

Kemampuan Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) pada Akar Mangrove Jenis *Avicennia marina* (Forsk.) Dan *Rhizophora mucronata* (Lamk.) di Lahan Tambak

Putri Kusumaning Dewi*, Endah Dwi Hastuti*, Rini Budihastuti*

*) Laboratorium Biologi Struktur dan Fungsi Tumbuhan, Departemen Biologi,
Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

*Email: putrikusumaningdewi@gmail.com

Abstract

Human activities in the use of coastal areas such as settlement, industry and agriculture often produce pollutants can endanger the marine life. One of the pollutants that can create a polluted environment is copper (Cu). The existence of mangrove coastal waters becomes very important because mangrove vegetation has the ability to accumulate heavy metals. This study aims to determine the accumulated ability of Cu heavy metals at the root of mangrove species *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata*. The design of this study used a Completely Randomized Design 2 x 1 with 6 replications. Factor I type (*Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata*), Factor II organ (root). The parameters of this research are Cu heavy metal content in sediment, water, mangrove root of *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata* and BCF (*Bio Concentration Factor*). The results of this study indicate the weight of Cu heavy metals in sediments ranged from 0.685-1.545 mg/kg and Cu heavy metal content in water ranged from 0.0035-0.4765 mg/l. Akumulasi logam berat Cu pada akar mangrove *Avicennia marina* lebih tinggi.

Keyword: Mangrove, Accumulation, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, Copper (Cu), *Biological Concentration Factor*

Abstrak

Aktivitas manusia dalam memanfaatkan pesisir seperti adanya pemukiman, industri serta pertanian sering menghasilkan bahan pencemar dapat membahayakan kehidupan perairan laut tersebut. Salah satu bahan pencemar yang dapat membuat lingkungan tercemar adalah logam tembaga (Cu). Keberadaan mangrove dikawasan perairan pesisir menjadi sangat penting karena vegetasi mangrove mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan akumulasi logam berat Cu pada akar mangrove jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*. Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap 2 x 1 dengan 6 kali ulangan. Faktor I jenis (*Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*), Faktor II organ (akar). Parameter penelitian ini yaitu kadar logam berat Cu pada sedimen, air, akar mangrove jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* serta nilai BCF (*Bio Concentration Factor*). Hasil penelitian ini menunjukkan kadar logam berat Cu pada sedimen berkisar antara 0,685-1,545 mg/kg dan kadar logam berat Cu pada air berkisar antara 0,0035-0,4765 mg/l. The accumulation of Cu metal at the mangrove root of *Avicennia marina* is higher.

Kata kunci: Mangrove, Akumulasi, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, logam Cu, *Biological Concentration Factor*

PENDAHULUAN

Aktivitas manusia dalam memanfaatkan pesisir seperti adanya pemukiman, industri serta pertanian sering menghasilkan bahan pencemar yang dapat membahayakan kehidupan perairan laut dan secara khusus dapat mengganggu pertumbuhan komunitas mangrove yang ada dimuara sungai. Industrialisasi menimbulkan efek negatif berupa limbah industri baik yang

terbentuk padat maupun cair berpengaruh terhadap lingkungan sekitarnya (Arisandy dkk, 2012). Daerah Mangunharjo merupakan daerah yang banyak digunakan oleh penduduk setempat untuk pertambakan yang dikelilingi juga oleh pemukiman, selain itu daerah Mangunharjo merupakan daerah kawasan industri. Hal

tersebut dapat menyebabkan pencemaran logam yang terjadi pada perairan.

Salah satu logam berat yang dapat membuat lingkungan tercemar adalah tembaga (Cu). Logam berat tembaga (Cu) dapat berasal dari pembuangan air limbah industri kimia yang berasal dari industri penyamakan kulit, pelapisan logam, tekstil maupun industri cat. Kamaruzzaman *et al.* (2008) menyatakan bahwa Cu sangat berguna untuk pertumbuhan jaringan tumbuhan terutama jaringan daun dimana terdapat proses fotosintesis. Namun jika kandungan Cu terlalu banyak akan bersifat toksik.

