

Pengaruh Jenis dan Kerapatan Vegetasi Mangrove terhadap Kandungan Cd dan Cr Sedimen di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak

Endah Dwi Hastuti¹⁾, Sutrisno Anggoro²⁾, dan Rudhi Pribadi²⁾

¹⁾ Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, Semarang, 50275 Indonesia

²⁾ Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro Semarang, 50275 Indonesia

Email: endah_pdil@yahoo.com

ABSTRACT

The role of mangrove vegetation as the filter of pollutant materials needs further study, especially concerning the effort of managing coastal ecosystem pollution. This research aimed to study the effect of mangrove vegetation species and abundance to the sediment Cd and Cr concentration in Semarang and Demak coastal area. Data collection was conducted through transect method including 8 stations and 3 transect on each station. Vegetation data was grouped to its species and stages. Heavy metal sample were collected from the same transect, which was the sediment sand. Data analysis was conducted with regression and modeling with POverSIM. Field observation showed that mangrove vegetation in Semarang and Demak was dominated by Avicennia and Rhizophora. Abundance of Avicennia tree was ranged from 600 – 4.700 stands/ha, while the sapling ranged from 1.867 – 18.000 stands/ha and 16.667 – 150.000 stands/ha for seedling stage. Rhizophora abundance was ranged from 1.422 – 6.517 stands/ha, while sapling abundance was ranged from 1.600 – 13.822 stands/ha and seedling abundance was ranged from 22.000 – 305.556 stands/ha. The concentration of Cd found in sampling transect ranged from 2.3 – 33 mg/kg while Cr was ranged from 1.1 – 7.4 mg/kg. Data analysis showed that mangrove vegetation role the concentration of Cd and Cr. The Cr was effected by Rhizophora tree, sapling and seedling. While the concentration of Cd was effected by the abundance of Rhizophora tree and Avicennia seedling. Rhizophora tree and seedling had possitive effect on the Cr concentration, while Rhizophora sapling had negative effect. While Rhizophora tree had polinomial effect on Cd concentration while Avicennia seedling had possitive effect.

Keywords: mangrove, sediment, Cd concentration, Cr concentration

1. PENDAHULUAN

Logam berat merupakan salah satu jenis pencemar yang banyak ditemukan pada ekosistem mangrove. Berbagai jenis logam seperti Fe, Mn, Cr, Cu, Co, Ni, Pb, Zn dan Cd merupakan jenis-jenis logam yang banyak ditemukan di ekosistem mangrove (Marchand et al., 2006). Konsentrasi logam berat dalam ekosistem mangrove terus mengalami peningkatan karena terjadinya akumulasi. Berbagai aktivitas manusia seperti industrialisasi dan urbanisasi memberikan dampak jangka panjang terhadap lingkungan, termasuk kontaminasi logam berat pada ekosistem mangrove (Davari et al., 2012).

Akumulasi logam pada ekosistem mangrove terjadi baik pada sedimen maupun perairan (terlarut). Sedimen mangrove memiliki kemampuan untuk menahan logam berat dari perairan, baik dari sungai maupun dari pasang surut (Tam dan Wong, 1996). Mochado et al. (2002) menyebutkan bahwa struktur komunitas mangrove memiliki peran dalam pengendalian transport logam ke perairan di sekitarnya. Mangrove menyerap logam berat yang terdapat dalam lingkungan sehingga mampu mengurangi aliran logam berat ke perairan pantai.

Parvaresh et al. (2010) menyebutkan bahwa selain dapat terakumulasi dalam sedimen, logam berat juga dapat terakumulasi dalam struktur mangrove. Dampak dari akumulasi logam berat dalam vegetasi mangrove adalah penurunan laju dekomposisi serasah. Ahmed dan Shaukat (2012) menyebutkan bahwa daun mangrove yang mengandung Pb yang lebih tinggi menyebabkan laju dekomposisinya lebih rendah.

