

**Potensi Mangrove *Avicennia alba* Sebagai Agen Fitoremediasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Di Perairan Wonorejo, Kota Surabaya**  
**POTENTIAL OF AVICENNIA ALBA AS AN AGENT OF PHYTOREMEDIATION HEAVY METAL (PB AND CU) IN WONOREJO, SURABAYA**

Rachmawati<sup>1\*</sup>, Defri Yona<sup>1, 2</sup>, Rarasrum Dyah Kasitowati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang

<sup>2</sup> Marine Research Exploration and Management (MEXMA) Research Group, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia 65145

\*Corresponding author e-mail: [rahmahsarf@gmail.com](mailto:rahmahsarf@gmail.com)

Submitted: 21 November 2017 / Revised: 02 November 2018 / Accepted: 02 November 2018

<http://doi.org/10.21107/jk.v11i1.3341>

**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 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. Tujuan dari penelitian ini 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 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 sebagai Ibu Kota Provinsi Jawa Timur merupakan kota yang mengalami perkembangan industri yang pesat. Peningkatan industri memiliki dampak positif seperti peningkatan jumlah tenaga kerja 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. Fakta tersebut terbukti diakibatkan oleh adanya pencemaran limbah domestik, sampah dan logam berat (Lumaela *et al.*, 2013).

Salah satu kawasan di daerah Kota Surabaya yang mempunyai tingkat akumulasi pencemaran terbesar yaitu pada wilayah Kelurahan Wonorejo, Kecamatan Rungkut, Kota Surabaya. Hal tersebut disebabkan karena wilayah ini menerima aliran air dari tiga sungai besar yaitu daerah aliran sungai (DAS) Kali Jagir Wonokromo, Wonorejo dan Gunung Anyar (Sari *et al.*, 2017).

Salah satu bahan pencemar yang menjadi sorotan utama dalam pencemaran 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 (Wawakhi, 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* mampu menyerap logam berat pada bagian akar karena *Avicennia alba* memiliki sistem perakaran yang kompleks. Berdasarkan fungsinya tersebut mangrove jenis *Avicennia sp.* dapat dijadikan sebagai agen fitoremediasi (Amin *et al.*, 2013).

Telah dilakukan penelitian mengenai permasalahan tersebut seperti yang dilakukan oleh Mulyadi *et al.*, (2009) menunjukkan hasil

bahwa kandungan logam Cu pada akar *Avicennia* di Muara Kali Wonorejo mencapai 5.6 ppm, sedangkan akumulasi logam Cu pada akar dan daun *Avicennia* pada Perairan Dumai mencapai 2.0 - 5.1 ppm untuk akar dan 2,810-9,250 ppm untuk daunnya (Amin, 2001). Akar dan daun *Avicennia* di Muara Angke Jakarta memiliki kandungan logam Cu sebesar 13,08-37,68 ppm dan 7,08-10,07 ppm, sedangkan akar dan daun yang mengandung Pb sebesar 57.52 – 59.16 ppm dan 61.93 – 64.32 ppm. Pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa rata – rata BCF dan TF untuk Cu < 1 sedangkan BCF dan TF untuk Pb >1 (Hamzah dan Setiawan, 2010).

Sehingga 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.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

## METODE PENELITIAN

### Waktu Dan Tempat

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 tepat berada pada Muara Jagir Wonokromo, Stasiun 2 terletak pada Muara Sungai Avoor dan Stasiun 3 terletak pada Muara Sungai Kebon Agung.

### Teknik 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  $\pm 30$  cm, diasumsikan pada kedalaman tersebut dapat mewakili polutan secara vertikal. Sampel yang telah diambil kira - kira sebanyak 1 kg secara acak. (Jupriyati et al., 2013).

### Teknik 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 (Nurrahman et al., 2012). 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 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 dengan jumlah kurang lebih 10 akar.

### Teknik 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 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 dengan jumlah kurang lebih 10 daun.

