

**DAYA AKUMULASI LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu)
PADA AKAR DAN DAUN *Avicennia marina* (Forsk.)
BERDASARKAN FASE PERTUMBUHAN YANG BERBEDA
DI PANTAI MANGKANG SEMARANG**

Ahmad Fadhli Jundana*, Endah Dwi Hastuti, Rini Budihastuti****

*Program Studi Biologi Departemen Biologi Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

**Departemen Biologi Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro

Email: fadhli.jun@hotmail.com, endah.dwihastuti@gmail.com, rini.bhastuti@yahoo.co.id

ABSTRACT

Distribution of heavy metals in coastal areas need to know as an early indication of pollution. One type of metal that was widely used in household and industrial activity is copper (Cu). Some pollutants were wasted on the ground will have accumulated in coastal areas, including in the mangrove ecosystem. The research aims to determine the accumulated rate Cu in roots and leaves of *Avicennia marina* by different growth phases. It was conducted in mangrove ecosystems Mangkang, Semarang. The research design was factorial completely randomized design 2 x 3, the first factor were organs (roots and leaves) and the second factor were phase (Seedling, Sapling and Trees) with twice of sampling in a 30-day period, the data were analyzed by Analyzed of Variates (ANOVA). Parameter of the research were Cu metal content in the roots and leaves of mangrove, as well as water and sediment. The results showed that the levels of Cu in sediments and aquatic environments of *Avicennia marina* rangely 2.989-7.026 mg/kg and 0.186-1.676 mg/l, there was an interaction between the growth phase and organs *Avicennia marina* in accumulating Cu with a probability of 0.006 (< 0.05), the highest interaction was the tree phase and root organ section (0.126) and the lowest was the seedling phase and leaf organ (0.020). The highest of *Biological Concentration Factor* (BCF) value was tree phase and root organ (92.9- 46.2) and the lowest was the seedling phase and leaf organ (17.2-14.7). The highest of *Distribution Coefficient* (DC) value was found in seedling phase environment (726.3-1887.7) and the lowest was found in sapling phase environment (493.2-603.4).

Key Words : Accumulation, *Avicennia marina* (forks.), Heavy Metal Cu, Biological Concentration Factor, Distribution Coefficient

ABSTRAK

Sebaran kandungan logam berat di wilayah pesisir perlu diketahui sebagai indikasi awal terjadinya pencemaran. Salah satu jenis logam yang banyak digunakan dalam kegiatan rumah tangga maupun industri adalah logam tembaga (Cu). Sejumlah bahan pencemar yang terbuang di darat akan mengalami akumulasi di wilayah pesisir, diantaranya dalam ekosistem mangrove.. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya akumulasi Cu akar dan daun *Avicennia marina* berdasarkan fase pertumbuhan yang berbeda. Penelitian dilakukan di pertambakan pada ekosistem mangrove Wilayah Mangkang Kota Semarang. Rancangan penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial 2 x 3 : Faktor I Organ (Akar dan Daun), Faktor II Fase (Semai, Pancang dan Pohon) dengan dua kali pengambilan sampel dalam jangka waktu 30 hari. Parameter penelitian : Kadar logam Cu pada akar dan daun mangrove, serta air dan sedimen tambak. Hasil penelitian dapat diketahui kadar logam Cu dalam sedimen dan perairan lingkungan tumbuh *Avicennia marina* berturut-turut yaitu 2.989-7.026 mg/kg dan 0.186-1.676 mg/l, terdapat interaksi antara fase pertumbuhan dan organ *Avicennia marina* dalam mengakumulasi Cu dengan probabilitas 0.006 (<0.05), Interaksi paling tinggi adalah fase pohon bagian akar (0.126) dan yang paling rendah adalah fase semai bagian daun (0.020). Nilai *Biological Concentration Factor* (BCF) yaitu konsentrasi logam berat Cu yang terakumulasi dalam organ mangrove, nilai yang paling tinggi adalah pada fase pohon bagian akar (92.9- 46.2) dan yang paling

rendah adalah pada fase semai bagian daun (17.2-14.7). Nilai Koefisien Distribusi (Kd) yaitu koefisien logam berat Cu yang terdistribusi dalam sedimen, nilai yang paling tinggi terdapat pada lingkungan fase semai (1887.7-726.3) dan yang paling rendah terdapat pada lingkungan fase pancang (603.4-493.2).

