

EVALUASI DAN AKUMULASI LOGAM BERAT PADA ANADARA GRANOSA DAN ANADARA INAEQUIVALVIS DI PERAIRAN KOTA TARAKAN

Ratno Achyani ¹⁾, Gazali Salim ¹⁾

¹⁾Staff Pengajar Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan
FPIK Universitas Borneo Tarakan (UBT) Kampus Amal Lama Gedung E
Jl. Amal Lama No. 1 Tarakan Timur Kota Tarakan Kal-Tim
E-mail : ratno_achyani@yahoo.co.id, axza_oke@yahoo.com

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the presence and concentration in waters and sediments, especially accumulation at bivalves Anadara Granosa (Linnaeus, 1758), and Anadara inaequalis (Brugiere, 1789) in waters of Tarakan City. From analysis of heavy metals in water was detected (concentration on ppm) are Cd 0,067, Cu 0,013, Fe 0,028 and Ni 0,015. Heavy metals detected in sediment are Cd 0,099, Pb 0,126, Cu 0,689, Fe 0,463, Mn 0,169, and Ni 0,110. Heavy metals were detected in bodies at small weight Anadara Granosa is Cd 0,043, Cu 0,011, Fe 0,224 and Mn 0,017. From Average Weight is Cd 0,064, Cu 0,012, Fe 0,224, Mn 0,017 and Ni 0,096 and high weight are Cd 0,072, Cu 0,026, Fe 0,285, Mn 0,102 and Ni 0,254. Heavy metals were detected in bodies Anadara inaequalis at small weight is Cd 0,081, Cu 0,028, Fe 0,253, Mn 0,012 and Ni 0,011. In average weight is Cd 0,089, Cu 0,075, Fe 0,254, Mn 0,030 and Ni 0,014 and the large weight is Cd 0,097, Cu 0,102, Fe 0,254, Mn 0,033 and Ni 0,018. Status on concentrations of heavy metals in water, sediment and Anadara Granosa and Anadara inaequalis generally still below the quality standard required.

Keywords: Heavy Metals, sediments, waters, Anadara granosa (Linnaeus, 1758), Anadara inaequalis (Brugiere, 1789)

PENDAHULUAN

Pencemaran adalah perubahan sifat Fisika, Kimia dan Biologi yang tidak dikehendaki pada udara, tanah dan air. Perubahan tersebut dapat menimbulkan bahaya bagi kehidupan manusia atau organisme lainnya. Seiring dengan pesatnya pembangunan ekonomi dan wilayah perkotaan, terdapat efek karena aktivitas manusia pada perubahan kualitas lingkungan khususnya lingkungan perairan yang telah meningkat dengan level yang serius. Salah satu komponen pencemar perubah kualitas lingkungan perairan adalah logam berat yang ada disedimen dan perairan suatu wilayah.

Sedimen adalah salah satu tempat dalam mengetahui jejak logam dalam lingkungan perairan dan dapat menjadi indikator yang baik dalam mengetahui atau memperkirakan masukan logam berat dalam jangka panjang dan menengah. Demikian juga dengan tempurung dan jaringan tubuh moluska juga merupakan indikator yang baik untuk menentukan tingkat pencemaran logam berat karena mereka *sessile* dan menetap sehingga dapat mencerminkan konsentrasi logam berat dari wilayah tersebut (Brugmann, 1981 ; Palpandi dan Kesavan, 2012).

Logam berat merupakan bahan pencemar yang paling banyak ditemukan diperairan akibat limbah Industri dan limbah perkotaan. Secara alamiah, unsur

logam berat terdapat dalam perairan, namun dalam jumlah yang sangat rendah. Kadar ini akan meningkat bila limbah yang banyak mengandung unsur logam berat masuk ke dalam lingkungan perairan sehingga akan menjadi racun dan terakumulasi pada tubuh organisme perairan salah satunya adalah bivalvia.