### Metode Pengukuran Logam Berat Pada Sedimen

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Wahwakhi (2015) yang telah dimodifikasi, langkah pertama kali yang dilakukan adalah sampel dikeringkan ke dalam oven dengan suhu  $105^{\circ}\text{C}$  sampai kadar airnya hilang. Selanjutnya sampel sedimen lalu ditumbuk hingga lembut selanjutnya ditimbang sebanyak 1 gr lalu dilarutkan dengan menambahkan 4 ml  $\text{HNO}_3$  pekat (65%) kemudian didiamkan selama 24 jam. Langkah selanjutnya adalah sampel dipanaskan dengan *hotplate* pada rentang suhu  $150-200^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 10$  menit kemudian ditambahkan aquades sampai volume menjadi 20 ml.

Larutan yang telah diendapkan disaring airnya dengan menggunakan kertas saring. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan AAS.

### Metode Pengukuran Logam Berat Pada Akar dan Daun

Cara analisis pada penelitian ini merupakan modifikasi dari penelitian yang telah dilakukan oleh Wahwakhi (2015) yang menyatakan bahwa, akar dan daun dipotong kecil - kecil terlebih dahulu selanjutnya akar dan daun dioven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  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  $\text{HNO}_3$  (65%) pekat kemudian didiamkan selama 24 jam. Kemudian dipanaskan diatas *hotplate* pada rentang suhu  $150 - 200^{\circ}\text{C}$  selama  $\pm 10$  menit dan ditambahkan aquades hingga volumenya menjadi 20 ml. Larutan tersebut diendapkan dan disaring airnya dengan menggunakan kertas saring. Larutan yang diperoleh siap untuk dianalisis dengan menggunakan AAS.

### Analisis Data

#### 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:

$$BCF = \frac{\text{logam berat di akar}}{\text{logam berat di sedimen}}$$

Menurut Baker (1981) kategori BCF dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Akumulator :  $BCF > 1$
2. Indikator :  $BCF = 1$
3. Excluder :  $BCF < 1$

#### 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:

$$TF = \frac{\text{logam berat di daun}}{\text{logam berat di akar}}$$

Nilai TF menurut (Majid *et al.*, 2014) memiliki dua kategori yaitu :

- TF > 1: Mekanisme fitoekstraksi
- TF < 1: Mekanisme fitostabilisasi

### HASIL DAN PEMBAHASAN 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 parameter lingkungan tidak berbeda jauh di setiap stasiun kecuali salinitas dan DO pada stasiun 1. 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 masukan 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 lalang perahu para nelayan untuk mencari ikan karena lebar muara yang memang cukup besar dari muara yang lain. Aktivitas tersebut menyebabkan

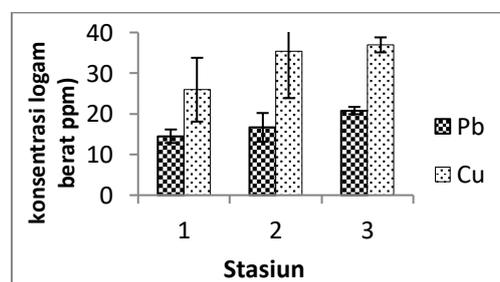
Tabel 1. Rata – rata ( $\pm$ Std.Deviasi) Hasil Pengukuran Parameter Lingkungan di Lokasi Penelitian

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

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

Hasil pengukuran Pb dan Cu pada sedimen menunjukkan pola distribusi yang sama yaitu stasiun 3 > stasiun 2 > stasiun 1 (Gambar 2).