Tingginya pencemaran logam dalam ekosistem mangrove tentunya berdampak pada terjadinya bioakumulasi logam pada biota yang hidup di ekosistem mangrove (Kruitwagen et al., 2008). Wolf et al. (2001) menunjukkan bahwa logam berat yang terakumulasi mangrove mengalami bioakumulasi dalam jaringan hewan Gastropoda yang berasosiasi dengan mangrove, antara lain Cr dan Zn.

Logam berat kadmium (Cd) dan kromium (Cr) merupakan jenis logam yang banyak ditemukan di perairan. Borkar et al. (2006) menyebutkan bahwa Cd digunakan dalam berbagai industri seperti industri pelapisan, pewarna, pembuatan plastik, baterai dan campuran. Pada vegetasi mangrove, Cd paling banyak terakumulasi pada bagian daun dan semakin tinggi pohon mangrove maka akumulasi Cd dalam tanaman juga semakin tinggi (Kumar et al., 2010). Sementara menurut Ravikumar et al. (2009), Cd memberikan dampak negatif terhadap bakteri pengurai fosfat yang

terdapat di ekosistem mangrove. Semakin tinggi kandungan Cd lingkungan akan berdampak pada penurunan tingkat pertumbuhan dan aktivitas pelarutan fosfat oleh bakteri.

Sementara kromium (Cr) merupakan jenis logam yang banyak dalam berbagai industri, seperti sebagai katalis, obat-obatan, penyamakan kulit, pengawetan kayu, pewarna, cat, tinta, pencegah korosi logam dan campuran (Bielicka et al., 2005). Bielicka et al. (2005) menyatakan bahwa Cr(III) memberikan dampak positif bagi manusia, sedangkan Cr(VI) memberikan dampak negatif. Pengaruh akumulasi Cr terhadap vegetasi mangrove dijelaskan oleh Rahman et al. (2009) dimana akumulasi Cr menyebabkan terhambatnya perkembangan semai mangrove. Dampak yang teramati yaitu pohon yang lebih pendek, jumlah daun yang lebih sedikit, serta biomassa yang lebih rendah. Cr dalam vegetasi mangrove lebih banyak diakumulasi pada bagian akar. Penelitian lain yang dilakukan oleh Kumar et al. (2010) menunjukkan bahwa *Avicennia marina* berpotensi sebagai phytoremediation untuk logam berat.

Kawasan pesisir Semarang dan Demak merupakan wilayah dengan tekanan ekologis yang besar dimana suplai bahan pencemar (termasuk logam) cukup tinggi. Tingginya pencemaran tersebut disebabkan oleh pemanfaatan kawasan daratan sebagai kawasan industri dan pemukiman. Peningkatan peran vegetasi mangrove merupakan salah satu cara untuk mengatasi terjadinya pencemaran logam di perairan pesisir. Namun, bagaimana peran mangrove terhadap dinamika kandungan logam berat Cd dan Cr di wilayah pesisir Semarang dan Demak belum diketahui. Untuk menjawab pertanyaan tersebut, maka penelitian ini ditujukan untuk mengkaji model pengaruh jenis dan kerapatan vegetasi mangrove terhadap kandungan Cd dan Cr di wilayah pesisir Semarang dan Demak.

2. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di wilayah pesisir Semarang dan Demak, meliputi kondisi komunitas mangrove dan kandungan logam berat pada sedimen. Pengamatan vegetasi dilakukan menggunakan transek. Pada masing-masing lokasi terdapat 4 line transek (stasiun) dimana pada masing-masing stasiun terdapat 3 plot transek. Pengamatan dilakukan terhadap strata mangrove meliputi strata pohon, strata pancang dan strata semai. Pengamatan mangrove pada strata pohon meliputi transek dengan ukuran 10 x 10 m. Kriteria pohon mangrove adalah tegakan dengan ukuran diameter batang ≥ 4 cm. Pengamatan strata pancang mangrove meliputi transek dengan ukuran 5 x 5 m yang merupakan bagian dari transek pada pengamatan pohon. Kriteria mangrove pada strata pancang adalah tegakan dengan ukuran tinggi > 1 m dengan diameter batang > 1 cm dan < 4 cm. Sementara untuk tingkatan semai, pengamatan dilakukan pada transek dengan ukuran 1 x 1 m yang merupakan bagian dari transek pada pengamatan pohon. Kriteria mangrove strata semai adalah tegakan mangrove dengan ukuran diameter batang ≤ 1 cm dan tinggi ≤ 1 m.