Mangrove merupakan suatu komunitas tumbuhan atau suatu individu jenis tumbuhan yang membentuk komunitas di daerah pasang surut. Mangrove memiliki fungsi ekologis yang mampu menciptakan iklim mikro yang baik, memperbaiki kualitas air, sebagai tempat mencari makan; tempat memijah dan tempat berkembang biak berbagai jenis ikan, udang, kerang dan biota laut lainnya (Setiawan, 2013).

Mangrove memiliki fungsi sebagai salah satu perangkap alami polutan, dapat juga menjadi perangkap Cu yang terdapat diperairan. Menurut Kariada dan Irsadi (2014) Hutan mangrove atau sering disebut hutan bakau merupakan sebagian wilayah ekosistem pantai yang mempunyai karakter unik dan khas. Salah satu karakter unik dan khas yang dimiliki mangrove yaitu mangrove dapat berfungsi sebagai biofilter, agen pengikat dan perangkap polutan. Mangrove dapat mengurangi konsentrasi bahan pencemar yang terdapat diperairan. Hastuti (2014) juga menyatakan bahwa selain bagian daun mangrove, akar mangrove juga mampu mengakumulasi logam berat. Menurut Kariada dan Irsadi (2014) selain kemampuan untuk mengakumulasi logam berat berbeda untuk tiap spesies.

Perbedaan spesies pada tumbuhan mangrove juga mempengaruhi kemampuan mangrove dalam mengakumulasi logam berat menurut Purwiyanto (2013) akumulasi Cu pada jaringan tumbuhan *Avicennia* sp. (*leading zone*) lebih tinggi dibandingkan pada *Rhizophora* sp. (*behind zone*).

Informasi mengenai akumulasi logam berat pada tanaman mangrove menjadi sangat penting, karena dengan adanya data mengenai akumulasi logam berat pada mangrove kita

dapat mengetahui lingkungan tersebut sudah masuk kedalam kategori tercemar atau tidak. Kemampuan akumulasi logam berat pada tanaman dapat diprediksi dengan menghitung *Biological Concentration Factor* (BCF). Perhitungan nilai BCF dapat memberikan gambaran tentang kemampuan mangrove dalam mengakumulasi logam berat. Sehingga kita dapat mengetahui jenis mangrove yang lebih baik dalam mengakumulasi logam berat.

Manfaat penelitian ini yaitu dapat memberikan gambaran tentang perbedaan akumulasi logam berat tembaga (Cu) pada akar mangrove jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan April-September 2016. Lokasi pengambilan sampel di Kawasan Mangrove Kelurahan Mangunharjo, Semarang. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Nutrisi Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Diponegoro dan Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gayung, pisau atau gunting, pipet tetes, gelas ukur, gelas beker, labu takar, timbangan analitik, cawan porselen, pemanas, furnace (tanur), corong, botol sampel, kertas saring, vortex, gelas penutup, oven, blender dan Spektrofotometer Serapan Atom.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Larutan HNO₃ pekat, aquademin, Larutan standar Cu, sampel akar *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*.

Cara Kerja Penelitian

1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel ditentukan berdasarkan lokasi atau daerah yang memiliki jenis mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* pada stadium pohon. Tegakan pada lokasi pengambilan sampel merupakan tegakan campuran antara jenis *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*. Setiap pengambilan sampel dilakukan pengulangan sebanyak 6 kali. Sampel penelitian yang diambil meliputi akar, air dan sedimen. Sampel sedimen diambil sebanyak 250 gram. pel akar yang diambil yaitu akar nafas. Akar nafas pada mangrove diambil sepanjang 30 cm. Pengambilan sampel sedimen dilakukan menggunakan gayung kemudian sampel

sedimen dimasukkan kedalam plastik zipper. Sedimen yang diambil berada dibawah pohon mangrove. Sampel air yang berada dibawah tegakan mangrove diambil menggunakan gayung sebanyak 100 ml.