Kata kunci: Akumulasi, *Avicennia marina*, logam Cu, *Biological Concentration Factor*, Koefisien Distribusi

PENDAHULUAN

Salah satu kawasan pesisir di Semarang adalah Pantai Mangkang. Aktivitas Industri di kawasan pesisir Mangkang tentu saja mengakibatkan perubahan, baik pada fungsi hutan mangrove maupun lingkungan perairan itu sendiri. Hal tersebut disebabkan adanya minyak dari kapal, pestisida dan jenis polutan lain, baik yang terbawa aliran sungai maupun yang langsung terbuang di perairan, sangat mempengaruhi kelestarian fungsi mangrove, salah satu jenis polutan tersebut adalah logam berat tembaga (Cu). Keberadaan Cu dalam lingkungan, dapat terakumulasi di perairan maupun terendapkan dalam sedimen (Yunus *et.al*, 2011).

Diantara jenis logam yang banyak ditemukan sebagai buangan adalah logam tembaga (Cu). Shrivastava (2009) menyebutkan bahwa tembaga (Cu) merupakan logam berat yang banyak digunakan dalam campuran logam, pembuatan kabel, keramik dan pestisida. Menurut Ciliberti *et al.* (2011), Cu merupakan logam berat yang bersifat sangat beracun dan sangat bioakumulatif.

Tingkat kelarutan Cu sangat rendah dalam cairan, namun mudah teradsorpsi dalam partikel yang terlarut dalam air (Chen *et al.*, 2012). Baku mutu air untuk biota laut yang ditentukan dalam Kep.Men.LH No 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut sebesar 0,008 mg/l sedangkan dalam sedimen menurut Bryan (1992) adalah 7-70 mg/kg.

Upaya yang dapat dilakukan dalam pengelolalan pesisir pantai dan perairan yaitu memelihara vegetasi tumbuhan mangrove. Mangrove merupakan jenis vegetasi yang memiliki kemampuan sebagai biofilter logam berat. Parvaresh *et al.* (2010) menyebutkan bahwa salah satu bagian mangrove yang dapat mengakumulasi logam adalah bagian daun. Sementara menurut Nazli and Hashim (2010), selain bagian daun mangrove, akar mangrove juga mampu mengakumulasi logam berat timbal (Pb). Kemampuan daun dan akar mangrove *Avicennia marina* dalam mengakumulasi logam berat Pb relatif lebih tinggi dibandingkan dengan jenis vegetasi lain.

Akumulasi logam berat oleh vegetasi mangrove dimiliki baik pada fase semai, pancang, maupun pohon dengan kemampuan yang bervariasi (Hastuti dkk., 2013).

Fase pertumbuhan dan organ mangrove mempengaruhi daya akumulasi tanaman mangrove terhadap logam berat di suatu perairan. Tam and Wong (1996) menyatakan bahwa kemampuan tumbuhan mangrove *Rhizophora apiculata* mengakumulasi logam berat paling tinggi terdapat di bagian akarnya dibandingkan daun, selain itu fase pohon memiliki daya akumulasi logam paling tinggi dibandingkan stadium semai dan pancang karena ukuran jaringan yang bertambah pula setiap waktunya. Untuk mengetahui nilai konsentrasi logam berat yang terakumulasi pada organ dapat dihitung dengan perhitungan *Biological Concentration Factor (BCF)*, sedangkan untuk mengetahui nilai logam berat yang terakumulasi di lingkungan dapat diketahui dengan perhitungan Koefisien Distribusi (Kd). Menurut Robson and Reuther (1981) tumbuhan, khususnya mangrove juga memiliki ambang batas dalam mengakumulasi Cu, yaitu 20 dan 30 mg/kg⁻¹, apabila berlebih maka akan bersifat racun bagi tumbuhan itu sendiri.

Berdasarkan uraian di atas, maka akan dilakukan penelitian tentang Kadar

Logam Berat Cu pada Akar dan Daun Mangrove *Avicennia marina* pada fase pertumbuhan mangrove yang berbeda. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kadar logam berat Tembaga (Cu) pada Akar dan Daun mangrove jenis *Avicennia marina* pada fase pertumbuhan mangrove yang berbeda yaitu semai, pancang dan pohon di Pantai Mangkang Semarang.

