

**VARIASI KANDUNGAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) PADA KAWASAN
EKOSISTEM MANGROVE DAN KORELASINYA DENGAN KERAPATAN
MANGROVE DI WILAYAH PESISIR SEMARANG DAN DEMAK**

Endah Dwi Hastuti*

*Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang

ABSTRACT

Information concerning the distribution of heavy metal concentration in coastal area is needed to be observed as early indication of environment pollution. Among heavy metal pollution existed in coastal area, Copper (Cu) is one of the most utilized in anthropological and industrial activities. Most of pollutant disposed from land activities are accumulated in coastal area such as mangrove ecosystem. This research aimed to study the distribution of heavy metal Cu in the sediment of mangrove in Semarang and Demak coastal area; to study the pollution level of Cu in mangrove sediment; and to analyze the correlation of mangrove abundance and concentration of Cu in the mangrove sediment. The research was conducted through observation involving 2 location: Semarang and Demak with 4 sampling station on each location and 3 sampling points at each stations. Observation variables including abundance of mangrove tree, sapling and seedling and concentration of Cu in the mangrove sediment. Analysis was conducted through correlation analysis. The result showed the abundance of mangrove tree ranged from 1,633 – 5,600 stands/ha; sapling ranged from 133 – 28,000 stands/ha; and seedling coverage ranged from 0.83% - 60.33%. while the concentration of Cu in the sediment was ranged from 5.761 – 31.241 mg/kd. The concentration of Cu in the sediment did not exceed the standart quality recommended by US-EPA (2004) with 49.98 ppm as minimum concentration of polluted sediment. The statistical analysis conducted through correlation showed there were negative correlation of mangrove tree and sapling to concentration of Cu sedimen with correlation coefficient of -0,517 ($P < 0,05$) and -0,756 ($P < 0,05$), while coverage of mangrove sapling has possitive correlation to concentration of Cu sediment with correlation coefficient of 0,233 ($P < 0,05$).

Keywords: sediment, Cu, mangrove, pollution, abundance

ABSTRAK

Informasi mengenai 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 mengkaji distribusi logam berat Cu sedimen di wilayah pesisir Semarang dan Demak; mengkaji tingkat pencemaran Cu pada sedimen mangrove; serta mengkaji bagaimana hubungan kerapatan mangrove dengan konsentrasi Cu sedimen. Penelitian dilakukan dengan metode observasi dengan melibatkan 2 lokasi yaitu Kota Semarang dan Kabupaten Demak dengan jumlah stasiun pada masing-masing lokasi sebanyak 4 stasiun dan 3 titik pengambilan sampel pada masing-masing stasiun. Variabel yang diamati meliputi kerapatan pohon, pancang dan semai mangrove serta kandungan logam berat Cu pada sedimen dalam ekosistem mangrove. Analisis data dilakukan dengan uji korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerapatan total pohon mangrove berkisar antara 1.633 – 5.600 tegakan/ha; pancang berkisar antara 133 – 28.000 tegakan/ha; dan semai berkisar antara 0,83% - 60,33%. Sementara kandungan logam Cu sedimen di lokasi penelitian berkisar antara 5,761 – 31,241 mg/kg. Kandungan Cu sedimen di lokasi penelitian belum termasuk dalam kategori tercemar karena masih berada dibawah ambang baku mutu menurut US-EPA (2004) yaitu sebesar 49,98 ppm. Hasil uji statistik dengan korelasi menunjukkan adanya korelasi negatif antara kerapatan pohon dan pancang mangrove terhadap kandungan Cu sedimen yaitu sebesar -0,517 ($P < 0,05$) dan -0,756 ($P < 0,05$), sedangkan kerapatan semai mangrove menunjukkan korelasi yang positif terhadap kandungan Cu sedimen yaitu sebesar 0,233 ($P < 0,05$).