Pengambilan sampel sedimen dilakukan pada masing-masing transek pengamatan mangrove. Sampel sedimen yang diperoleh kemudian dianalisis di laboratorium untuk mengetahui kandungan logam berat Cd dan Cr pada masing-masing sampel (transek). Uji kandungan logam Cd dan Cr dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro.

Analisis pengaruh mangrove terhadap kandungan logam berat Cd dan Cr dalam sedimen dilakukan dengan analisis regresi. Mangrove dinyatakan berpengaruh terhadap kandungan logam Cd dan Cr apabila memiliki koefisien determinasi (r^2) $> 50\%$ dan / atau yang memiliki probabilitas (p) $\leq 0,1$.

3. HASIL DAN DISKUSI

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan terdapat 9 jenis vegetasi mangrove yang tersebar di wilayah pesisir Semarang dan Demak. Jenis-jenis mangrove tersebut adalah *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora stylosa*, *Rhizophora apiculata*, *Sonneratia caseolaris*, *Bruguiera cylindrica*, *Avicennia alba*, *Excoecaria agallocha* dan *Ceriop decandra*. Jumlah spesies yang ditemukan bervariasi pada masing-masing strata. Pada strata pohon hanya ditemukan 6 spesies dari 9 spesies mangrove tersebut. Sementara pada strata pancang, 9 spesies tersebut seluruhnya teridentifikasi. Sedangkan pada strata semai hanya 6 spesies saja dari 9 spesies mangrove tersebut.

Meskipun terdapat 9 jenis mangrove yang ditemukan, namun sebagian besar hanya memiliki kelimpahan yang sedikit. Kerapatan mangrove lebih banyak didominasi oleh spesies *A. marina* dan *R. mucronata*. Hasil pengamatan mengenai kerapatan mangrove yang teridentifikasi di wilayah pesisir Semarang dan Demak disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kerapatan Mangrove pada Strata Pohon, Pancang dan Semai

Stasiun	Spesies	Pohon	Pancang	Semai
I	<i>Avicennia marina</i>	4.700	5.822	5.556
	<i>Rhizophora mucronata</i>	-	578	12.222
	Jumlah	4.700	6.400	17.778

Stasiun	Spesies	Pohon	Pancang	Semai
II	<i>Avicennia marina</i>	3.356	3.111	116.667
	<i>Rhizophora mucronata</i>	-	178	3.333
	Jumlah	3.356	3.289	120.000
III	<i>Avicennia marina</i>	2.511	6.178	44.444
	<i>Rhizophora mucronata</i>	1.978	13.822	46.667
	Jumlah	4.489	20.000	91.111
IV	<i>Rhizophora mucronata</i>	4.522	5.200	295.556
	<i>Avicennia marina</i>	133	2.000	52.222
	<i>Rhizophora stylosa</i>	22	-	1.111
	Jumlah	4.678	7.200	348.889
V	<i>Rhizophora mucronata</i>	2.800	444	40.000
	<i>Rhizophora apiculata</i>	400	311	-
	<i>Rhizophora stylosa</i>	233	-	2.222
	<i>Sonneratia casiolaris</i>	-	44	1.111
	Jumlah	3.433	800	43.333
VI	<i>Rhizophora mucronata</i>	1.144	-	-
	<i>Avicennia marina</i>	1.178	622	3.333
	<i>Rhizophora apiculata</i>	189	844	-
	<i>Brugueira cylindrica</i>	33	89	-
	<i>Rhizophora stylosa</i>	-	400	-
	Jumlah	2.544	1.956	3.333
VII	<i>Rhizophora mucronata</i>	1.622	800	-
	<i>Rhizophora stylosa</i>	589	622	26.667
	<i>Rhizophora apiculata</i>	489	44	12.222
	<i>Avicennia alba</i>	522	1.022	8.889
	<i>Avicennia marina</i>	200	-	-
	<i>Brugueira cylindrica</i>	144	311	-
	<i>Excoecaria agallocha</i>	-	267	-
	<i>Ceriop decandra</i>	-	89	-
	Jumlah	3.567	3.156	47.778
VIII	<i>Rhizophora mucronata</i>	1.422	-	-
	<i>Avicennia marina</i>	600	-	-
	Jumlah	2.022	-	-

