

Potensi mangrove *Avicennia alba* sebagai agen fitoremediasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) di Perairan Wonorejo, Surabaya

Potential of Avicennia alba as an agent of phytoremediation heavy metal (Pb and Cu) in Wonorejo, Surabaya

Rachmawati Rachmawati^{1*}, Defri Yona^{1, 2}, Rarasrum Dyah Kasitowati¹

¹ Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang; ² Marine Research Exploration and Management (MEXMA) Research Group, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia 65145; * Email korespondensi: rachmawati540@gmail.com

Received: 15 April 2018

Accepted: 28 August 2018

Abstract. One of the regions in Surabaya which has accumulated the largest pollution levels was the region of Wonorejo. Wonorejo is an area that is used as a mangrove conservation. But, Pb and Cu are heavy metals that have been detected in high concentration in this region. *Avicennia alba* has been known to have the ability to absorb heavy metals so that mangrove can be used as phytoremediation agent. The purposes of this research were to analyze the concentration of heavy metals (Pb and Cu) in sediments, roots and leaves of *Avicennia alba*; to understand the potential of *Avicennia alba* as an agent of phytoremediation. The result showed that Cu concentration was higher than Pb concentration in sediment, roots and leaves. The concentrations of Cu were 4.13 ppm - 36.95 ppm and Pb between 3.28 ppm - 23.79 ppm. Based on bioconcentration factor (BCF) *Avicennia alba* was categorized as excluder (BCF<1) of both heavy metals, but concentration of translocation factor (TF) of Pb was categorized phytoextraction (TF>1) and Cu was categorized phytostabilization (TF<1). The result of the BCF and TF showed that *Avicennia alba* can absorb heavy metals (Pb and Cu) from the environment, however the mobility of the heavy metals in the mangrove will experience different phytoremediation mechanisms (phytostabilization for Cu; phytoextraction for Pb).

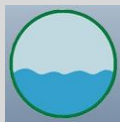
Keywords: *Avicennia alba*, Phytoremediation, Factor Bioconcentration, Factor Translocation, Heavy Metal (Pb and Cu)

Abstrak. Salah satu kawasan di Kota Surabaya yang mempunyai tingkat akumulasi pencemaran terbesar adalah wilayah Wonorejo. Wonorejo merupakan wilayah yang dimanfaatkan sebagai daerah konservasi mangrove. Namun, Pb dan Cu merupakan logam berat yang terdeteksi dalam jumlah yang tinggi pada wilayah ini. *Avicennia alba* mempunyai kemampuan menyerap logam berat sehingga mangrove dapat dijadikan sebagai agen fitoremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan Pb dan Cu yang terdapat dalam sedimen, akar dan daun *Avicennia alba*; untuk mengetahui potensi *Avicennia alba* sebagai agen fitoremediasi logam berat Pb dan Cu. Distribusi Pb dan Cu pada sedimen, akar dan daun menunjukkan Cu lebih tinggi dibandingkan Pb yang berkisar 4.13 ppm - 36.95 ppm untuk Cu dan 3.28 ppm - 23.79 ppm untuk Pb. Berdasarkan nilai faktor biokonsentrasi (BCF) maka *Avicennia alba* terkategori bersifat excluder (BCF<1) untuk kedua logam berat, namun berdasarkan faktor translokasi (TF) *Avicennia alba* bersifat fitoekstraksi (TF>1) terhadap Pb dan fitostabilisasi (TF<1) terhadap Cu. Berdasarkan hasil perhitungan BCF dan TF maka dapat disimpulkan bahwa *Avicennia alba* mampu untuk menyerap logam berat (Pb dan Cu) yang berada pada dilingkungannya namun mobiltas kedua logam berat pada mangrove akan mengalami mekanisme fitoremediasi yang berbeda (fitostabilisasi untuk Cu; fitoekstraksi untuk Pb).

Kata Kunci: *Avicennia alba*, Fitoremediasi, Faktor Biokonsentrasi, Faktor Translokasi, Logam Berat (Pb dan Cu)

Pendahuluan

Kota Surabaya merupakan salah satu kota yang mengalami perkembangan industri yang pesat. Berdasarkan data Pemerintah Surabaya pada tahun 2007 terdapat industri sebanyak 5.763 unit dan meningkat di tahun 2012 menjadi 7.721 unit industri yang meliputi



industri kimia, agro, hasil hutan, logam, mesin, dan elektronika (Pemerintahan Kota Surabaya, 2012). Peningkatan industri memiliki dampak positif seperti peningkatan lapangan pekerjaan dan ekonomi. Disisi lain perkembangan industri juga dapat berdampak negatif terhadap lingkungan salah satu contohnya pada tahun 1976 terdapat kematian ikan di daerah aliran sungai Kali Mas Surabaya (Lumaela *et al.*, 2013). Fakta tersebut terbukti diakibatkan oleh adanya pencemaran limbah domestik, sampah dan logam berat.

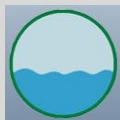
Salah satu kawasan perairan di daerah Kota Surabaya yang mempunyai tingkat akumulasi pencemaran terbesar yaitu pada wilayah Perairan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya. Berdasarkan penelitian terdahulu Pb disedimen pada wilayah Wonorejo ditemukan sebesar 31.47 ppm (Wahwakhi, 2015), sedangkan Cu pada sedimen ditemukan sebesar 2.82 ppm (Nastiti, 2016). Terlebih wilayah perairan ini juga menerima aliran air dari tiga sungai besar yaitu daerah aliran sungai (DAS) Kali Jagir Wonokromo, Wonorejo dan Gunung Anyar (Sari *et al.*, 2017).