Kata-kata Kunci: sedimen, Cu, mangrove, pencemaran, kerapatan

LATAR BELAKANG

Logam berat merupakan bahan yang banyak ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Berbagai jenis logam digunakan baik untuk keperluan rumah tangga maupun industri. Hu *et al.* (2013) menyebutkan bahwa sumber pencemaran logam Cd, Cu dan Zn berasal dari limbah rumah tangga, logam Pb didominasi oleh limbah rumah tangga, sedangkan Mn, Co, Fe, Cr dan Ni berasal dari pengikisan batuan. Sumber-sumber tersebut diantaranya berasal dari pembakaran, industri, pestisida, insektisida, pupuk, kosmetik dan lain sebagainya (Parth *et al.*, 2011; Li dan Chen, 2005; Amune *et al.*, 2012).

Salah satu fungsi vegetasi mangrove di wilayah pesisir adalah sebagai pemerangkap logam berat. Yunus *et al.* (2011) menyebutkan bahwa mangrove mampu memerangkap logam berat yang masuk ke dalam ekosistem dan menahannya agar tidak langsung masuk ke dalam ekosistem lain. Menurut Sany *et al.* (2012), pemerangkapan logam berat dalam ekosistem mangrove dilakukan oleh sedimen. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada dasarnya terdapat keterkaitan yang erat antara kandungan logam berat sedimen dengan kandungan logam berat terlarut dalam air. Pemerangkapan logam berat dalam sedimen oleh vegetasi mangrove dimiliki baik pada strata semai, pancang

maupun pohon dengan kemampuan yang bervariasi (Hastuti *et al.*, 2013).

Vegetasi 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 dan Hashim (2010), selain bagian daun mangrove, akar mangrove juga mampu mengakumulasi logam berat. Kemampuan daun dan akar mangrove dalam mengakumulasi logam berat relatif lebih tinggi dibandingkan dengan jenis vegetasi lain. Hasil penelitian tersebut menyebutkan bahwa konsentrasi logam berat yang ditemukan pada daun *Sonneratia caseolaris* sebesar 35,5 µg/g (Pb); 26,8 µg/g (Cu); 9,5 µg/g (Cr); 5,9 µg/g (Zn); dan 1,0 µg/g (Cd).

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).

Menurut Selvaraj *et al.* (2004), Cu cenderung terakumulasi dalam sedimen dan konsentrasi Cu dalam sedimen menunjukkan tingkat pencemaran Cu dalam perairan.

Akumulasi Cu dalam vegetasi dapat mengakibatkan stres pada tanaman. Berdasarkan penelitian Yurekli dan Porgali (2006), penyerapan logam Cu secara berlebih pada tanaman kacang-kacangan mengakibatkan menurunnya kandungan klorofil pada daun. Penelitian lain yang dilakukan oleh Xing *et al.* (2010) terhadap tanaman air menunjukkan efek disintegrasi koloni tumbuhan air dan terpisahnya ikatan akar pada koloni akibat terakumulasinya logam besi (Fe) dan tembaga (Cu). Hal tersebut dikarenakan terhambatnya penyerapan fosfat dan nitrogen oleh tumbuhan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Defew *et al.* (2005), besarnya kandungan logam berat yang masuk ke dalam ekosistem mangrove dapat mengancam keberlanjutan vegetasi mangrove. Hal ini diindikasikan dengan menurunnya jumlah semai dan pancang pada jenis-jenis mangrove tertentu. Ekosistem mangrove cenderung didominasi oleh jenis vegetasi yang memiliki toleransi tinggi terhadap logam berat. Penelitian yang

dilakukan oleh Mendoza *et al.* (2013) menunjukkan bahwa peningkatan kandungan Cu^{+2} mengakibatkan terjadinya penurunan tingkat fotosintesis yang disebabkan oleh penurunan laju pertukaran gas pada klorofil. Selain dampaknya terhadap vegetasi mangrove, akumulasi logam berat di dalam ekosistem mangrove juga dapat berdampak pada terjadinya bioakumulasi pada hewan air yang berasosiasi dengan mangrove seperti kepiting (Kamaruzzaman *et al.*, 2012). Hal inilah yang membutuhkan perhatian terkait konsentrasi logam berat di wilayah pesisir.

