Journal of Plant and Nutrition*, 3: 643–654.
- Chowdhury, R., Y. Lyubun, P.J.C. Favas, S.K. Sarkar. 2016. Phytoremediation potential of selected mangrove plants for trace metal contamination in Indian Sundarban Wetland. Springer International Publication, Switzeland.
- Gerald, G., 2017. Determinasi kapitalisme industri dalam politik penataan ruang perkotaan di Kabupaten Gresik. *Jurnal Pemikiran Sosiologi*, 4(1): 25-41.
- Gultom, J., B. Amin, Y. Ikhwan. 2011. Kandungan logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada air laut dan sedimen di Perairan Batubara Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Kimia*, 3(2): 1-10.
- Hamzah, F., Y. Pancawati. 2013. Fitoremediasi logam berat dengan menggunakan mangrove. *Ilmu Kelautan Indonesia*, 18: 203–212.
- Hastuti, E.D., 2014. Variasi kandungan logam berat tembaga (Cu) pada kawasan ekosistem mangrove dan korelasinya dengan kerapatan mangrove di wilayah Pesisir Semarang dan Demak. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 22: 47–55.
- Heriyanto, N.M., E. Subiandono. 2011. Penyerapan Polutan logam berat (Hg, Pb dan Cu) oleh Jenis-jenis mangrove. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 8: 177–188.
- Hutagalung, H.P., 1991. Pencemaran laut oleh logam berat dalam beberapa perairan di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Kathiresan, K., K. Saravanakumar, P. Mullai. 2014. Bioaccumulation of trace elements by *Avicennia marina*. *Journal of Coastal Life Medicine*, 2: 888–894.



- Kristanti, R.A., Mursidi, Sarwono, 2007. Kandungan beberapa logam berat pada bakau (*Rhizophora apiculata*) di Perairan Bontang Selatan, Kalimantan Timur. *Jurnal Kehutanan Unmul*, 3(2): 185-200.
- Lai, O.M., Salmijah, B.S. Ismail, A. Aminah. 2007. The Impact of traffic causing lead exposure to malaysian school children. *Global Journal of Environtal Research*, 1: 43–48.
- Lestaningrum, R.A. 2013. Kandungan logam berat Pb dan gambaran histologi pada jaringan akar dan buah *Avicennia alba* di Kawasan Mangrove Gunung Anyar, Surabaya dan Kedawang, Pasuruan. FPIK UB, Malang.
- MacFarlane, G.R., C.E. Koller, S.P. Blomberg. 2007. Accumulation and Partitioning of heavy metals in mangroves: A synthesis of field-based studies. *Chemosphere*, 69: 1454–1464.
- MacFarlane, G.R., A. Pulkownik, M.D. Burchett. 2003. Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.: Biological Indication Potential. *Environtal Pollution*, 123: 139–151.
- Maslukah, L., 2013. Hubungan antara Konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cu, Zn dengan bahan organik dan ukuran butir dalam sedimen di Estuari Banjir Kanal Barat, Semarang. *Buletin Oseanografi Marina*, 2: 55–62.
- Palar, H., 2012. Pencemaran dan toksikologi logam berat. Rineka Cipta, Jakarta.
- Sahara, E., 2009. Distribusi Pb dan Cu pada Berbagai ukuran partikel sedimen di Pelabuhan Benoa. *Jurnal Kimia*, 3: 75–80.
- Sinha, S., 1999. Accumulation of Cu, Cd, Cr, Mn and Pb from Artificially contaminated soil by *Bacopa Monnieri*. *Environtal Monitoring and Assessment*, 57: 253–264.
- Siregar, E.B.M., 2005. Pencemaran udara, respon tanaman dan pengaruhnya pada manusia. *Lecturer Paper*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Supriyantini, E., N. Soenardjo. 2016. Kandungan logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada akar dan buah mangrove *Avicennia marina* di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18(2): 98-106.
- Tarigan, Z., Edward, A. Rozak. 2003. Kandungan logam berat Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni dalam air laut dan sedimen di Muara Sungai Membramo, Papua dalam kaitannya dengan kepentingan budidaya perikanan. *Makara Sains*, 7(3): 119-127.
- Usman, A.R.A., R.S. Alkredaa, M.I. Al-Wabel. 2013. Heavy metal contamination in sediments and mangroves from the Coast of Red Sea: *Avicennia marina* as potential metal bioaccumulator. *Ecotoxicology and Environtal Safety*, 97: 263–270.
- Wawakhi, S. 2015. Kajian *Avicennia alba* sebagai agen fitoremediasi upaya mengurangi konsentrasi logam berat Pb di ekosistem mangrove Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya. FPIK Universitas Brawijaya, Malang.

How to cite this article:

Awaliah, H.F., D. Yona, D.C. Pratiwi. 2018. Akumulasi logam berat Pb dan Cu pada akar dan daun mangrove *Avicennia marina* di Sungai Lamong, Jawa Timur. *Depik*, 7(3): 187-197.