Bahan pencemar yang menjadi sorotan utama pada kota-kota besar adalah logam berat. Logam berat di perairan yang terakumulasi berlebihan akan berdampak negatif bagi kehidupan. Masuknya timbal (Pb) dan tembaga (Cu) ke dalam perairan disebabkan oleh adanya dampak dari aktivitas manusia. Pb disedimen pada wilayah Wonorejo ditemukan sebesar 31.47 ppm (Wahwakhi, 2015), sedangkan Cu pada sedimen ditemukan sebesar 2.82 ppm (Nastiti, 2016). Pb yang terakumulasi berlebihan di dalam tanaman akan berdampak pada jaringan daun seperti klorosis, nekrosis dan bintik hitam (Suratno, 2013). Berbeda dengan Pb, Cu merupakan logam yang dibutuhkan pada organisme apabila kekurangan Cu maka daun akan kecil dan berwarna kuning, selain itu juga dapat berefek lanjutan yang mengakibatkan tumbuhan gagal memproduksi bunga (Purwiyanto, 2013).

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang mendominasi dan mendukung wilayah pesisir di muara sungai Wonorejo. *Avicennia alba* adalah salah satu jenis mangrove yang masuk ke dalam kategori mangrove pioner yang dapat beradaptasi di daerah lumpur dengan kadar garam yang tinggi (Rottassana dan Pongpurn, 2012). Status tersebut menyebabkan *Avicennia alba* hampir selalu ditemukan pada setiap ekosistem mangrove. Mangrove *Avicennia alba* juga mempunyai fungsi sebagai penyerap logam berat pada bagian akar. Berdasarkan fungsinya tersebut mangrove jenis *Avicennia* sp. dapat dijadikan sebagai agen fitoremediasi (Amin *et al.*, 2013).

Penelitian mengenai penyerapan logam berat oleh mangrove *Avicennia* sp. telah dilakukan di berbagai perairan di Indonesia. Mulyadi *et al.* (2009) melakukan penelitian di Muara Kali Wonorejo dan didapatkan hasil bahwa kandungan logam Cu pada akar *Avicennia* sp. mencapai 5.6 ppm. Penelitian lain yang dilakukan oleh Amin (2001) pada Perairan Dumai menunjukkan bahwa akumulasi logam Cu pada akar (2.0 - 5.1 ppm) dan daun (2,810-9,250 ppm). Penelitian yang sama juga dilakukn oleh Hamzah dan Setiawan (2010) pada Muara Angke Jakarta yang menunjukkan bahwa akar dan daun *Avicennia* sp. memiliki kandungan logam Cu sebesar 13,08-37,68 ppm dan 7,08-10,07 ppm, sedangkan kandungan Pb pada akar dan daun ditemukan sebesar 57.52 – 59.16 ppm dan 61.93 – 64.32 ppm. Penelitian pada Muara Angke ini juga menunjukkna bahwa rata – rata BCF dan TF untuk Cu < 1 sedangkan BCF dan TF untuk Pb > 1.

Hasil penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa mangrove *Avicennia alba* mampu untuk menyerap logam berat pada wilayah perairan. Penyerapan logam berat oleh *Avicennia alba* dapat melalui bagaian akar karena *Avicennia alba* memiliki sistem perakaran yang kompleks. Fungsi akar mangrove *Avicennia* sp. tersebut dapat dijadikan sebagai agen fitoremediasi (Amin *et al.*, 2013). Berdasarkan latar belakang diatas maka perlu dilakukan suatu penelitian yang menjelaskan mengenai kandungan logam berat Pb dan Cu yang berada pada sedimen, bagian akar dan daun mangrove *Avicennia alba*. Selain itu juga untuk mengetahui

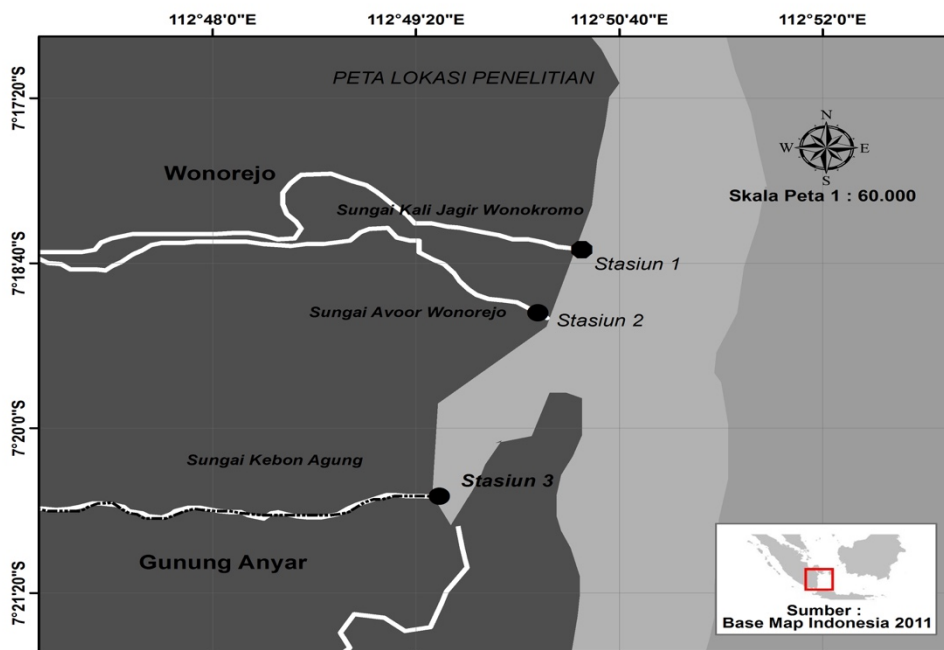


seberapa besar potensi fitoremediasi *Avicennia alba* dalam menyerap logam berat khususnya Pb dan Cu pada wilayah Wonorejo.