Bivalvia adalah jenis biota perairan yang cukup banyak terdapat di Kota Tarakan. Jenis bivalvia, khususnya yang mempunyai nilai ekonomis yaitu *Anadara granosa* (Linnaeus, 1758), dan *Anadara inaequalis* (Brugiere, 1789).

Informasi mengenai keberadaan, jenis, jumlah dan konsentrasi logam berat di perairan khususnya akumulasinya pada bivalvia jenis *Anadara granosa* (Linnaeus, 1758), dan *Anadara inaequalis* (Brugiere, 1789) di Kota Tarakan Tidak tersedia.

METODE PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan diperairan Tanjung Tias dimana terdapat lokasi penangkapan *Anadara granosa* (Linnaeus, 1758), dan *Anadara inaequalis* (Brugiere, 1789) yang di perdagangkan di Kota Tarakan.

Pengambilan sampel air dan sedimen akan dilakukan 3 kali ulangan. Pengambilan sampel air akan menggunakan van dorn water sampel dan pengambilan sedimen akan menggunakan egmen grabb. Pengambilan sampel bivalvia adalah jenis *Anadara granosa* (Linnaeus, 1758), dan *Anadara inaequalis* (Brugiere, 1789). Sampel diambil berdasarkan tiga ukuran berat bivalvia yaitu berat kecil 1 – 10 gr, berat sedang 11 – 20 gr dan berat tinggi > 20 gr.

Logam berat yang akan dianalisis adalah Cadmium (Cd), Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Nikel (Ni), Mangan (Mn), dan Besi (Fe). Analisa logam berat di air dan sedimen akan menggunakan metode menurut Kaushik (2009).

Sampel sebelum dianalisis terlebih dahulu di kondisikan asam dengan

penambahan HNO_3 untuk meminimalisasi gangguan oleh materi organik yang lain. Proses pengasaman sampel air dilakukan dengan cara 100 ml sampel air di tambahkan 20 ml 1:1 HNO_3 dan sampel sedimen 1 gr sampel sedimen kering ditambahkan 20 ml 1:1 HNO_3 dan 5 ml 37% HCL. Kedua sampel tersebut kemudian dikeringkan dengan cara dipanaskan di water bath pada suhu 80°C sampai kering.

Supernatan kemudian dibilas dengan menggunakan aquadest lalu di filter dengan menggunakan kertas Whatman no. 42 sampai 50 ml.

Sedangkan analisa logam berat pada bivalvia akan menggunakan metode SNI. Analisis logam berat akan menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS). Pengolahan data penelitian dan analisis statistik dengan menggunakan *software* Microsoft Excel 2007.

Evaluasi kandungan logam berat yang terdeteksi akan dibandingkan baku mutu SNI No. 7387:2009 batas Maksimum Cemaran logam berat dalam pangan untuk kerang, *Canadian Environmental Quality Guidelines* (2002) untuk sedimen dan KEPMEN LH NOMOR 51 TAHUN 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut untuk air laut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Logam Berat Di Air dan Sedimen

Lokasi penelitian yang bertempat di Tanjung Tias dengan koordinat N $02^\circ 51' 47.5''$ E $117^\circ 41' 47.2''$ merupakan daerah muara sungai dimana hasil kegiatan antropogenik yang ada di daratan terakumulasi di daerah ini. Lokasi juga merupakan rute alur masuk kapal-kapal yang akan ke tanjung selor dimana buangan-buangan khususnya air balast akan menyumbang masukkan logam berat ke alam. Selain itu di hulu sungai terdapat kegiatan tambang batu bara dan aktivitas pelabuhan.

Kondisi kualitas air secara umum dilihat dari suhu, salinitas dan pH masih dalam batas normal. Suhu perairan lokasi

penelitian adalah 28-310C, nilai salinitas perairan adalah 23 – 26‰ dan nilai pH lokasi penelitian 7,58 – 8.