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

Nilai rata – rata Pb pada stasiun 3 (20.79 ppm  $\pm$  0.90) diikuti stasiun 2 (16.67 ppm  $\pm$  3.53) dan stasiun 1 (14.49 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 ppm  $\pm$  1.85) diikuti

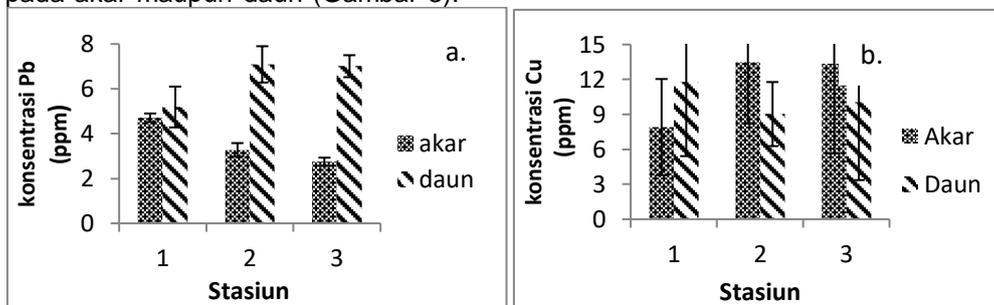
stasiun 2 (35.35 ppm  $\pm$  11.49) dan stasiun 1 (25.93 ppm  $\pm$  7.85).

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 terendahnya logam berat pada sedimen semakin cepat (Supriyanti 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 *Avicennia alba*

Berdasarkan hasil pengukuran AAS menunjukkan trend bahwa kandungan Cu > Pb baik pada akar maupun daun (Gambar 3).



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

Selain itu faktor lain yang dapat mengakibatkan tingginya Pb di daun adalah adanya mobilitas dari akar ke daun yang cukup tinggi, dari mobilitas tersebut 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). 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.

Hasil pengukuran Cu pada akar di stasiun 1 cenderung lebih rendah (7.91 ppm  $\pm$  4.13) daripada stasiun 2 (13.49 $\pm$ 5.27) dan stasiun 3 (13.35 ppm  $\pm$  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

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 daripada di akar (Gambar 3a). Kandungan Pb di daun pada stasiun 1 (5.19 ppm  $\pm$  0.91), stasiun 2 (7.09 ppm  $\pm$  0.81), dan stasiun 3 (7.01 ppm  $\pm$  0.49). Sedangkan kandungan Pb di akar pada stasiun 1 (4.71 ppm  $\pm$  0.19), stasiun 2 (3.28 ppm  $\pm$  0.30), dan stasiun 3 (3.28 ppm  $\pm$  0.30). Tingginya kandungan Pb di daun 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).

menyebabkan adanya upaya lokalisasi logam berat pada satu organ mangrove misalnya daun (Barutu *et al.*, 2011).

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. Sesuai dengan pernyataan Supriyanti 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.

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 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.

**Faktor Biokonsentrasi (BCF) dan Translokasi (TF) Pb dan Cu Pada Mangrove *Avicennia alba***

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 Wawakhi (2015) di perairan yang sama dimana BCF pada akar lebih dari satu. Berdasarkan penelitian tersebut maka terdapat perbedaan nilai BCF yang cukup signifikan, 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.

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. 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 diatasnya (Yoon *et al.*, 2006)

Tabel 2. Perhitungan BCF dan TF

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

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 DAN SARAN

Nilai konsentrasi Pb dan Cu di wilayah Perairan Wonorejo 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., Afriyani, E., Saputra, M.A. (2013). Distribusi spasial logam Pb dan Cu pada sedimen dan air laut permukaan di perairan Tanjung Buton Kabupaten Siak Provinsi Riau. *J. Teknobiologi* 2.
- Aprianti, D. (2010). Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Logam Berat. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya.
- Arisandy, K.R., Herawati, E.Y., Suprayitno, E. (2012). Akumulasi logam berat timbal (Pb) dan gambaran histologi pada jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di perairan pantai Jawa Timur. *J. Penelit. Perikan*. 1, 15–25.
- Baker, A.J.M. (1981). Accumulators and excluders -strategies in the response of plants to heavy metals. *J. Plant Nutr*. 3, 643-654. doi:10.1080/01904168109362867
- Barutu, H., B, A., Efriyeldi. (2011). Konsentrasi Logam Berat Pb, Cu, dan Zn Pada *Avicennia marina* Di Pesisir Kota Batam Provinsi Kepulauan Riau. Univ. Riau.
- Deri, Ermiyati, La Ode Alirman, A. (2013). Kadar Logam Berat Timbal (Pb) pada Akar Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Teluk Kendari. FPIK Univ. Haluoleo 1
- Hamzah, F., Pancawati, Y. (2013). Fitoremediasi Logam Berat dengan Menggunakan Mangrove (Phytoremediation of Heavy Metals Using Mangroves). *ILMU Kelaut. Indones. J. Mar. Sci*. 18, 203–212.
- Hamzah F dan 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
- Hidayati, N. (2005). Fitoremediasi dan potensi tumbuhan hiperakumulator. *Hayati Journal of Biosciences*. 12(1), 35-40.
- Jupriyati, R., Soenardjo, N., Suryono, C.A. (2013). Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya Terhadap Histologi Akar Mangrove *Avicennia*