Bahan dan Metode

Lokasi dan waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret – April 2017 di perairan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya (Gambar 1). Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling* di tiga stasiun yang memiliki karakteristik yang berbeda. Stasiun 1 terletak pada koordinat S -7.305333° E 112.844396° tepat berada pada Muara Jagir Wonokromo. Stasiun 2 terletak pada koordinat S -7.322380° dan E 112.837502° dimana merupakan Muara Sungai Avoor. Stasiun 3 berada pada koordinat S -7.335058° dan E 112.829883° yang terletak pada Muara Sungai Kebon Agung.



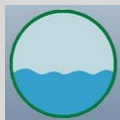
Gambar 1. Peta Kecamatan Rungkut yang menunjukkan lokasi Penelitian

Pengambilan sampel sedimen

Pengambilan sampel sedimen menggunakan pipa PVC berdiameter 5 cm dengan panjang 200 cm. Langkah awal untuk pengambilan sampel sedimen yaitu pipa PVC telah disiapkan dimasukkan ke dalam sedimen sehingga mencapai kedalaman ± 30 cm, diasumsikan pada kedalaman tersebut dapat mewakili polutan secara vertikal. Sampel yang telah diambil kira - kira sebanyak 1 kg secara acak. Pengambilan sampel dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali setiap stasiun sehingga sampel yang didapatkan disetiap stasiun adalah 9 sampel sedimen (Jupriyati *et al.*, 2013).

Pengambilan sampel akar

Mangrove yang dipilih adalah mangrove yang berukuran kurang lebih memiliki diameter 15 - 25 cm. Pemilihan ukuran ini dilandasi bahwa pada diameter tersebut mangrove dikategorikan sebagai pohon. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Arisandy *et al.* (2012) yang telah dimodifikasi, ukuran diameter akar yang akan diambil kira – kira 1 cm dengan panjang kira – kira 15 – 20 cm. Akar mangrove *Avicennia alba* yang diambil adalah akar yang terendam tanah dengan pengulangan 3 kali pada setiap stasiun, dengan rincian disetiap ulangan akar tersebut diambil dari 3 pohon mangrove yang berbeda sehingga sampel akar yang terambil sebanyak 9 sampel.



Pengambilan sampel daun

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Arisandy *et al.* (2012) yang telah dimodifikasi, daun yang diambil kira – kira memiliki panjang 10 cm dan lebar 5 cm. Daun *Avicennia alba* yang diambil adalah daun yang berasal dari pohon yang sama dengan pengambilan akar. Pengambilan daun juga dilakukan dengan 3 kali pengulangan pada setiap stasiun. Disetiap ulangan diambil dari 3 pohon yang berbeda maka jumlah sampel daun yang didapatkan sebanyak 9 sampel.

Pengukuran logam berat pada sedimen

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Wahwaksi (2015) yang telah dimodifikasi, langkah pertama kali yang dilakukan adalah sampel dikeringkan ke dalam oven dengan suhu 105°C sampai kadar airnya hilang. Selanjutnya sampel sedimen lalu ditumbuk hingga lembut selanjutnya ditimbang sebanyak 1 gr lalu dilarutkan dengan menambahkan 4 ml HNO₃ pekat (65%) yang berfungsi untuk mengikat logam berat, kemudian didiamkan selama 24 jam. Langkah selanjutnya adalah sampel dipanaskan dengan *hotplate* pada rentang suhu 150-200 °C selama ± 10 menit kemudian ditambahkan aquades sampai volume menjadi 20 ml. Larutan yang telah diendapkan disaring airnya dengan menggunakan kertas saring kasar. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan AAS.

Pengukuran logam berat pada akar dan daun

Cara analisis pada penelitian ini merupakan modifikasi dari penelitian yang telah dilakukan oleh Wahwaksi (2015) yang menyatakan bahwa, akar dan daun dipotong kecil – kecil terlebih dahulu selanjutnya akar dan daun dioven pada suhu 105°C sampai kadar airnya hilang. Akar dan daun selanjutnya ditumbuk menggunakan mortar dan alu setelah itu ditimbang sebanyak 1 gr lalu dilarutkan dengan menambahkan 4 ml HNO₃ (65%) pekat yang berfungsi untuk mengikat logam berat, kemudian didiamkan selama 24 jam. Kemudian dipanaskan diatas *hotplate* pada rentang suhu 150 - 200 °C selama ± 10 menit dan ditambahkan aquades hingga volumenya menjadi 20 ml. Larutan tersebut diendapkan dan disaring airnya dengan menggunakan kertas saring kasar. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan AAS.