Berdasarkan hasil penelitian, terdeteksi keberadaan jenis logam berat di air yaitu Cd, Cu, Fe dan Ni. Konsentrasi logam berat terbesar adalah logam berat Cd yaitu 0,067 ppm sedangkan konsentrasi terkecil yaitu logam Cu 0,013 ppm. Keberadaan logam berat juga terdeteksi pada sedimen yaitu logam berat jenis Cd, Pb, Cu, Fe, Mn, dan Ni. Konsentrasi terbesar logam berat pada sedimen adalah logam berat jenis Cu yaitu 0,689 ppm, sedangkan konsentrasi terkecil yaitu logam

berat jenis Ni 0,110 ppm (Tabel 1). Seperti yang sudah peneliti prediksi, konsentrasi logam berat dalam sedimen lebih besar dari pada yang perairan.

Lingkungan perairan mengenai logam berat berasal dari limbah industri atau dari deposisi atmosfer dimana dengan cepat dihapus dari kolom air ke bawah perairan dan tersimpan di sedimen (Fung *et al.*, 1992).

Ketersediaan logam dalam sedimen memberikan kesempatan bagi hewan air *biomagnify* logam-logam ini dan kemudian berpindah-pindah melalui rantai makanan.

Tabel 1. Jenis dan konsentrasi rata-rata logam berat di Air dan Sedimen

No	Jenis Logam Berat	Jenis Sampel	
		Air	Sedimen
1	Cadmium (Cd)	0,067	0,094
2	Timbal (Pb)	BDL	0,126
3	Tembaga (Cu)	0,013	0,689
4	Besi (Fe)	0,028	0,463
5	Mangan (Mn)	BDL	0,169
6	Nickel (Ni)	0,015	0,110

Keterangan : BDL : *Below detection Limit*

Perubahan suhu akan mempengaruhi pembentukan ion-ion logam berat. Suhu yang lebih tinggi akan meningkatkan pembentukan ion logam berat, sehingga meningkatkan proses pengendapan yang berakibat pada penyerapan logam berat pada sedimen. Salinitas yang tinggi menyebabkan peningkatan pembentukan ion klorida, yang berakibat pada penurunan konsentrasi ion logam berat pada perairan karena bereaksinya ion logam tersebut dengan ion klorida. Salinitas, suhu, oksigen terlarut dan pH berperan dalam fate dari akumulasi logam di perairan. Di antara parameter tersebut, salinitas yang paling berpengaruh (Subramanian, 1981 ; Palpadin dan Kesavan, 2012).

Salinitas perairan berkaitan dengan suhu perairan dalam menentukan tingkat bioakumulasi dalam perairan. Pada salinitas rendah akumulasi akan meningkat, karena

pada salinitas tinggi menyebabkan konsentrasi logam berat berkurang. Dalam hal ini partikel organik membentuk gumpalan sehingga akan mempercepat pengendapan logam berat dan memperlambat proses bioakumulasi pada organisme.

Kondisi perairan relatif normal ditinjau dari pH yang berkisar antara 6 – 9. Nilai pH yang rendah akan menyebabkan logam lebih mudah terlarut. Derajat keasaman atau pH memegang kontrol terhadap kelarutan dan konsentrasi logam dalam perairan. Pada kondisi pH yang rendah, logam berat cenderung terlarutkan. Palar (2004) menyatakan pH sangat mempengaruhi keberadaan logam berat dan demikian juga sebaliknya. Kelarutan logam dalam air dikontrol oleh pH air. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida

yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur. Sumber utama polusi logam berat di perairan adalah run-off dari kegiatan agrikultur dan urban, buangan kegiatan tambang, kegiatan industri dan leaching dari daerah pembuangan, dan atmosfer (Singh and Steinnes, 1994; Kumar Singh *et al.*, 2007 dalam Hamed *et al.*, 2012).