Kurangnya informasi mengenai sebaran logam berat di wilayah pesisir merupakan kendala untuk mengetahui tingkat bahaya suatu lingkungan. Di Kota Semarang dan Kabupaten Demak merupakan daerah dengan tingkat aktivitas kependudukan dan industri yang tinggi, sehingga potensi terjadinya pencemaran juga relatif tinggi. Terlebih, banyak masyarakat pesisir yang memanfaatkan kawasan di sekitar mangrove sebagai daerah penangkapan dan budidaya tambak. Untuk itu perlu diketahui bagaimana distribusi kandungan logam berat di lingkungan pesisir khususnya pada ekosistem mangrove serta hubungan tingkat kerapatan mangrove dengan kandungan

logam di sekitarnya. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji distribusi logam berat Cu sedimen di wilayah pesisir Semarang dan Demak; mengkaji tingkat pencemaran Cu pada sedimen mangrove; serta mengkaji bagaimana hubungan kerapatan mangrove dengan konsentrasi Cu sedimen.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di wilayah pesisir Kota Semarang dan Kabupaten Demak dengan jumlah stasiun sebanyak 8 stasiun dimana masing-masing lokasi terdapat 4 stasiun pengamatan. Penentuan stasiun dilakukan berdasarkan klaster (kelompok) komunitas vegetasi mangrove di masing-masing lokasi. Jumlah titik pengambilan sampel pada masing-masing stasiun sebanyak 3 titik. Sehingga, secara keseluruhan terdapat 24 titik pengambilan sampel.

Variabel-variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi kandungan logam berat Cu dalam sedimen, serta kerapatan mangrove pada masing-masing lokasi. Komunitas mangrove yang diamati meliputi strata semai hingga strata pohon (semai, pancang, pohon). Pengambilan sampel dilakukan dengan transek. Pengamatan kerapatan pohon mangrove dilakukan dengan transek berukuran 10 x 10 m². Sementara pancang mangrove

diamati dengan transek berukuran 5 x 5 m², sedangkan semai mangrove diamati dengan transek berukuran 1 x 1 m². Pengambilan sampel logam berat baik di air maupun sedimen dilakukan di dalam transek pancang.

Analisis kelimpahan vegetasi dihitung secara kumulatif dari seluruh jenis mangrove di masing-masing titik pada setiap strata. Analisis kandungan logam dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang. Analisis hubungan kerapatan mangrove dengan kandungan Cu sedimen dilakukan uji korelasi. Hal ini bertujuan untuk mengkaji tingkat hubungan kerapatan mangrove dengan kandungan Cu di lokasi penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jenis-jenis mangrove yang tersebar di wilayah pesisir Kota Semarang dan Kabupaten Demak meliputi jenis yang bervariasi pada masing-masing strata. Pada strata pohon, jenis mangrove yang ditemukan meliputi: *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia alba*, *Brugueira cylindrica*, *Rhizophora apiculata* dan *Rhizophora stylosa*. Sedangkan pada strata pancang, jenis mangrove yang ditemukan meliputi: *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia alba*,

Brugueira cylindrica, *Cerrop decandra*,
Excoecaria agallocha, *Rhizophora*
apiculata, *Rhizophora stylosa* dan
Sonneratia casiolearis. Sementara pada
 strata semai, jenis mangrove yang

ditemukan meliputi: *Avicennia marina*,
Rhizophora mucronata, *Avicennia alba*,
Rhizophora apiculata, *Rhizophora stylosa*
 dan *Sonneratia casiolearis*.