Perhitungan bioconcentration factor (BCF)

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui terjadinya akumulasi logam pada mangrove yang dilakukan dengan cara menghitung kandungan logam yang ada pada sedimen dan akar. BCF pada akar dihitung untuk mengetahui seberapa besar kandungan logam pada akar yang berasal dari lingkungan (MacFarlane *et al.*, 2007). Rumus perhitungan BCF adalah sebagai berikut :

$$\left(\begin{array}{c} \text{Logam berat di akar} \\ \text{BCF} = \frac{\text{Logam berat di akar}}{\text{Logam berat di sedimen}} \\ \text{Logam berat di sedimen} \end{array} \right)$$

Menurut Baker (1981) kategori BCF dibagi menjadi 3 yaitu yang pertama akumulator apabila BCF > 1, yang kedua termasuk kategori Indikator apabila BCF = 1 dan yang terakhir termasuk kategori Excluder apabila BCF < 1.

Perhitungan translocation Factor (TF)

Faktor Translokasi (TF) adalah nilai perbandingan kandungan logam berat pada daun dan akar. Nilai TF dihitung untuk mengetahui perpindahan akumulasi logam dari akar ke bagian daun (MacFarlane *et al.*, 2003). TF dapat dihitung dengan rumus :

$$\left(\begin{array}{c} \text{Logam berat di daun} \\ \text{TF} = \frac{\text{Logam berat di daun}}{\text{Logam berat di akar}} \\ \text{Logam berat di akar} \end{array} \right)$$



Nilai TF menurut (Majid *et al.*, 2014) memiliki dua kategori yaitu yang pertama apabila $TF > 1$ maka termasuk ke dalam mekanisme fitoekstraksi, sedangkan apabila $TF < 1$ maka termasuk ke dalam mekanisme fitostabilisasi.

Hasil

Parameter lingkungan

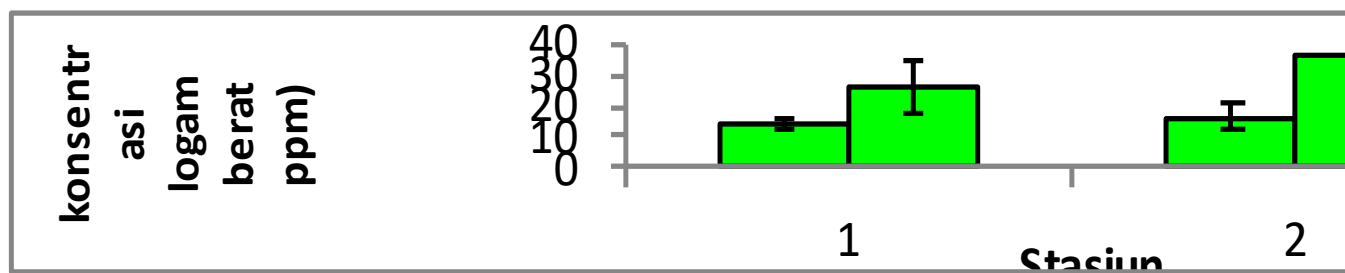
Data parameter lingkungan yang diukur pada lokasi penelitian terdiri dari parameter fisika dan parameter kimia (Tabel 1). Berdasarkan Tabel 1 didapatkan hasil bahwa pengukuran *Tabel 1. Rata – rata ($\pm Std.Deviasi$) Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan di* parameter lingkungan tidak berbeda jauh di setiap stasiun kecuali salinitas dan DO pada stasiun 1. Salinitas pada stasiun 1 menunjukkan hasil sebesar 3 ± 0.82 psu dan DO pada stasiun 1 sebesar 7.23 ± 0.86 mg/L.

Tabel 1. Nilai suhu, salinitas dan oksigen terlarut berdasarkan lokasi sampling

Stasiun	Parameter Lingkungan			
	Suhu ($^{\circ}C$)	Salinitas (psu)	pH	DO (mg/L)
1	31.53 ± 0.42	3 ± 0.82	7.04 ± 0.17	7.23 ± 0.86
2	31.7 ± 0.46	27 ± 0.82	7.04 ± 0.17	3.57 ± 0.35
3	32.43 ± 0.97	20.7 ± 1.25	7.08 ± 0.13	4.33 ± 1.37

Kandungan Pb dan Cu pada sedimen

Hasil pengukuran Pb dan Cu pada sedimen menunjukkan pola distribusi yang sama yaitu stasiun 3 > stasiun 2 > stasiun 1, dimana tanda (>) menunjukkan lebih besar (Gambar 2). Rata – rata nilai Pb pada stasiun 3 ($20.79 \text{ ppm} \pm 0.90$) diikuti stasiun 2 ($16.67 \text{ ppm} \pm 3.53$) dan stasiun 1 ($14.49 \text{ ppm} \pm 1.66$). Nilai rata – rata kandungan Cu pada sedimen lebih besar dibandingkan dengan Pb. Nilai rata – rata Cu pada stasiun 3 ($36.95 \text{ ppm} \pm 1.85$) diikuti stasiun 2 ($35.35 \text{ ppm} \pm 11.49$) dan stasiun 1 ($25.93 \text{ ppm} \pm 7.85$).