Sedimen adalah salah satu tempat dalam mengetahui jejak logam dalam lingkungan perairan. Bentuk dan sifat fisik-kimia yang berbeda berperan penting dalam menentukan efek biologis dari logam berat yang terikat di sedimen dan dalam menentukan pertukaran ion logam antara sedimen dan air. Sedimen di dekat pantai dianggap sebagai *repositori* bagi banyak *chemical species*. Organisme dapat terserap kontaminan dari air atau partikel yang kemudian terakumulasi di dalam tubuh mereka (Stewart *et al.*, 1999). Logam berat yang masuk ke perairan akan terlarut dan mengendap dan tersimpan di sedimen. Adsorpsi dan akumulasi suatu jenis logam berat di perairan membedakan konsentrasi antara jenis logam berat baik di air, sedimen dan di biota.

Logam Berat Pada *Anadara granosa* dan *Anadara inaequalvis*

Konsentrasi logam dalam kerang mengikuti konsentrasi logam di lingkungan mereka (Carrel, 1987; Palpandi dan Kesavan, 2012). Kandungan logam berat pada moluska terkait dengan ukuran mereka. Peningkatan tingkat metabolisme pada kerang yang lebih muda dapat mempengaruhi penyerapan logam dan penghapusan secara diferensial pada tubuh kerang (Joiris dan Azokwu, 1999).

Keberadaan logam berat yang terdeteksi pada *Anadara granosa* yaitu

logam berat jenis Cd, Cu, Fe, Mn, dan Ni. Berdasarkan Ukuran berat kerang, konsentrasi tertinggi pada berat kerang kecil, sedang dan besar adalah logam berat Fe yaitu berturut-turut 0,253 ppm, 0,261 ppm, 0,293 ppm. Sedangkan logam berat dengan konsentrasi terendah pada berat kerang kecil, sedang dan besar adalah Ni yaitu berturut-turut 0,011 ppm, 0,014 ppm dan 0,028 ppm. Pada kerang *Anadara inaequalvis* terdeteksi 5 logam berat yaitu Cd, Cu, Fe, Mn dan Ni. Konsentrasi terbesar logam berat berdasarkan berat tubuh yaitu logam berat Fe dengan konsentrasi 0,224 ppm pada kerang kecil, 0,232 ppm pada kerang sedang dan 0,285 ppm pada kerang besar (Tabel 2).

Kandungan logam berat yang terdeteksi pada sampel kerang *Anadara* disebabkan karena proses akumulasi dan absorpsi oleh kerang terhadap logam berat baik dari sedimen maupun dari kolom air. Karakteristik kerang sebagai biota *filter feeder* dan *sessil* (menetap dalam waktu lama), logam berat akan masuk ke dalam tubuh kerang baik melalui makanan (plankton) atau melalui air dan sedimen yang terserap ke dalam tubuh kerang.

Logam berat dalam jaringan tubuh moluska dapat mencerminkan tingkat logam berat dalam air serta sedimen, karena kerang adalah akumulator yang sangat baik sehingga dapat digunakan sebagai indikator yang sangat baik dari pencemaran logam berat dalam lingkungan apapun (Senthilnathan, 1990). Jaringan pada tubuh kerang dapat menyerap logam berat dari partikel-partikel yang tersuspensi. Partikel ini dapat berupa sedimen sebagai yang terkontaminasi atau sedimen yang dikontrol oleh perilaku logam berat itu sendiri serta oleh kondisi fisik dan kimia lingkungan sekitarnya (Huanxin *et al.*, 2000) sebagai bahan yang terkontaminasi.

Tabel 2. Jenis dan konsentrasi rata-rata logam berat pada *Anadara granosa* dan *Anadara inaequalvis* berdasarkan berat tubuh

No	Jenis Logam Berat	<i>Anadara granosa</i> (ppm)			<i>Anadara inaequalvis</i> (ppm)		
		Kecil	Sedang	Besar	Kecil	Sedang	Besar
1	Cadmium (Cd)	0,043	0,064	0,072	0,081	0,089	0,097
2	Timbal (Pb)	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL
3	Tembaga (Cu)	0,011	0,012	0,026	0,028	0,075	0,102
4	Besi (Fe)	0,224	0,224	0,285	0,253	0,254	0,254
5	Mangan (Mn)	0,017	0,025	0,102	0,012	0,030	0,033
6	Nikel (Ni)	BDL	0,096	0,120	0,011	0,014	0,018