Jenis mangrove yang tidak ditemukan pada strata pohon adalah *S. casiolaris*, *E. agallocha* dan *C. decandra*. Sementara jenis vegetasi mangrove yang tidak ditemukan pada strata semai yaitu *B. cylindrica*, *C. decandra* dan *E. agallocha*. Ketidakseragaman distribusi spesies tersebut bisa jadi merupakan indikasi tidak stabilnya kondisi ekosistem mangrove di lokasi penelitian.

Analisis terhadap kandungan logam berat menunjukkan bahwa kandungan Cd berkisar antara 1,1 – 7,4 mg/kg dengan rerata $3,9 \pm 2,2$ mg/kg. Sementara kandungan Cr sedimen berkisar antara 2,3 – 33,0 mg/kg dengan rerata $18,6 \pm 11,5$ mg/kg. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kandungan logam Cd dan Cr di wilayah pesisir Semarang dan Demak cukup tinggi. Hasil analisis kandungan logam Cd dan Cr di masing-masing stasiun pengamatan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan Logam Berat Cd dan Cr dalam Sedimen di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak

Stasiun	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)
I	1,1	11,4
II	4,6	2,3
III	3,3	9,9
IV	1,5	33,0
V	7,4	28,2
VI	3,7	26,3
VII	6,2	28,2
VIII	3,2	9,8
Rerata	3,9 ± 2,2	18,6 ± 11,5

Analisis pengaruh mangrove terhadap kandungan logam Cd dan Cr dalam sedimen yang dihasilkan dari analisis regresi menunjukkan bahwa Cd secara nyata dipengaruhi oleh kerapatan pohon *Rhizophora* dan kerapatan semai *Avicennia*. Sementara Cr secara nyata dipengaruhi oleh kerapatan semai *Rhizophora*, kerapatan pancang *Rhizophora* dan kerapatan pohon *Rhizophora*. Hasil analisis pengaruh mangrove terhadap kandungan logam diperoleh persamaan sebagai berikut:

Kerapatan pohon *Rhizophora* – Cd

$$Y = -3,175 + 6,388e^{-3} X - 1,120e^{-6} X^2 ; R2 = 0,429 (p = 0,02) \quad (1)$$

Kerapatan semai *Avicennia* – Cd

$$Y = -7,524 + 1,001 X ; R2 = 0,292 (p = 0,056) \quad (2)$$

Kerapatan pohon *Rhizophora* – Cr

$$Y = 9,082 + 5,085e^{-3} X ; R2 = 0,454 (p = 0,003) \quad (3)$$

Kerapatan pancang *Rhizophora* – Cr

$$Y = 26,515 - 8,424e^{-4} X ; R2 = 0,199 (p = 0,096) \quad (4)$$

Kerapatan semai *Rhizophora* – Cr

$$Y = 16,535 + 4,651e^{-5} \cdot \ln(X) ; R2 = 0,285 (p = 0,04) \quad (5)$$

Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa pengaruh vegetasi mangrove berpengaruh secara nyata terhadap kandungan logam berat (Cd dan Cr) dalam sedimen, meskipun pengaruhnya kecil. Kecilnya pengaruh kerapatan vegetasi terhadap logam berat sedimen menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat dalam sedimen tidak hanya dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi mangrove saja. Ashokkumar (2009) menyebutkan bahwa kandungan logam berat dalam ekosistem mangrove pada umumnya berasal dari daratan yang masuk melalui aliran sungai.