Gambar 2. Rata – rata Kandungan Pb dan Cu Pada Sedimen

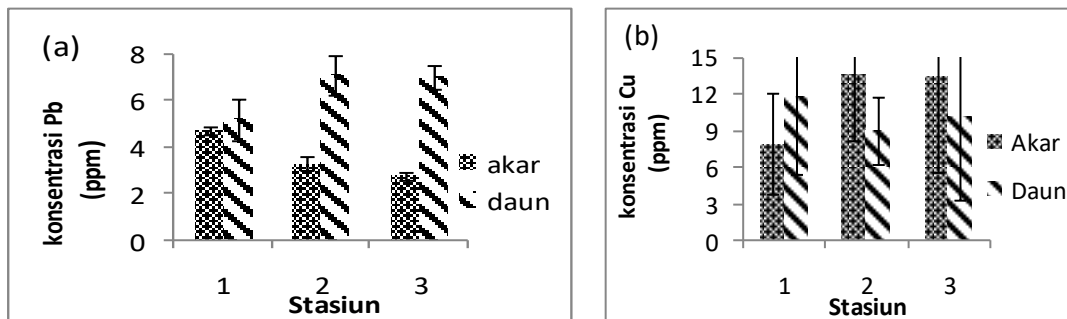
Kandungan Pb dan Cu pada akar dan daun

Berdasarkan hasil pengukuran AAS menunjukkan trend bahwa kandungan $Cu > Pb$ baik pada akar maupun daun (Gambar 3). Tingginya Cu dibanding dengan Pb diduga karena ketersediaan Cu pada lingkungan (sedimen) juga lebih tinggi dibandingkan Pb. Rata – rata kandungan Pb di daun pada stasiun 1, 2 dan 3 lebih tinggi di daun daripada di akar (Gambar 3a). Kandungan Pb di daun pada stasiun 1 ($5.19 \text{ ppm} \pm 0.91$), stasiun 2 ($7.09 \text{ ppm} \pm 0.81$), dan



stasiun 3 (7.01 ppm ± 0.49). Sedangkan kandung Pb di akar pada stasiun 1 (4.71 ppm ± 0.19), stasiun 2 (3.28 ppm ± 0.30), dan stasiun 3 (3.28 ppm ± 0.30).

Rata – rata kandungan Cu di daun dan di akar bervariasi tiap – tiap stasiun (Gambar 3b). Stasiun 2 dan 3 mempunyai akumulasi logam berat di akar (13.35 - 13.49 ppm) lebih tinggi dari di daun (9.03 – 10.05 ppm), sedangkan pada stasiun 1 berkebalikan dimana akumulasi lebih banyak di daun (11.79 ppm) dari pada di akar (4.13 ppm). Hasil pengukuran Cu pada akar di stasiun 1 cenderung lebih rendah (7.91 ppm ± 4.13) daripada stasiun 2 (13.49±5.27) dan stasiun 3 (13.35 ppm ± 7.70). Tingginya kandungan logam berat yang berada di akar pada stasiun 2 dan stasiun 3 terjadi karena berbagai kemungkinan. Salah satu faktor yang menyebabkan tingginya Cu pada stasiun 2 dan 3 diduga disebabkan karena akumulasi Cu pada sedimen di stasiun 2 (35.35 ppm) dan 3 (36.95 ppm) lebih tinggi daripada stasiun 1 (25.93 ppm). Hal tersebut menyebabkan penyerapan Cu oleh akar pada stasiun 2 dan 3 juga tinggi.



Gambar 3. Rata - rata Kandungan logam berat pada akar dan daun *Avicennia alba* (a. Pb ; b. Cu)

BCF dan TF

Secara umum nilai BCF Cu tidak jauh berbeda dengan BCF Pb dimana BCF kedua logam berat tersebut kurang dari 1. Hasil BCF < 1 terlihat pada semua stasiun penelitian. Berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa untuk logam berat Pb mangrove *Avicennia alba* mempunyai nilai TF > 1 (1.94), sedangkan untuk nilai TF untuk Cu berbeda yaitu TF < 1 (0.97).

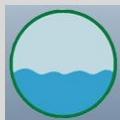
Tabel 2. Tabel Perhitungan BCF dan TF

NO	Stasiun	Pb		Cu	
		BCF	TF	BCF	TF
1	1	0.33	1.10	0.31	1.49
2	2	0.20	2.16	0.38	0.67
3	3	0.13	2.55	0.36	0.75
Rata-rata		0.22	1.94	0.35	0.97

Pembahasan

Parameter lingkungan

Berdasarkan hasil penelitian parameter lingkungan (Tabel 1) didapatkan nilai salinitas pada stasiun 1 yang cukup rendah dibanding stasiun lainnya. Rendahnya salinitas pada stasiun 1 dikarenakan stasiun ini berada di perairan payau yang mendapatkan masukan air dari daratan secara langsung disamping itu jarak antara muara dengan laut terbuka cukup jauh



dibandingkan dengan muara pada stasiun 2 dan stasiun 3 yang terpengaruhi langsung oleh laut lepas. Pengukuran parameter lingkungan pada stasiun 1 dilakukan ketika air masih dalam surut. Hal tersebut juga mempengaruhi nilai salinitas dimana salinitas akan lebih rendah karena pengaruh air tawar yang lebih dominan, sehingga nilai salinitas stasiun 1 lebih rendah dari stasiun 2 dan 3. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Deri *et al.* (2013) nilai salinitas pada perairan pesisir sangat dipengaruhi oleh masuknya air tawar dari sungai.

Hasil pengukuran DO menunjukkan bahwa DO pada stasiun 1 lebih tinggi dibandingkan stasiun 2 dan 3 dikarenakan pada stasiun ini merupakan stasiun yang aktif digunakan untuk lalu lintas perahu para nelayan untuk mencari ikan karena lebar muara yang memang cukup besar dari muara yang lain. Aktivitas tersebut menyebabkan turbulensi antara permukaan laut dan atmosfer di atasnya yang cukup tinggi sehingga oksigen yang berada di udara akan cepat masuk ke dalam perairan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Simanjuntak (2012), oksigen terlarut dalam air dapat berasal dari difusi udara.