Tabel 1. Pengamatan Kerapatan Mangrove dan Kandungan Cu (mg/kg) Sedimen di Lokasi Penelitian

Lokasi	Stasiun	Transek	Pohon	Pancang	Semai	Cu
Demak	A	1	4.067	3.067	0,0250	13,702
Demak	A	2	4.433	2.667	0,0333	15,112
Demak	A	3	5.600	13.467	0,0083	14,199
Demak	B	1	3.033	2.400	0,0167	16,205
Demak	B	2	3.900	3.200	0,1417	18,578
Demak	B	3	3.133	4.267	0,2000	13,649
Demak	C	1	3.833	28.000	0,1083	12,042
Demak	C	2	5.033	18.667	0,1667	12,827
Demak	C	3	4.600	13.333	0,0167	13,541
Demak	D	1	4.100	7.067	0,2250	16,754
Demak	D	2	5.600	8.000	0,6033	19,593
Demak	D	3	4.333	6.533	0,3250	16,288
Semarang	A	1	2.733	1.067	0,0500	30,932
Semarang	A	2	4.033	1.200	0,5833	29,371
Semarang	A	3	3.533	133	0,1500	31,241
Semarang	B	1	1.933	267	-	20,161
Semarang	B	2	1.633	1.467	-	29,938
Semarang	B	3	4.067	4.133	0,0333	26,183
Semarang	C	1	2.767	3.867	0,4333	9,554
Semarang	C	2	3.100	2.667	0,4167	-
Semarang	C	3	4.833	2.933	0,0333	5,761
Semarang	D	1	2.167	-	-	28,863
Semarang	D	2	2.233	-	-	26,377
Semarang	D	3	1.667	-	-	21,591

Kerapatan total vegetasi mangrove pada strata pohon di lokasi penelitian antara 1.633 – 5.600 tegakan/ha; pancang berkisar

antara 133 – 28.000 tegakan/ha; dan semai berkisar antara 0,83% - 60,33%. Sementara logam berat Cu sedimen ditemukan di

seluruh stasiun pengamatan dengan konsentrasi berkisar antara 5,761 – 31,241 mg/kg. Hasil pengamatan terhadap kerapatan mangrove dan kandungan logam Cu di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1.

Hasil pengamatan yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat variasi kerapatan mangrove baik pada strata pohon, pancang maupun semai. Demikian pula dengan kandungan logam Cu sedimen. Hasil pengamatan terhadap kandungan Cu sedimen menunjukkan bahwa kandungan Cu sedimen di lokasi penelitian masih berada di bawah standar baku mutu lingkungan. Hal ini berarti bahwa jumlah tersebut belum berbahaya atau mengancam. Baku mutu sedimen untuk logam Cu adalah sebesar 49,98 ppm (US-EPA, 2004).

Untuk mengetahui apakah terdapat hubungan antara kerapatan mangrove dengan kandungan logam Cu sedimen tersebut, maka dilakukan analisis korelasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang signifikan antara kerapatan mangrove dengan kandungan Cu sedimen di lokasi penelitian. Hasil analisis korelasi dengan uji Spearman terhadap kerapatan pohon mangrove dan konsentrasi Cu sedimen menunjukkan koefisien sebesar -0,517 dengan probabilitas sebesar 0,000 ($< 0,05$). Sementara analisis korelasi antara kerapatan pancang dengan konsentrasi Cu

sedimen menunjukkan koefisien sebesar -0,756 dengan probabilitas sebesar 0,000 ($< 0,05$). Sedangkan analisis korelasi antara kerapatan semai dengan konsentrasi Cu sedimen menunjukkan koefisien sebesar 0,233 dengan probabilitas 0,000 ($< 0,05$).

Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa kerapatan mangrove pada strata pohon dan pancang berkorelasi negatif dengan konsentrasi Cu sedimen. Artinya, semakin tinggi kerapatan mangrove pada strata pohon dan pancang, maka konsentrasi Cu sedimen akan semakin sedikit. Sementara kerapatan semai mangrove berkorelasi positif dengan konsentrasi Cu sedimen yang berarti bahwa semakin tinggi kerapatan semai mangrove maka konsentrasi Cu sedimen juga akan semakin tinggi.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bagaimana hubungan mangrove dengan kandungan logam berat sedimen, khususnya tembaga (Cu). Ekosistem mangrove berperan sebagai pemerangkap logam berat. Logam berat yang masuk ke dalam ekosistem mangrove akan semakin terakumulasi. Hasil penelitian Ashokkumar *et al.* (2009) menunjukkan bahwa kandungan logam berat Cu dalam badan air dapat mencapai 102,817 – 258,7 $\mu\text{g/l}$. Sementara penelitian Kamaruzzaman *et al.* (2011) menunjukkan bahwa

kandungan Cu dalam sedimen dapat mencapai 117,4 mg/kg.