Pengaruh vegetasi mangrove terhadap kandungan logam berat disebutkan oleh Wen-Jiao et al. (1997) yaitu melalui daur biologi dimana logam berat yang terdapat dalam sedimen diserap oleh vegetasi dan mengalami akumulasi hingga suatu saat dilepaskan kembali melalui guguran serasah. Ashokkumar (2009) menyatakan bahwa selain dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi mangrove, kandungan logam berat dalam sedimen juga dipengaruhi oleh kandungan bahan organik dalam sedimen serta adanya proses flokulasi. Sari dan Din (2011) menyatakan bahwa *Avicennia* dan *Rhizophora* memiliki kemampuan untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat dalam organiknya. Akumulasi logam berat oleh *Avicennia* dan *Rhizophora* terjadi pada bagian akar, batang dan daun (Kumar et al., 2011).

Lawson (2011) menyebutkan bahwa Cd merupakan logam berat yang mudah larut dalam air. Sary dan Mohammadi (2012) menyebutkan bahwa Cd dapat terakumulasi dalam organisme perairan, diantaranya di dalam otot dan hati. Sumber-sumber pencemaran Cd dalam mangrove utamanya berasal dari limbah rumah tangga.

Keberadaan logam berat dalam sedimen dalam jumlah yang besar akan berdampak terhadap organisme asosiasi mangrove. Ramoliya et al. (2007) menjelaskan bahwa logam berat Cr yang terdapat dalam sedimen mengalami pelarutan dalam air yang kemudian dikonsumsi oleh fitoplankton dan zooplankton dan berlanjut ke organisme-organisme yang lebih tinggi seiring dengan meningkatnya rantai makanan. Kandungan Cr di lingkungan di beberapa tempat lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan Cd (Moloukhia dan Sleem, 2011).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mangrove dapat dimanfaatkan sebagai pengendali tingkat pencemaran logam dalam ekosistem mangrove. Akumulasi logam berat dalam vegetasi mangrove berlangsung secara terus menerus. Nazli dan Hashim (2010) menyebutkan bahwa logam berat yang terkandung dalam bagian vegetasi mangrove bisa jadi lebih tinggi dibandingkan kandungan logam berat yang terdapat dalam sedimen. Dengan demikian, untuk mengendalikan pencemaran logam berat di wilayah pesisir perlu mempertimbangkan jenis dan kerapatan mangrove yang terdapat di wilayah pesisir.

4. KESIMPULAN

Kerapatan vegetasi mangrove secara nyata berpengaruh terhadap kandungan logam berat sedimen. Pengaruh kerapatan vegetasi mangrove dapat bersifat positif maupun negatif. Kerapatan pohon *Rhizophora* dan semai *Avicennia* secara nyata berpengaruh terhadap kandungan Cd dalam sedimen, sementara kandungan Cr dalam sedimen dipengaruhi oleh kerapatan semai *Rhizophora*, pancang *Rhizophora* dan pohon *Rhizophora*.