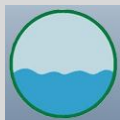
Distribusi kandungan Pb dan Cu pada sedimen

Pola distribusi logam berat baik Pb maupun Cu pada ketiga stasiun menunjukkan pola yang sama dimana kandungan Pb pada sedimen (Gambar 2) yang tertinggi adalah pada stasiun 3 ($20.79 \text{ ppm} \pm 0.90$) diikuti stasiun 2 ($16.67 \text{ ppm} \pm 3.53$) dan terakhir stasiun 1 ($14.49 \text{ ppm} \pm 1.66$). Nilai rata-rata kandungan Cu juga tertinggi pada stasiun 3 ($36.95 \text{ ppm} \pm 1.85$) diikuti stasiun 2 ($35.35 \text{ ppm} \pm 11.49$) dan stasiun 1 ($25.93 \text{ ppm} \pm 7.85$). Faktor yang mempengaruhi perbedaan kandungan logam di tiap-tiap stasiun adalah perbedaan masukan limbah domestik dan industri yang membawa limbah padat dan cair pada tiap-tiap stasiun (Sulistiyati *et al.*, 2013). Parameter lingkungan juga berhubungan dengan kelarutan logam berat. Salah satu faktor yang mempengaruhi akumulasi logam berat adalah DO. Keberadaan oksigen terlarut yang rendah akan mengakibatkan terendapnya logam berat pada sedimen semakin cepat (Supriyantini dan Endrawati 2015). Hal tersebut sesuai dengan hasil pada penelitian ini yang membuktikan bahwa tingginya DO pada stasiun 1 menyebabkan rendahnya konsentrasi logam berat pada stasiun 1 dibanding dengan stasiun lainnya.

Distribusi kandungan Pb dan Cu pada akar dan daun

Hasil perhitungan Pb pada mangrove menunjukkan bahwa kandungan Pb di daun pada stasiun 1, 2 dan 3 lebih tinggi di daun daripada di akar (Gambar 3a). Tingginya kandungan Pb di daun dari pada di akar dapat disebabkan oleh keberadaan Pb pada wilayah Kota Surabaya mempunyai sumber yang banyak di udara (Mukhtar *et al.*, 2013). Pb yang berasal dari udara dapat masuk ke dalam mangrove melalui daun dan stomata (Rangkuti, 2014). Selain itu faktor lain yang dapat mengakibatkan tingginya Pb di daun adalah adanya mobilitas dari akar ke daun yang cukup tinggi, dari mobilitas tersebut menyebabkan adanya upaya lokalisasi logam berat pada satu organ mangrove misalnya daun (Barutu *et al.*, 2011). Sesuai dengan pernyataan Supriyantini dan Endrawati (2015) yang menjelaskan bahwa mekanisme penyerapan logam berat oleh mangrove secara umum melalui akar yang berasal dari sedimen maupun dari kolom perairan lalu di distribusikan ke bagian tumbuhan yang lain.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa rata-rata kandungan Cu di daun dan di akar bervariasi tiap-tiap stasiun (Gambar 3b). Jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Nastiti (2016) di perairan Wonorejo didapatkan kandungan Cu *Avicennia* sp. di akar berkisar antara 29.7-41.69 ppm. Hal tersebut menunjukkan bahwa kandungan Cu pada akar di wilayah Wonorejo pada tahun 2017 mengalami penurunan. Perbedaan terlihat pada stasiun 1 dimana konsentrasi Cu lebih tinggi di daun daripada di akar. Hal tersebut diduga karena pada stasiun 1 morfologi dari mangrove di stasiun 1 lebih tua dibandingkan pada stasiun 2 dan 3. Ditandai dengan tingginya mangrove pada stasiun 1 yaitu $\pm 3-4$ meter sedangkan pada stasiun 2 yaitu $\pm 2-3$ meter. Barutu *et al.*



(2011) menjelaskan bahwa banyaknya akumulasi pada daun merupakan usaha lokalisasi yang dilakukan oleh tumbuhan yaitu mengumpulkannya dalam satu organ baik intraseluler maupun ekstraseluler. Usaha lokalisasi ini bisa terjadi pada daun atau bagian yang lainnya. Pada daun nantinya akan terjadi suatu proses ekskresi secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif dengan akumulasi pada daun dengan ditandai lepasnya daun tua.

Bioconcentration factor (BCF) dan Translocation Factor (TF)

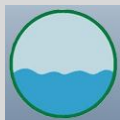
Perhitungan BCF dan TF dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan mangrove *Avicennia alba* dalam menyerap logam berat. Hasil perhitungan BCF dan TF dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan data dalam Tabel 2 nilai rata – rata BCF Pb pada akar kurang dari 1. Apabila dibandingkan dengan hasil BCF pada penelitian yang dilakukan oleh Wahwakhi (2015) di perairan yang sama dimana BCF pada akar lebih dari satu. Berdasarkan penelitian tersebut maka terdapat perbedaan nilai BCF yang cukup berbeda disetiap stasiun, hal tersebut diduga karena pengambilan sampel di titik yang berbeda namun dalam perairan yang sama.