Peranan vegetasi mangrove dalam penyerapan bahan pencemar telah banyak diketahui, termasuk perannya dalam penyerapan logam berat. Kamaruzzaman *et al.* (2009) menyebutkan bahwa mangrove memiliki kemampuan dalam penyerapan logam berat dari lingkungan di sekitarnya. Logam berat yang diserap oleh mangrove tersebut kemudian terakumulasi di organ-organ mangrove seperti daun, kulit batang dan akar. Konsentrasi kandungan logam Cu berdasarkan penelitian Kamaruzzaman *et al.* (2009) pada daun, kulit batang dan akar masing-masing sebesar 2,73 mg/l; 3,94 mg/l dan 5,21 mg/l dengan konsentrasi pada sedimen sebesar 9,42 mg/l.

Hubungan kerapatan semai mangrove dengan kandungan Cu sedimen menunjukkan bahwa semakin tinggi kerapatan semai maka kandungan Cu sedimen juga semakin tinggi. Hal ini berkaitan dengan terjadinya pengendapan dan pengikatan Cu oleh sedimen mangrove. Tingginya kerapatan semai mangrove secara tidak langsung akan menurunkan kecepatan aliran air yang menyebabkan tingkat pengendapan atau pengikatan logam semakin tinggi. Strom *et al.* (2011) menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar

lanau dalam sedimen, maka kandungan Cu juga semakin tinggi. Disamping itu masih rendahnya kemampuan mangrove strata semai mengabsorpsi Cu juga mendukung tingginya Cu sedimen yang diakumulasikan. Sedangkan pada strata pohon dan pancang kemampuan absorpsi terhadap Cu lebih tinggi daripada semai sehingga mampu menurunkan akumulasi Cu dalam sedimen sehingga terjadi korelasi yang negatif.

KESIMPULAN

Distribusi kandungan logam berat Cu dalam sedimen di wilayah pesisir Kota Semarang dan Kabupaten Demak bervariasi dengan kisaran antara 5,761 – 31,241 mg/kg. Konsentrasi tersebut masih berada di bawah baku mutu kualitas sedimen yaitu sebesar 49,98 ppm, yang berarti bahwa kualitas sedimen dalam ekosistem mangrove di wilayah pesisir Kota Semarang dan Kabupaten Demak belum tercemar. Kandungan Cu di wilayah pesisir Kota Semarang dan Kabupaten Demak berkorelasi dengan kerapatan mangrove baik pada strata pohon, pancang maupun semai. Kerapatan mangrove strata pohon dan pancang menunjukkan korelasi negatif sedangkan strata semai menunjukkan korelasi positif terhadap logam berat Cu.