METODE PENELITIAN

Penelitian di lapangan dilakukan di Tambak Pantai, Mangkang, Semarang. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada April 2016 dan diakhiri pada Juni 2016 (tiga bulan). Selanjutnya sampel Sedimen, Air, Akar dan Daun akan diuji di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro dan Lab Wahana, Semarang.

Bahan - bahan yang digunakan selama penelitian berupa semai, pancang dan pohon Mangrove *Avicennia marina*, deionized water, HNO₃ pekat.

Pengambilan sampel penelitian dilakukan pada Muara Sungai Plumbon yang terdapat tanaman *A. marina* dalam stadium Semai (tinggi < 1 m, diameter < 5 cm), Pancang (tinggi 1 - 1,5 m, diameter 5 - 10 cm) dan Pohon (tinggi > 1,5 m, diameter > 10 cm) (Setyobudiandi, 2009). Untuk mendapatkan data Akumulatif logam berat pada masing-masing parameter

penelitian, sampel diambil dua kali dengan jeda 30 hari. Tiap-tiap parameter penelitian pada sampel (air, sedimen, akar dan daun) dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali.

Penelitian ini menggunakan 6 perlakuan dengan tiga kali ulangan. Perlakuan yang diberikan merupakan kombinasi antara fase pertumbuhan (S : semai, Pa : pancang, Po : pohon) dengan organ tumbuhan (A : akar, D : daun). Adapun perlakuannya sebagai berikut:

(AS) : Akar, Semai

(DS) : Daun, Semai

(APa) : Akar, Pancang

(DPa) : Daun, Pancang

(APo) : Akar, Pohon

(DPo) : Daun, Pohon

Uji Kimia Kandungan Logam Berat Cu dengan metode Spektrofotometer

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian di lapangan serta hasil laboratorium diperoleh data Fase Pertumbuhan dan Organ Akar dan Daun, dan juga hasil perhitungan Koefisien Distribusi (Kd) dan *Biological Concentration Factor* (BCF) *Avicennia*

Serapan Atom (SSA). Untuk mengetahui konsentrasi logam berat digunakan rumus:

$$K. \text{Sebenarnya} = \frac{K. \text{SSA} \times V.p}{W.s}$$

Dimana : K. sebenarnya = Konsentrasi sebenarnya (mg/kg), K AAS = Konsentrasi SSA (mg/ml), V.p = Volume pelarut (L), W.s = Berat Sampel (mg) (Arisandi,2005).

Variabel yang diamati dalam penelitian ini diantaranya adalah Kandungan Cu dalam organ tanaman dan lingkungan tumbuh *Avicennia marina*, nilai *Biological Concentration Factor* (BCF) dan Koefisien Distribusi (Kd).

Data Kandungan Logam berat Cu dalam masing – masing parameter yang terkumpul dianalisis dengan statistik, yaitu untuk mengolah data kuantitatif dengan Uji Faktorial ANOVA, apabila berpengaruh dilanjutkan dengan Uji Lanjutan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf keberhasilan 95%.

marina di Tambak Pantai Mangkang, Semarang sebagai berikut.

Kandungan logam Cu pada perairan (Gambar 2 dan 3) di lingkungan fase semai menunjukkan nilai 0.204 – 0.639 mg/l, sedangkan pada sedimen berkisar antara 3.851 – 4.641 mg/kg, jenis sedimen tambak Wilayah Mangkang yang berupa lumpur

memungkinkan sedimen tersebut menjerap logam Cu dari air yang berada di lingkungannya, dengan kemampuannya menjerap menyebabkan logam terakumulasi pada lingkungan sedimen tambak di lokasi penelitian.

Logam Cu perairan (Gambar 3 dan 4) pada fase pancang 0.786 – 1.040 mg/l, sedangkan pada sedimen 4.743 – 5.129 mg/kg. Penelitian Jonathan *et al.*, (2010) yang menyatakan bahwa konsentrasi logam berat ditemukan lebih tinggi pada butiran halus daripada ukuran pasir pada fraksi sedimen, hal ini ditunjukkan dengan tingginya Mn, Cu, Zn dan kandungan karbon organik dalam fraksi ukuran butiran halus (<63 µm). Keberadaan logam ini terutama ditemukan di lapisan permukaan tanah dengan mayoritas logam yang ditambahkan pada perlakuan penelitian terakumulasi di lapisan 0-1 cm dan 1-2 cm lapisan permukaan.