Hasil perhitungan BCF Cu pada akar menunjukkan bahwa $BCF < 1$. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aprianti, (2010) menunjukkan bahwa mangrove *Avicennia* sp. pada perairan yang sama mempunyai nilai $BCF > 1$. Perbedaan nilai BCF tersebut diduga karena spesies yang digunakan pada penelitian tersebut berbeda sehingga penyerapannya juga berbeda. Angka tersebut ($BCF < 1$) menunjukkan bahwa *Avicennia alba* terkategori tanaman *excluder* terhadap kedua logam berat (Pb ; Cu). *Excluder* merupakan sifat dimana tumbuhan membatasi penyerapan logam berat pada lingkungannya baik sedimen maupun air namun ketika masuk ke tubuh tumbuhan maka logam berat akan mudah ditranslokasikan ke bagian tubuh yang lain atau ke biomasa di atasnya (Yoon *et al.*, 2006).

BCF yang kurang dari 1 juga dapat disebabkan karena pengambilan sampel dan analisis logam berat dilakukan hanya satu kali, sehingga hasil penelitian ini hanya merepresentasikan serapan logam berat saat penelitian dilakukan. Seiring dengan bertambahnya waktu dan aktivitas manusia maka serapan pada mangrove juga akan berbeda (Purwiyanto, 2013). Nilai rata-rata TF yang lebih dari 1 bermakna tumbuhan tersebut mampu mentranslokasikan logam berat dari akar ke organ yang lain. Meskipun terdapat perbedaan pada hasil perhitungan TF Cu di stasiun 2 dan 3 namun sebenarnya hasil tersebut mendekati 1.

Pada umumnya translokasi logam dari akar ke daun untuk logam *essensial* (Cu dan Zn) sangat rendah dibandingkan pada logam *non-essensial* (Pb). Rendahnya nilai TF pada logam *essensial* menunjukkan bahwa mangrove menggunakan kedua logam tersebut untuk aktivitas metabolisme dan pertumbuhan. Sedangkan untuk logam *non-essensial*, proses mobilitas logam dari akar ke daun sangat tinggi, karena logam tersebut tidak digunakan pada proses metabolisme sehingga ada usaha untuk melokalisasi logam berat pada bagian tertentu sehingga logam berat tersebut dapat didegradasi atau diecerkan.

Nilai TF menurut Majid *et al.* (2014) memiliki dua kategori yaitu fitoekstraksi dan fitostabilisasi. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa untuk logam berat Pb maka mangrove *Avicennia alba* berfungsi sebagai fitoekstraksi karena nilai $TF > 1$ (1.94). Fitoekstraksi diartikan sebagai proses dimana akar tumbuhan menyerap polutan dan selanjutnya ditranslokasikan ke dalam organ tumbuhan. Pada proses fitoekstraksi ini logam berat diserap oleh akar tanaman dan ditranslokasikan ke tajuk untuk diolah kembali atau dibuang pada saat tanaman dipanen atau gugur (Yoon *et al.*, 2006). Hal yang sama juga diungkapkan oleh Pilon-Smits (2005) yang menyatakan bahwa fitoekstraksi adalah proses fitoremediasi yang digunakan untuk mengekstrak polutan dan mengumpulkannya dalam jaringan tumbuhan tertentu lalu nantinya dapat terdegradasi atau menguap ke udara.



Berdasarkan perhitungan TF Cu mangrove *Avicennia alba* pada penelitian ini berfungsi sebagai fitostabilisasi karena nilai TF < 1 (0.97). Fitoekstraksi dan fitostabilisasi merupakan mekanisme dalam fitoremediasi. Keduanya mampu untuk mendegradasi logam berat namun dengan mekanisme yang berbeda. Cara kerja fitostabilisasi adalah menggunakan kemampuan akar mengubah kondisi lingkungan. Tumbuhan akan menghentikan pergerakan logam yang diserap dan diakumulasi oleh akar, kemudian diserap dan diendapkan dalam rizosfer (Hamzah dan Pancawati, 2013). Fitostabilisasi menunjukkan bahwa tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan polutan pada zona akar (Hidayati, 2005).

Kesimpulan

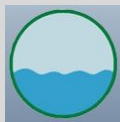
Nilai konsentrasi Pb dan Cu pada akar dan daun mangrove *Avicennia alba* di wilayah penelitian menunjukkan bahwa kandungan Cu lebih tinggi dibandingkan Pb pada sedimen, akar dan daun. Tingginya kandungan Cu diduga karena ketersediaan Cu secara alami lebih tinggi dibandingkan Pb. Perhitungan faktor biokonsentrasi (BCF) menunjukkan bahwa *Avicennia alba* di Wonorejo terkategori *excluder* terhadap kedua logam berat karena kurang dari 1 (Pb 0.22 ; Cu 0.35), sedangkan perhitungan faktor translokasi (TF) menunjukkan bahwa *Avicennia alba* bersifat fitoekstraksi (TF>1) untuk Pb dan bersifat fitostabilisasi (TF<1) untuk Cu. Berdasarkan perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa *Avicennia alba* mampu menyerap logam berat yang ada pada lingkungan sekitarnya, dan *Avicennia alba* juga mampu untuk mendegradasi logam berat dalam tubuhnya, namun tumbuhan ini memiliki mekanisme fitoremediasi yang berbeda (fitostabilisasi untuk Cu ; fitoekstraksi untuk Pb).

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Dinas Ketahanan Pangan Dan Pertanian Surabaya yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di daerah Wonorejo, Surabaya.