2. Preparasi Sampel Akar

Sampel akar dipotong kecil-kecil kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60° C selama 3-4 hari. Sampel yang sudah kering dihaluskan menggunakan blender. Sampel akar yang sudah halus (bubuk) ditimbang sebanyak 5 gram. Setelah ditimbang sampel ditanur (pengabuan) selama 4 jam dengan suhu 550° C. Sampel yang sudah menjadi abu selanjutnya didestruksi asam. Destruksi asam dilakukan dengan cara sampel dilarutkan dengan aquademin sebanyak 30 ml dan ditambahkan 10 ml HNO₃. Larutan tersebut kemudian dididihkan. Setelah mendidih larutan tersebut tetap dipanaskan selama 10 menit. Setelah dingin sampel larutan tersebut dimasukkan kedalam labu takar dan disaring menggunakan kertas saring. Larutan sampel tersebut kemudian ditambahkan dengan aquademin hingga volume mencapai 50 ml. sampel larutan divortex selama 1 menit. Sampel dimasukkan kedalam botol sampel. Sampel diuji menggunakan AAS.

3. Preparasi Sedimen dan Air

Sedimen yang bertekstur basah (lumpur) diambil sebanyak 30 ml kemudian ditambahkan dengan 10 ml aquademin dan 10 ml HNO₃. Sampel larutan dipanaskan hingga mendidih. Setelah mendidih larutan tersebut tetap dipanaskan dan ditunggu selama 10 menit. Sampel larutan kemudian dimasukkan kedalam labu takar dan disaring menggunakan kertas saring. Larutan tersebut kemudian ditambahkan aquademin hingga volume mencapai 50 ml dan divortex selama 1 menit. Sampel dimasukkan kedalam botol sampel. Sampel diuji menggunakan AAS.

Sampel air sebanyak 100 ml ditambahkan dengan 10 ml HNO₃. Sampel larutan tersebut kemudian dipanaskan hingga mendidih. Setelah mendidih sampel larutan tersebut tetap dipanaskan dengan gelas penutup dibuka (penguapan). Sampel larutan tersebut diuapkan hingga volume mencapai 50 ml. Sampel larutan kemudian dimasukkan kedalam labu takar dan disaring menggunakan kertas saring. Larutan tersebut kemudian ditambahkan aquademin hingga volume mencapai 50 ml. larutan sampel divortex selama 1 menit. Sampel dimasukkan kedalam botol sampel. Sampel diuji menggunakan AAS.

4. Pembuatan Larutan Standar

Pembuatan larutan standar dilakukan dengan cara logam Cu ditimbang sebanyak 1 g. Logam tersebut dilarutkan dengan aquades

dalam labu takar 1000 ml. Larutan tersebut dinamakan larutan induk dengan konsentrasi 1000 ppm. Sebanyak 10 ml larutan induk diambil kemudian dimasukkan kedalam labu takar yang berukuran 100 ml dan ditambahkan aquades sampai garis tanda akhir. Larutan yang diperoleh mengandung konsentrasi 100 ppm. Sebanyak 10 ml dari larutan 100 ppm kemudian diambil dan dimasukkan kedalam labu takar 100 ml kemudian ditambahkan aquades hingga garis tanda akhir. Larutan tersebut memiliki konsentrasi 10 ppm. Larutan dengan konsentrasi 10 ppm tersebut kemudian dibuat sebanyak 5 kali ulangan agar mempermudah pembuatan larutan standar berikutnya. Langkah selanjutnya yaitu larutan dengan konsentrasi 10 ppm diambil sebanyak 2 ml, 4 ml, 6 ml, 8 ml dan 10 ml. Larutan-larutan tersebut kemudian dimasukkan kedalam labu takar 100 ml dan ditambahkan aquades hingga garis tanda akhir, sehingga didapatkan larutan standar dengan konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 ppm.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap 2 x 1. Faktor I Jenis Mangrove (*Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*). Faktor II organ (Akar). Sampel diambil dengan 6 kali pengulangan. Kombinasi faktor yang dimaksud yaitu:

Aa: *Avicennia marina*, akar

Ra: *Rhizophora mucronata*, akar

Parameter Penelitian

1. Kandungan Logam Cu pada sedimen, air, akar
Menurut Panjaitan (2009) konsentrasi logam berat sebenarnya dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini:

$$K \text{ Sebenarnya (mg/kg)} = \frac{K \text{ AAS} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) \times \text{Vol. Pelarut (L)}}{\text{Berat Sampel (mg)}}$$

Keterangan:

K sebenarnya : Konsentrasi logam berat sebenarnya

K AAS : Konsentrasi logam berat pada AAS

Vol. Pelarut : Volume yang digunakan untuk melarutkan (indukan)

Berat Sampel : Berat sampel yang digunakan .