DAFTAR PUSTAKA

- Amune, M., O. Christiana dan S. Kakulu. 2012. Impact of Mining and Agriculture on Heavy Metal Levels in Environmental Samples in Okehi Local Government Area of Kogi State. *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol.* 12(2): 66 – 77.
- Ashokkumar, S., P. Mayavu, P. Sampathkumar, P. Manivasagam dan G. Rajaram. 2009. Seasonal Distributin of Heavy Metals in the Mullipallam Creek of Muthupettai Mangroves (Southeast Coast of India). *American-Eurasian Journal of Scientific Research* 4(4): 308 – 312.
- Chen, C.W., C.F. Chen dan C.D. Dong. 2012. Copper Contamination in the Sediments of Love River Mouth, Taiwan. *International Journal of Chemical Engineering and Applications* 3(1): 58 – 62.
- Ciliberti, A., P. Berny, M.L. Delignette-Muller dan V. de Buffr nil. 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.
- Defew, L.H., J.M. Mair dan H.M. Guzman. 2005. An Assessment of Metal Contamination in Mangrove Sediments and Leaves from Puta Mala Bay, Pacific Panama. *Marine Pollution Bulletin* 50: 547 – 552.
- 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.
- Hu, Y., X. Liu, J. Bai, K. Shih, E.Y. Zeng dan H. Cheng. 2013. Assessing Heavy Metal Pollution in the Surface Soils of A Region that Had Undergone Three Decades of Intense Industrialization and Urbanization. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20: 6150 – 6159. DOI 10.1007/s11356-013-1668-z
- 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.
- Kamaruzzaman, B.Y., M.Y. Nurulnadia, M.S.N. Azhar, S. Shahbudin dan B. Joseph. 2011. Vertical Variation of Lead, Copper and Manganese in Core Sediments Collected from Tanjung Lumpur Mangrove Forest, Pahang, Malaysia. *Sains Malaysiana* 40(8): 827 – 830.
- Li Y.X., Chen T.B. 2005. Concentrations of Additive Arsenic in Beijing Pig Feeds and Residues in Pig Manure. *Resources, Conservation and Recycling* 45: 356 – 367.
- Mendoza, D.G., F.E. Gil, F.E. Garcia, J.M. Santamaria dan O.Z. Perez. 2013. Copper Stress on Photosynthesis of Black Mangle (*Avicennia germinans*). *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 85(2): 665 – 670.

- 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.
- Parth, V., N.N. Murthy dan P.R. Saxena. 2011. Assessment of Heavy Metal Contamination in Soil Around Hazardous Waste Disposal Sites in Hyderabad City (India): Natural and Anthropogenic Implications. *E3 Journal of Environmental Research and Management* 2(2): 27 – 34.
- Parvaresh, H., Z. Abedi, P. Farshchi, M. Karami, N. Khorasani dan 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
- Sany, S.B.T., A. Salleh, A.H. Sulaiman, A. Sasekumar, G. Tehrani dan M. Rezayi. 2012. Distribution Characteristics and Ecological Risk of Heavy Metals in Surface Sediments of West Port, Malaysia. *Environment Protection Engineering* 38(4): 139 – 155. DOI: 10.5277/EPE120412
- Selvaraj, K., V. Ram Mohan dan 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.
- Shrivastava, A.K. 2009. A Review on Copper Pollution and Its Removal from Water Bodies by Pollution Control Technologies. *IJEP* 29(6): 552 – 560.
- Strom, D., S.L. Simpson, G.E. Batley dan D.F. Jolley. 2011. The Influence of Sediment Particle Size and Organic Carbon on Toxicity of Copper to Benthic Invertebrates in Oxic/Suboxic Surface Sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry* 30(7): 1599 – 1610.
- US-EPA.2004. The Incidence and Severity of Sediment Contamination in Surface Waters of the United States, National Sediment Quality Survey: Second Edition. United States Environmental Protection Agency, Standards and Health Protection Division, Washington, DC 20460.
- Xing, W., W. Huang dan G. Liu. 2010. Effect of Excess Iron and Copper on Physiology of Aquatic Plant *Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid. *Environmental Toxicology* 25: 103 – 112.
- Yunus, K., N.M. Yusuf, N.A.M. Shazili, O.M. Chuan, S. Saad, A.J.K. Chowdhury dan J. Bidai. 2011. Heavy Metal Concentration in the Surface Sediment of Tanjung Lumpur Mangrove Forest, Kuantan, Malaysia. *Sains Malaysiana* 40(2): 89 – 92.
- Yurekli, F. dan Z.B. Porgali. 2006. The Effects of Excessive Exposure to Copper in Bean Plants. *Acta Biologia Cracoviensia Series Botanica* 48(2): 7 – 13.