Daftar Pustaka

- Amin B. 2001. Akumulasi dan distribusi logam berat Pb dan Cu pada mangrove (*Avicennia marina*) di Perairan Pantai Dumai, Riau. *Jurnal Natur*, 4(1) : 85-90
- 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. *Teknobiologi*, 2(1): 1-8.
- Aprianti, D. 2010. Fungsi mangrove sebagai pengendali logam berat. Fakultas teknik sipil dan perencanaan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya.
- 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.
- Baker, A.J.M., 1981. Accumulators and excluders -strategies in the response of plants to heavy metals. *Journal Plant and Nutrition*, 3: 643–654.
- Barutu, H., B. A. Efriyeldi, 2011. Konsentrasi logam berat Pb, Cu, dan Zn pada *Avicennia marina* di Pesisir Kota Batam Provinsi Kepulauan Riau. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Ermiyati, D., A.L.O. Alirman. 2013. Kadar logam berat timbal (pb) pad akar mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. FPIK Univerasitas Haluoleo, Kendari.
- Hamzah, F., Y. Pancawati. 2013. Fitoremediasi logam berat dengan menggunakan mangrove (phytoremediation of heavy metals using mangroves). *Indonesian Journal of Marine Sciences*, 18: 203–212.
- Hamzah, F., A. Setiawan. 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
- Hidayati, N. 2005. Fitoremediasi dan potensi tumbuhan hiperakumulator. *Hayati Journal of Biosciences*, 12: 35–40.



- Jupriyati, R., N. Soenardjo, C.A. Suryono. 2013. Akumulasi logam berat timbal (Pb) dan pengaruhnya terhadap histologi akar mangrove *Avicennia marina* (Forsk.). Vierh. di Perairan Mangunharjo Semarang. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Lumaela, A.K., B.W. Otok, S. Sutikno. 2013. Pemodelan chemical oxygen demand (cod) sungai di Surabaya dengan metode mixed geographically weighted regression. Jurnal Sains dan Seni ITS ,2: 100-105.
- 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. Environmental Pollution, 123 :139–151.
- Majid, S.N., A.I. Khwakaram, G.A.M. Rasul, Z.A. Ahmed. 2014. Bioaccumulation, enrichment and translocation factors of some heavy metals in *Typha Angustifolia* and *phragmites australis* species growing along qalyasan stream in Sulaimani City/IKR. Journal of Zankoy Sulaimani-Part A 16: 4.
- Mukhtar, R., H. Wahyudi, E. Hamonangan, S. Lahtiani, M. Santoso, D.D. Lestiani, S. Kurniawati. 2013. Kandungan logam berat dalam udara ambien pada beberapa kota di Indonesia. Kementerian Lingkungan Hidup PUSARPEDAL Pusat Teknologi Nuklir Bahan Dan Raiometri PTNBR, Jakarta.
- Mulyadi E, R. Laksmono, D. Aprianti D. 2009. Fungsi mangrove sebagai pengendali pencemar logam berat. *Emvirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1: 33-39
- Nastiti, W.A.N. 2016. Hubungan kadar logam berat Cu pada air, sedimen, mangrove *Avicennia marina* dan kerang *Anadara granosa* dengan kerapatan mangrove *Avicennia marina* di Wonorejo, Surabaya. Universitas Brawijaya, Malang.
- Pilon-Smits, E., 2005. Phytoremediation. Annual Review of Plant Biology, 56: 15–39.
- Purwiyanto, A.I.S., 2013. Daya serap akar dan daun mangrove terhadap logam tembaga (Cu) di Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan. Maspari Jurnal, 5: 1–5.
- Rangkuti, M.N.S., 2014. Kandungan logam berat timbal dalam daun dan kulit kayu tanaman kayu manis (*Cinnamomum burmani* Bl) pada Sisi Kiri Jalan Tol Jagorawi. BioSMART, 6: 143-146.
- Sari, S.H.J., J.F.A. Kirana, G. Guntur. 2017. Analisis kandungan logam berat Hg Dan Cu terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. Jurnal Pendidikan Geografi, 22: 1-9.
- Simanjuntak, M., 2012. Oksigen terlarut dan apparent oxygen utilization di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka. Ilmu Kelaut Indonesia, 12: 59–66.
- Sulistiyati, T.D., S.S. Yuwono, E.Y. Herawati. 2013. Pb reduction of *Avicennia marina* fruit flour by soaking in *Citrus aurantifolia* extract. Advance in Natural and Applied Sciences, 7: 264–269.
- Supriyantini, E., H. Endrawati. 2015. Kandungan logam berat besi (Fe) pada air, sedimen, dan kerang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. Jurnal Kelautan Tropis, 18(1): 38-45.
- Suratno, E.W. 2013. Validasi metode analisis Pb dengan menggunakan flame spektrofotometer serapan atom (SSA) untuk studi biogeokimia dan toksisitas logam timbal (Pb) pada tanaman tomat (*Lycopersicon Esculentum*). Universitas Lampung, Lampung.
- Wahwakhi, 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.
- Yoon, J., X. Cao, Q. Zhou, L.Q. Ma. 2006. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science Total Environtal, 368: 456–464.

How to cite this article:

Rahmawati, R., D. Yona, R.D. Kasitowati. 2018. Potensi mangrove *Avicennia alba* sebagai agen fitoremediasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) di Perairan Wonorejo, Surabaya. Depik, 7(3): 227--236