2. Kemampuan akar pada jenis mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* dalam mengakumulasi logam Cu dari sedimen lingkungan tempat mangrove tersebut hidup.

Kemampuan akumulasi logam berat dapat dihitung menggunakan rumus BCF (*Bio Concentration Factor*). Adapun rumus BCF menurut Jupriyati (2013) yaitu:

$$\text{Nilai BCF} = \frac{\text{Logam berat pada daun atau akar}}{\text{Logam berat pada sedimen}}$$

Keterangan:

BCF Cu: *Bio Concentration Factor* Cu

3. Perbandingan rerata *Bio Concentration factor* (BCF) logam Cu pada akar mangrove jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*.

Analisis Data

Kandungan logam Cu dan nilai BCF pada akar mangrove jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* dianalisis menggunakan Uji T

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Logam Cu pada Air dan Sedimen

Sampel air dan sedimen diambil untuk mengetahui kondisi perairan terhadap pencemaran logam berat tembaga (Cu) pada lingkungan jenis mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina* yang berada di daerah tambak Mangunharjo Semarang. Lokasi pengambilan sampel berada di daerah pertambakan yang dikelilingi dengan tumbuhan mangrove. Lokasi pengambilan sampel memiliki tegakan campuran antara mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*. Hasil penelitian menunjukkan adanya kandungan logam berat Cu pada air serta sedimen. Hasil yang diperoleh kandungan logam berat Cu dalam sedimen di lingkungan mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* di daerah tambak Mangunharjo Semarang berkisar antara 0,685 – 1,2567 mg/L. Sedangkan, kandungan logam berat Cu pada air di lingkungan mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* di daerah tambak Mangunharjo Semarang berkisar antara 0,0035 – 0,4765 mg/kg. Hasil tersebut diperoleh dari pengambilan sampel sedimen dan air sebanyak 6 kali ulangan.

Berdasarkan hasil penelitian kandungan logam Cu pada air lebih rendah jika dibandingkan dengan kandungan logam Cu pada sedimen. Hal tersebut disebabkan karena sifat logam berat yang mudah mengendap karena berikatan dengan bahan organik. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Supriyanti dan Nirwani (2015) bahwa secara umum kandungan logam berat baik Pb maupun Cu didalam air memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan yang ada di sedimen. Hal ini disebabkan karena logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan berikatan dengan partikel sedimen, sehingga konsentrasi logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air. Pengendapan logam berat di suatu perairan dapat terjadi karena adanya anion karbonat hidroksil dan klorida. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan menyatu

dengan sedimen sehingga kadar logam berat yang terkandung dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air.

Logam berat memiliki kepadatan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan air. Sehingga logam berat dapat mengendap di sedimen. Menurut Tchounwou *et al* (2014) logam berat didefinisikan sebagai elemen logam yang memiliki kepadatan relatif tinggi jika dibandingkan dengan air. Densitas logam berat 5 kali lebih besar daripada air. Logam berat merupakan unsur alami yang memiliki berat atom tinggi. Sedimen dapat menjadi sumber dari pencemaran dalam kurun waktu tertentu karena sedimen mudah tersuspensi. Menurut Wahikun (2016) sedimen merupakan salah satu sumber pencemar potensial dalam waktu tertentu karena sifat sedimen yang mudah tersuspensi. Pergerakan massa air akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air.

Hasil data pada penelitian ini menunjukkan bahwa logam Cu yang ada pada perairan mangrove di kawasan Mangunharjo berada di atas ambang batas yaitu dengan kandungan logam berat Cu tertinggi sebesar 0,4765 mg/L. Karena menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 baku mutu air memiliki kandungan Cu sebesar 0,008 mg/l. Kandungan logam berat Cu pada sedimen masih berada di bawah ambang batas yaitu dengan kisaran kandungan logam Cu sebesar 0,685-1,2567 mg/kg, karena baku mutu sedimen berdasarkan NOAA ambang batas untuk kandungan logam Cu pada sedimen adalah 34 mg/kg (Burton, 2002). Keadaan kandungan logam Cu pada sedimen yang masih berada di bawah ambang batas diperkirakan karena adanya tumbuhan mangrove pada lingkungan tersebut yang dapat menyerap logam Cu yang ada di sedimen.