Kandungan logam Cu perairan pada fase pohon 0.776 – 1.286 mg/l sedangkan pada sedimen 5.744 – 6.835 mg/kg. Tingkat kelarutan Cu sangat rendah dalam cairan, namun mudah teradsorpsi dalam partikel yang terlarut dalam air (Chen *et al.*, 2012). Menurut Selvaraj *et al.* (2004), Cu cenderung terakumulasi dalam sedimen dan konsentrasi Cu dalam sedimen

menunjukkan tingkat pencemaran Cu dalam perairan.

Hasil Uji ANOVA menunjukkan bahwa Faktor A (Fase Pertumbuhan) memiliki nilai Signifikan 0.0003 (< 0,05) yang menunjukkan bahwa fase pertumbuhan berpengaruh dengan jumlah Cu yang terakumulasi pada mangrove. Faktor B (Organ akar dan daun) memiliki nilai Signifikan 0.0004 (< 0,05) yang menunjukkan pula bahwa organ akar dan daun mangrove berpengaruh terhadap akumulasi Cu oleh mangrove. Interaksi antara kedua faktor memiliki nilai Signifikan 0.000 (< 0,05), hasil ini menunjukkan bahwa fase pertumbuhan dan organ tumbuhan memiliki interaksi terhadap akumulasi Cu oleh *Avicennia marina*.

Tabel 4.1.2. Rerata daya akumulasi Cu pada Interaksi Fase Pertumbuhan dengan Organ *A.marina*

Fase	Organ	
	Daun	Akar
Semai	0.020 a	0.022 a
Pancang	0.040 ab	0.100 b
Pohon	0.034 ab	0.126 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh notasi huruf yang berbeda pada kolom yang

sama berbeda nyata menurut uji DNMRD pada taraf 5%.

Hasil Uji Lanjut Duncan (Tabel 4.1.2) menunjukkan bahwa organ daun pada fase semai *A.marina* berpengaruh paling rendah terhadap kemampuan akumulasi Cu oleh mangrove, sedangkan organ akar pada fase pohon menunjukkan pengaruh paling tinggi terhadap kemampuan akumulasi Cu oleh *A.marina*, tidak berbeda nyata pula dengan Organ akar pada fase pancang yang berpengaruh tinggi dalam mengakumulasi Cu. Disamping itu, terdapat kecenderungan bahwa organ akar pada semua fase memiliki kemampuan akumulasi Cu lebih tinggi dibandingkan dengan organ Daun pada semua fase. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tam dan Wong (1996) yang menyatakan bahwa kemampuan tumbuhan mangrove mengakumulasi logam berat paling tinggi terdapat di organ terutama bagian akarnya.

kemampuan organ akar dan daun pada fase pohon yang mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan Jonathan *et. al.*, (2010) yang menyatakan bahwa kemampuan akumulasi partikel pada tanaman dari lingkungannya dipengaruhi oleh fase pertumbuhan atau umur tanaman, semakin tinggi fase pertumbuhan atau telah memasuki fase pohon maka kemampuan akumulasinya

semakin berkurang karena jaringan – jaringan dalam menjalankan metabolismenya menurun secara kualitas dan kuantitas. Selain itu, ukuran jaringan dan pembuluh pada fase pohon sudah menua dan berukuran lebih besar dibandingkan fase – fase sebelumnya, sehingga proses logam berat Cu yang terakumulasi mengalami hambatan dan waktu yang diperlukan lebih lama, sehingga tidak terlalu banyak yang terakumulasi.