5. REFERENSI

- Davari, A., A. Danehkar, N. Khorasani dan A. Javanshir, 2012, Identification of Heavy Metals Contamination at Bushehr Mangroves, *Journal of Environmental Studies* 38(3): 7 – 9.
- Marchand, C., E. Lallier-Verges, F. Baltzer, P. Aberic, D. Cossa dan P. Baillif. 2006. Heavy Metals Distribution in Mangrove Sediments Along the Mobile Coastline of French Guiana. *Marine Chemistry* 98(1): 1 – 17.
- Kruitwagen, G., H.B. Pratap, A. Covaci dan S.E.W. Bonga, 2008, Status of Pollution in Mangrove Ecosystems Along the Coast of Tanzania, *Marine Pollution Bulletin* 56: 1022 – 1042.
- Ahmed, W. dan S.S. Shaukat, 2012, Effect of Heavy Metal Pollution on Leaf Litter Decomposition of Two Species of Mangroves, *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata*, *Journal of Basic and Applied Sciences* 8: 696 – 701.
- Wolf, H.D., S.A. Ulomi, T. Backeljau, H.B. Pratap dan R. Blust, 2001, Heavy Metal Levels in the Sediments of Four Dar Es Salaam Mangroves Accumulation in, and Effect on the Morphology of the Periwinkle *Littoraria scabra* (Mollusca: Gastropoda), *Environment International* 26: 243 – 249.
- Tam, N.F.Y. dan Y.S. Wong, 1996, Retention and Distribution of Heavy Metals in Mangrove Soils Receiving Wastewater, *Environ. Pollut.* 94:283 – 291.
- Parvaresh, H., Z. Abedi, P. Farhchi, 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
- Machado, W., E.V. Silva-Filho, R.R. Oliveira dan L.D. Lacerda, 2002, Trace Metal Retention in Mangrove Ecosystems in Guanabara Bay, SE Brazil, *Marine Pollution Bulletin* 44: 1277 – 1280.
- Borkar, M.U., R.P. Athalye dan G. Quadros, 2006, Occurrence of Heavy Metals in Abiotic and Biotic Components of the Mangrove Ecosystem of Thane Creek, *Ecol. Env. & Cons.* 12(4): 723 – 728.
- Ravikumar, S., S.J. Inbaneson dan J. Seshserebiah, 2009, Cadmium Induced Effect on Growth and pHysiology in Halophilic Pospobacteria, *Journal of Environmental Biology* 30(5): 673 – 676.
- Kumar, J.I.N., P.R. Sajih, R.N. Kumar, B. George dan S. Viyol, 2010, An Assessment of the Accumulation Potential of Lead (Pb), Zinc (Zn) and Cadmium (Cd) by *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. In Vamleshwar Mangroves Near Narmada Estuary, West Coast of Gujarat, India, *World Journal of Fish and Marine Sciences* 2(5): 450 – 454.
- Bielicka, A., I. Bojanowska dan A. Wisniewski, 2005, Two Faces of Chromium – Pollutant and Bioelement, *Polish Journal of Environmental Studies* 14(1): 5 – 10.
- Ashokkumar, S., P. Mayavu, P. Sampathkumar, P. Manivasagam and G. Rajaram, 2009, Seasonal Distribution of Heavy Metals in the Mullipallam Creek of Muthupettai Mangroves (Southeast Coast of India), *American-Eurasian Journal of Scientific Research* 4 (4): 308-312.
- Kumar, J.I.N., P.R. Sajish, R.N. Kumar, B. George dan S. 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): 8 – 13.
- Wen-Jiao, Z., X. Chen and P. Lin, 1997, Accumulation and Biological Cycling of Heavy Metal Elements in *Rhizophora stylosa* mangroves in Yingluo Bay, China, *Marine Ecology Progress Series* 159: 293-301.

- Sari, I. dan Z.B. Din, 2011, Uptake of Lead (Pb) by Two Species of Mangrove Grown under Hydroponic Conditions, *Proceedings of the 7th IMT-GT UNINET and The 3rd International PSU-UNS Conferences on Bioscience*. Thailand.
- Ramoliya, J., A. Kamdar dan R. Kundu, 2007, Movement and Bioaccumulation of Chromium in An Artificial Freshwater Ecosystem, *Indian Journal of Experimental Biology* 45: 475 – 479.
- Moloukhia, H. dan S. Sleem, 2011, Bioaccumulation, Fate and Toxicity of Thwo Heavy Metals Common in Industrial Wastes in Two Aquatic Molluscs, *Journal of American Science* 7(8): 459 – 464.
- Lawson, E.O, 2011, Physico-Chemical Parameters and Heavy Metal Contents of Water from te Mangrove Swamps of Lagos Lagoon, Lagos, Nigeria, *Advances in Biological Research* 5(1): 8 – 21.
- Sary, A.A. dan M. Mohammadi, 2012, Comparison of Mercury and Cadmium Toxicity in Fish Species from Marine Water, *Research Journal of Fisheries and Hydrobiology* 7(1): 14 – 18.
- Nazli, M.F. dan N.R. Hashim, 2010, Heavy Metal Concentrations in An Important Mangrove Species, *Sonneratia caseolaris*, in Peninsular Malaysia, *Environment Asia* 3: 50 – 55.