Kandungan Logam Cu pada Akar Mangrove Jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*

Hasil penelitian menunjukkan adanya kandungan logam Cu pada akar mangrove jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*. Hasil uji T menunjukkan bahwa faktor I (Jenis Mangrove) memiliki nilai signifikansi kurang dari 0,05 yaitu 0,00. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata antara jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* dalam mengakumulasi logam Cu. Menurut Tam dan Wong (1996) kemampuan akumulasi logam

berat pada tiap spesies berbeda. Tumbuhan mangrove mengakumulasi logam berat paling tinggi diakar. Namun demikian faktor lain seperti mobilitas dan kelarutan logam juga berpengaruh terhadap kandungan logam berat dalam tumbuhan.

Organ akar memiliki kontak langsung dengan sedimen hal tersebut dapat menyebabkan organ akar memiliki kandungan logam yang tinggi. Setiawan (2013) menyatakan bahwa besarnya kandungan logam berat yang terdapat di jaringan akar diduga karena jaringan akar mempunyai interaksi langsung dengan sedimen dan air yang telah terkontaminasi oleh logam berat yang mengendap. Menurut Heriyanto dan Subiandono (2011) konsentrasi ion yang lebih tinggi dibagian akar merupakan bukti kuat untuk lokalisasi ekstraseluler yang diduga akibat pengikatan fraksi pektin pada dinding sel.

Adanya kandungan logam berat Cu pada tubuh mangrove menunjukkan bahwa mangrove Kandungan logam Cu pada akar mangrove jenis *Avicennia marina* lebih tinggi jika dibandingkan dengan kandungan logam Cu pada jenis mangrove *Rhizophora mucronata*. Hal tersebut dapat terjadi karena pada akar mangrove jenis *Rhizophora mucronata* terdapat ultrafilter sehingga logam yang masuk lebih sedikit jika dibandingkan dengan mangrove jenis *Avicennia marina*.

Nilai Bio-Concentration Factor (BCF) pada Akar Mangrove Jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*

Bioconcentration Factor (BCF) merupakan perbandingan antara konsentrasi logam yang berada di organ (akar atau daun) dengan konsentrasi logam yang berada di sedimen. Menurut Macfarlane *et.al* (2007) tujuan perhitungan nilai BCF yaitu untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi logam pada akar dan daun yang berasal dari lingkungan.

Hasil uji T menunjukkan bahwa faktor I (Jenis Mangrove) memiliki nilai signifikansi kurang dari 0,05 yaitu 0,00. Hal tersebut menunjukkan ada perbedaan nyata nilai BCF akar mangrove jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*. Hasil perhitungan nilai BCF dapat memberi gambaran bahwa mangrove jenis *Avicennia marina* mempunyai kemampuan

dapat mengakumulasi logam yang ada pada perairan serta sedimen tempat tumbuh mangrove. Menurut Hidayati (2013) Logam Cu dapat masuk kedalam tubuh tumbuhan mangrove dalam bentuk ion-ion yang kemudian diabsorpsi oleh akar. Penyerapan ini dilakukan oleh ujung akar mangrove. Proses penyerapan tersebut terjadi pada epidermis. Setelah melewati epidermis akar ion-ion akan menuju xylem melalui jalur simplas. Selanjutnya, ion-ion tersebut akan bergerak menembus epidermis, eksodermis, beberapa sel korteks menuju endodermis dan perisiklus. Logam akan ditranslokasikan dari akar ke jaringan yang lain seperti batang, daun, dan buah melalui proses kompleksasi dengan zat lain seperti fitokelatin.

Tabel 4.1. Rata-rata Kandungan Logam Cu (mg/L)

Jenis	Organ (Akar)
<i>Avicennia marina</i>	0,0882
<i>Rhizophora mucronata</i>	0,0174

lebih tinggi daripada *Rhizophora mucronata* dalam mengakumulasi logam Cu.