Kisaran nilai BCF (Tabel 4.3.1) organ akar dan daun dari fase semai dan pancang pada pengamatan 1 dan 2, menunjukkan nilai BCF yang tidak berbeda nyata. Hal ini dapat dipengaruhi oleh jaringan pada sistem organ yang memiliki proses metabolisme dan transportasi unsur – unsur dari lingkungan yang berlangsung baik. Sesuai dengan MacFarlane (2011) bahwa proses metabolisme dan transportasi pada tumbuhan yang masih muda, dalam kasus ini fase semai dan pancang, berlangsung baik karena jaringan dalam sistem organ masih berkembang dengan baik dan belum mengalami penuaan bahkan kerusakan. Sesuai dengan Bengen (2004) bahwa pola nilai BCF fase semai tergolong sedang ($100 > BCF > 25$) dengan kisaran nilai pada organ akar 30.1 -35.8 dan daun 14.7-17.2. Kisaran nilai BCF fase pancang tergolong sedang juga ($100 > BCF > 25$) dengan kisaran

nilai pada organ akar 60.0-62.5 dan daun 22.0 – 21.2.

Kisaran nilai BCF organ akar dan daun dari fase pohon mengalami penurunan BCF yang sangat signifikan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Jonathan *et. al* (2010) menyatakan bahwa kemampuan akumulasi partikel pada tanaman dari lingkungannya dipengaruhi oleh fase pertumbuhan atau umur tanaman, semakin tinggi fase pertumbuhan atau telah memasuki fase pohon maka kemampuan akumulasinya semakin berkurang karena jaringan – jaringan dalam menjalankan metabolismenya menurun secara kualitas dan kuantitas. Sesuai dengan Bengen (2004) nilai BCF fase pohon tergolong cukup tinggi atau dengan pola ($100 > BCF > 25$) dengan kisaran nilai pada organ akar 79.7 – 92.9 dan daun 28.7 – 33.7.

Tabel 4.3.1 Tabel *Biological Concentration Factor (BCF)* Akar dan Daun *A. marina*

Waktu	Parameter	BCF (Akar)	BCF (Daun)
Pengamatan (1)	Semai	35.8	17.2
	Pancang	62.5	22.0
	Pohon	92.9	33.7

Pengamatan (2)	Semai	30.1	14.7
	Pancang	60.0	21.0
	Pohon	79.7	28.7

Hasil perhitungan BCF organ akar dan daun pada semua fase menunjukkan adanya kemampuan akar dan daun dalam mengakumulasi logam Cu dari sedimen lingkungan tempat hidupnya pada pengamatan 1 dan 2. Hal ini dapat dijadikan indikator adanya kemampuan organ akar dan daun pada semua fase *Avicennia marina* dalam mengakumulasi logam Cu dari lingkungan tempat hidupnya terutama dalam bagian akar. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian MacFarlane *et al.*, (2000), dimana logam cenderung yang terakumulasi dalam akar, sama dengan konsentrasi yang ada pada sedimen disekitarnya, sementara konsentrasi logam dalam daun adalah lebih rendah dari akar. Begitu pula MacFarlane *et al.*, (2000) menyatakan bahwa akar *Avicennia marina* dapat digunakan sebagai indikator biologis paparan lingkungan Cu, Pb dan Zn.

Nilai Koefisien Distribusi (Kd) didapatkan dengan membandingkan Kandungan logam Cu dalam air dengan yang ada pada Sedimen, sehingga dapat diketahui seberapa besar kisaran nilai kandungan Cu yang terserap dalam

sedimen di sekitar lingkungan tumbuh semua fase *Avicennia marina* di Pantai Mangkang Semarang.

Tabel 4.4.1. Hasil Perhitungan Kd

Waktu	Parameter	Kd
Pengamatan 1	Semai	1887.7
	Pancang	603.4
	Pohon	740.2
Pengamatan 2	Semai	726.3
	Pancang	493.2
	Pohon	540.5

Hasil perhitungan Koefisien Distribusi (Tabel 4.4.1) pada lingkungan tumbuh Fase Semai pada pengamatan 1 dan 2 memiliki nilai yang paling tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena pada fase semai, organ akar dan daun *A.marina* masih sedikit dalam menyerap unsur – unsur dari lingkungannya, dalam hal ini menyerap Cu dari sedimen, sehingga logam Cu yang ada di sedimen jumlahnya masih sangat banyak. Hasil diatas sesuai dengan Arisandi (2005) yang menyatakan bahwa pola nilai Kd >1000 dapat dikatakan terdistribusi tinggi, dalam hal ini kisaran Kd pada lingkungan tumbuh fase Semai adalah 1887.7 – 726.3.