- marina* (Forssk). Vierh. di Perairan Mangunharjo Semarang. UNDIP.
- Lumaela, A. K., Otok, B. W., & Sutikno, S. (2013). Pemodelan Chemical Oxygen Demand (COD) Sungai di Surabaya Dengan Metode Mixed Geographically Weighted Regression. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 2(1), D100-D105.
- MacFarlane, G. R., Koller, C. E., & Blomberg, S. P. (2007). Accumulation and partitioning of heavy metals in mangroves: a synthesis of field-based studies. *Chemosphere*. 69(9), 1454-1464.
- MacFarlane, G. R., Pulkownik, A., & Burchett, M. D. (2003). Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.: biological indication potential. *Environmental Pollution*. 123(1), 139-151.
- Majid, S. N., Khwakaram, A. I., Rasul, G. A. M., & Ahmed, Z. H. (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., Wahyudi, H., hamonangan, E., Lahtiani, S., Santoso, M., Lestiani, D.D., Kurniawati, S. (2013). Kandungan Logam Berat Dalam Udara Ambien Pada Beberapa Kota di Indonesia. Kementrian Lingkung. Hidup PUSARPEDAL Pus. Teknol. Nukir Bahan Dan Raiometri PTNBR.
- Mulyadi E, Laksmono R, Aprianti D. (2009). Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1 (Edisi Khusus), 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
- Nurrahman, Y.A., Djunaedi, O.S., Rostika, R. (2012). Kandungan Logam Berat dalam Jaringan Mangrove *Sonneratia Alba* dan *Avicennia Alba* di Pulau Ajkwa dan Pulau Kamora, Kabupaten Timika, Papua.
- Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. *Annu. Rev. Plant Biol.* 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 Journal*. 5(1), 1-5.
- Rangkuti, M. N. S. (2004). Kandungan logam berat timbal dalam daun dan kulit kayu tanaman kayu manis (*Cinnamomum burmani* Bl) pada sisi kiri jalan tol Jagorawi. *Biosmart*. 6(2), 143-146.
- Sari, S. H. J., Kirana, J. F. A., & Guntur, G. (2017). Analisis Kandungan Logam Berat Hg dan Cu Terlarut di Perairan Pesisir Wonorejo, Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Pendidikan Geografi: Kajian, Teori, dan Praktek dalam Bidang Pendidikan dan Ilmu Geografi*. 22(1).
- Simanjuntak, M. (2012). Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*. 12(2), 59-66.
- Sulistiyati, T. D., Yuwono, S. S., & Herawati, E. Y. (2013). Pb reduction of *Avicennia marina* fruit flour by soaking in *Citrus aurantifolia* extract. *Advances in Natural and Applied Sciences*. 7(3), 264-269.
- Supriyantini, E., & Endrawati, H. (2015). Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18(1).
- 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 (*Lycopersicum Esculentum*). Universitas Lampung.
- Wahwakhi, S. (2015). Kajian *Avicennia Alba* Sebagai Agen Fitoremediasi Upaya Mengurangi Konsentrasi Logam Berat Pb Di Ekosistem Mangrove Kelurahan Wonorejo, Kota Surabaya. FPIK UB, Malang
- Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q., & Ma, L. Q. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. *Science of the total environment*. 368(2-3), 456-464.