Tabel 4.2. Rata-rata Nilai BCF pada Akar Mangrove Jenis *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata*

Jenis	Organ (Akar)
<i>Avicennia marina</i>	0,0930
<i>Rhizophora mucronata</i>	0,0202

Rata-rata nilai BCF akar *Avicennia marina* lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai BCF akar *Rhizophora mucronata* hal tersebut berbanding lurus dengan hasil akumulasi logam Cu. Akumulasi logam Cu pada akar mangrove jenis *Avicennia marina* lebih tinggi jika dibandingkan dengan akumulasi akar mangrove jenis *Rhizophora mucronata*, sehingga nilai BCF akar *Avicennia marina* juga lebih tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kandungan logam berat Cu pada perairan tambak di Mangunharjo berada diatas ambang batas ($> 0,008$ mg/L) yaitu mencapai 0,4765 mg/L. Kandungan logam berat Cu pada sedimen dilingkungan tambak Mangunharjo dibawah ambang batas (< 34 mg/kg) yaitu berkisar antara 0,685-1,2567 mg/kg

2. Akumulasi logam berat Cu pada akar mangrove *Avicennia marina* lebih tinggi jika dibandingkan dengan akar mangrove jenis *Rhizophora mucronata*

3. Rata-rata nilai Bio Concentration Factor (BCF) pada akar mangrove jenis *Avicennia marina* lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata nilai Bio Concentration Factor (BCF) pada akar mangrove jenis *Rhizophora mucronata*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisandy, K.R. Herawati, E.Y. dan Supriyanto, E. 2012. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan *Avicennia marina* (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur. *Jurnal Penelitian Perikanan*, 1 (1) (2012) : 15-25.
- Burton, G. Allen Jr. 2002. Sediment quality criteria in use around the world. *The Japanese Society of Limnology 2002*. <http://ilakes.org/web/sediment-quality-criteria-inworld-L2002.pdf>.
- Heriyanto, N.M., Subiandono, E. 2011. Penyerapan Polutan Logam Berat (Hg, Pb dan Cu) oleh Jenis-jenis Mangrove. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* Vol. 8 No. 2: 177-188.
- Hidayati, N. 2013. Mekanisme Fisiologis Tumbuhan Hiperakumulator Logam Berat. Pusat Penelitian Biologi LIPI.
- Jupriyati, R., Nirwani dan Chrisna. 2013. Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya Terhadap Histologi Akar Mangrove *Avicennia marina* (Forssk). Vierh. Di Perairan Mangunharjo Semarang. *Journal of Marine Research* Vol. 3 Nomor 1 Hal. 61-68.
- Kamaruzzaman, B.Y., M.C. Ong., K.C.A., Jalal., S. Shahbudin., and O.M. Nor. 2008. *Accumulation of Lead and Copper in Rhizophora apiculata from Setiu Mangrove Forest*, Terengganu, Malaysia
- Kariada., Andin., Irsadi .2014. Peranan Mangrove Sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang (Role of Mangrove as Water Pollution Biofilter in Milkfish Pond, Tapak, Semarang). *J. Manusia Dan Lingkungan*, Vol. 21, No.2.
- MacFarlane, G.R., and Burchett, M.D.,2007. Toxicity, growth and accumulation relationships of copper, lead and zinc in the Grey Mangrove *Avicennia marina* (Forsk.) Veirh. *Marine Environmental Research* 54, 65–8.
- Panjaitan, G.Y. 2009. Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada Pohon *Avicennia marina* di Hutan Mangrove. *Skripsi*. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Purwiyanto, A.I.S. 2013. Daya Serap Akar dan Daun Mangrove terhadap Logam Tembaga (Cu) di Tanjung Api-api Sumatera Selatan. *Maspari Journal* Vol. 5 No. 1 Hal. 1-5.
- Setiawan, Heru. 2013. Akumulasi Logam Berat pada Vegetasi Mangrove di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan* Vol. VII No 1.
- Supriyantini, Endang dan Nirwani. 2015. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Akar dan Buah Mangrove *Avicennia marina* di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis* Vol 18 (2): 98-106.
- Tam , N N. F. Y. dan Wong, Y.S.. 1996. Retention and Distribution of Heavy Metals in Mangrove Soils Receiving Wastewater. *Environmental Pollution*, 94 (3) : 283-291.
- Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G. Sutton, D.J. 2014. Heavy Metal Toxicity and Environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology* Vol 3.
- Wahikun. 2016. Radioaktivitas pada Perairan Pesisir Cilacap. Sleman: Deep Publish.