Kisaran nilai Kd pada lingkungan tumbuh Fase pancang dan pohon diperoleh

hasil yang cukup tinggi. Tingginya logam Cu pada sedimen menunjukkan kemampuan sedimen tambak dalam mengakumulasi logam Cu dari air di lingkungannya. Sedimen pada Lingkungan tumbuh *A.marina* pada fase pancang sudah memiliki umur yang lama, sehingga partikel – partikel penyusun sedimen sudah tidak terlalu baik, alhasil logam Cu yang terdistribusi semakin sedikit. Selain itu, faktor tumbuhan mangrove yang sudah berukuran besar dan memiliki organ juga jaringan yang lebih besar dibandingkan fase semai, mengakibatkan logam berat Cu yang terakumulasi dalam tumbuhan lebih banyak, sehingga logam berat Cu dalam sedimen tidak terlalu banyak. Hasil diatas sesuai dengan Arisandi (2005) yang menyatakan bahwa pola nilai yaitu $1000 > Kd > 250$ terdistribusi sedang, dengan kisaran nilai 493.2 – 740.2.

KESIMPULAN

Logam Cu dalam lingkungan tumbuh *Avicennia marina* memiliki kisaran kandungan dalam sedimen 2.989-7.026 (> 7-70 mg/kg) dan dalam perairan 0.186-1.676 (>0.008 mg/l). Interaksi fase pohon dengan organ akar mengakumulasi Cu paling tinggi (0.126), sedangkan interaksi fase semai dengan organ daun mengakumulasi Cu paling rendah (0.020). Kemampuan akumulasi Cu *Avicennia*

marina yang paling tinggi terdapat pada organ akar (5.461), sedangkan organ daun mengakumulasi Cu lebih rendah (1.993). Terdapat pengaruh interaksi organ *Avicennia marina* (akar dan daun) dengan fase pertumbuhan (Semai, Pancang dan Pohon) dalam mengakumulasi logam berat Cu dari lingkungan. Kisaran nilai BCF yang paling tinggi adalah pada interaksi fase pohon dengan organ akar (46.2-92.9), sedangkan yang paling rendah adalah pada interaksi fase Semai dengan organ daun (14.7-17.2). Nilai Kd yang paling tinggi pada lingkungan fase semai (726.3-1887.7), sedangkan yang paling rendah terdapat pada lingkungan fase pancang (493.2-603.4).

DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi P. 2005. *Mangrove Surabaya east coast, the forgotten forest*. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah.
- Ciliberti, A., P. Berny, M.L. Delignette-Muller dan V. de Buffrénil. 2011. *The Nile Monitor (Varanus niloticus; Squamata: Varanidae) as A Sentinel Species for Lead and Cadmium Contamination in Sub-Saharan Wetlands*. Science of the Total Environment 409: 4735 – 4745.
- Dwidjoseputro, D. 1974. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. PT. Gramedia : Jakarta.
- Floweret, T.J. 1977. *The Mechanism of Salt Tolerance in Halophytes*. Nv. Rev. Plant Physiology. 28 : 89 – 121.
- Hardiani, H. 2009. *Potensi Tanaman Dalam Mengakumulasi Logam Cu Pada Media Tanah Terkontaminasi Limbah Padat Industri Kertas*. Berita Selulosa 44(1) : 27 – 40.
- Hastuti, E.D., S. Anggoro dan R. Pribadi. 2013. *Pengaruh Jenis dan Kerapatan Vegetasi Mangrove terhadap Kandungan Cd dan Cr Sedimen di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak*. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 2013: 331 – 336.
- Jonathan, M. P; S. K. Sarkar; P. D. Roy; Md. A. Alam; M. Chatterjee; B. D. Bhattacharya; A. Bhattacharya and K. K. Satpathy, 2010. *Acid leachable trace metals in sediment cores from Sunderban Mangrove*. Wetland, India: an approach towards regular Monitoring, Ecotoxicology 19: 405–418.
- Kamaruzzaman, B.Y., B.A. John, B.Z. Maryam, K.C.A. Jalal dan S. Shahbuddin. 2012. *Bioaccumulation of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu and Zn) in Scylla serrata (Forsskal 1775)*

- Collected from Sungai Penor, Pahang, Malaysia*. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 35(1): 183 – 190.
- Kamaruzzaman, B.Y., M.C. Ong, K.C.A. Jalal, S. Shahbudin dan O.M. Nor. 2009. *Accumulation of Lead and Copper in Rhizophora apiculata from Setiu Mangrove Forest, Terengganu, Malaysia*. *Journal of Environmental Biology* 30(5): 821 – 824.
- Kitamura, S., C. Anwar, A. Chaniago dan S. Baba. 1997. *Handbook of Mangrove in Indonesia*. Bali and Lombok. JICA/ISME.Denpasar. 119 hal.
- Kumar N.J.I; P.R. Sajish; Rita N Kumar; Basil George and Shailendra Viyol. 2011. *Bioaccumulation of Lead, Zinc and Cadmium in Avicennia marina Mangrove Ecosystem near Narmada Estuary in Vamleshwar, West Coast of Gujarat, India*. *J. Int. Environmental Application & Science*. 6 (1): 008-013.
- MacFarlane, G.R., M.D. Burchett. 2000. *Cellular Distribution of Copper, Lead and Zinc in the Grey Mangrove, Avicennia marina (Forsk.) Vierh.* *Aquatic Botany* 68: 45–59.
- Martuti, NKT. 2012. *Analisis Logam Berat Pb dan Cu Pada Bandeng di Tambak Wilayah Tapak, Semarang*. Laporan Penelitian. Universitas Negeri Semarang.
- Martuti, NKT. 2013. *Kajian Dinamika Logam Berat Cu Pada Ekosistem Mangrove Untuk Perbaikan Kualitas Lingkungan Tambak Bandeng*. Laporan Penelitian. Universitas Negeri Semarang.
- Mulyadi, E., Laksmono. R., Aprianti. D., 2009. *Fungsi Mangrove Sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat*. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1:33-40.
- Nazli, M.F. dan N.R. Hashim. 2010. *Heavy Metal Concentrations in An Important Mangrove Species, Sonneratia caseolaris, in Peninsular Malaysia*. *Environment Asia* 3(1): 50 – 55.
- Noor, Y.R., Khazali, M., Suryadiputra, I.N.N., 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP, Bogor.
- Parvaresh, H., Z. Abedi, P. Farshchi, M. Karami, N. Khorasani and A. Karbassi. 2010. *Bioavailability and Concentration of Heavy Metals in the Sediments and Leaves of Grey Mangrove, Avicennia marina (Forsk.) Vierh, in Sirik Azini Creek, Iran*. *Biol. Trace Elem. Res.* DOI 10.1007/s12011-010-8891-y.
- Selvaraj, K., V. Ram Mohan and P. Szefer. 2004. *Evaluation of Metal Contamination in Coastal Sediments of the Bay of Bengal, India: Geochemical*

- and Statistical Approaches*. Marine Pollution Bulletin 49: 174 – 185.
- Silva CAR, Silva AP and Oliveira SR. 2006. *Concentration, Stock and Transport Rate of Heavy Metal in A Tropical Red Mangrove*. Marine Chemistry Journal 99 : 2-11.
- Sinha S. 1999. *Accumulation of Cu, Cd, Cr, Mn and Pb from artificially contaminated soil by Bacopa Monnieri*. J. Environmental Monitoring and Assessment 57 (3): 253-264.
- Tam NFY and Wong, YS. 1996. *Retention and distribution of heavy metals in mangrove soils receiving wastewater*. Journal Environmental Pollution 94: 283-291.
- Tomlinson, P.B. 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ulqodry, TZ. 2001. *Kandungan Logam Berat dalam Jaringan Mangrove Sonneratia alba dan Avicennia marina di Pulau Ajkwa dan Pulau Kamora, Kabupaten Timika, Papua*. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Jurusan Ilmu Kelautan UNDIP. Semarang.
- Werner, G.E and Stelzer, W.H. 1990. *Ecology of Halophytes*. Acaid. Press, Inc. New York. Pp. 51-74.
- Yunus, K., N.M. Yusuf, N.A.M. Shazili, O.M. Chuan, S. Saad, A.J.K. Chowdhury and J. Bidai. 2011. *Heavy Metal Concentration in the Surface Sediment of Tanjung Lumpur Mangrove Forest, Kuantan, Malaysia*. Sains Malaysiana 40(2): 89 – 92.