Keterangan : BDL : *Below detection Limit*

Lingkungan yang tercemar oleh bahan-bahan kontaminan, kerang anadara mempunyai potensi terserap logam berat dalam tubuhnya melalui partikel-partikel tersuspensi di dasar perairan (Palpadin dan Kesavan, 2012). Konsentrasi logam Cd pada anadara adalah tinggi dibandingkan dengan logam berat Pb. Ketika konsentrasi Pb dan Cd dalam air laut meningkat, logam ini memasukkan ke dalam kulit kerang pada konsentrasi yang lebih tinggi dari normal (Stureson, 1978; Palpadin dan Kesavan, 2012). Konsentrasi Cd yang tinggi dalam kerang sangat mengkhawatirkan, terutama mengingat fakta bahwa logam berat Cd adalah yang paling beracun, bahkan pada konsentrasi yang relatif rendah (Fianko *et al.*, 2007; Hamed *et al.*, 2012). Konsentrasi logam berat Fe adalah tinggi. kegiatan tambang batu bara dan aktivitas pelabuhan. kemungkinan menjadi salah satu faktor yang bertanggung jawab untuk konsentrasi besi yang tinggi dalam air laut. Konsentrasi Fe di perairan pantai merupakan fungsi dari masukan air tawar dan sangat dipengaruhi oleh air sungai (Rivonker 1998; Palpadin dan Kesavan, 2012).

Fe umumnya melimpah di lingkungan apapun dan memiliki beberapa sifat yang sama dengan mangan, misalnya, partisi nya antara yang di air dan sedimen sebagian besar dikendalikan oleh konsentrasi oksigen dalam air (O'Leary, 1995; Palpadin dan Kesavan, 2012).

Konsentrasi tembaga yang terdeteksi pada kedua jenis kerang andara adalah tinggi. Tembaga dan beberapa

senyawa yang dianggap karsinogenik dan dapat menyebabkan kerusakan pada semua jenis sel tubuh. Demikian juga konsentrasi logam berat mangan.

Sumber mangan kemungkinan berasal dari runoff daratan dimana mengandung konsentrasi logam berat yang tinggi memasuki muara dan mencampur dengan air laut. Timbal adalah nomor dua (setelah arsenik) pada 20 daftar teratas dari logam berat yang paling beracun.

Target organ adalah tulang, otak, darah, ginjal, sistem reproduksi dan jantung dan kelenjar tiroid. Timbal adalah logam beracun di lingkungan laut. Hal ini dapat dikaitkan dengan tumpahn bahan bakar bensin yang masuk kelaut yang mengandung timbal tetraklorida yang tinggi.

Nikel adalah logam karsinogenik dan bila *over exposure* dapat menyebabkan penurunan berat badan, jantung dan kerusakan hati dan iritasi kulit.

Evaluasi Pencemaran Logam Berat

Evaluasi konsentrasi kandungan logam berat di air menggunakan metode perbandingan yaitu dengan KEPMEN LH NOMOR 51 TAHUN 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut. Dari hasil perbandingan diketahui bahwa kandungan logam berat khususnya Cd, Cu dan Ni adalah diatas abang batas baku mutu yang dipersyaratkan (Tabel 3).

Sedangkan baku mutu untuk logam berat Fe dan Mn tidak tersedia. Evaluasi konsentrasi kandungan logam berat di

sedimen menggunakan baku mutu menurut *Canadian Environmental Quality Guidelines* (2002).

Hasil perbandingan diketahui bahwa kandungan logam berat khususnya Cd, Cu dan Pb adalah masih dibawah abang batas baku mutu yang dipersyaratkan (Tabel 4). Sedangkan baku mutu untuk logam berat Fe, Ni dan Mn tidak tersedia.

Evaluasi konsentrasi kandungan logam berat pada *Anadara granosa* dan *Anadara inaequalvis* menggunakan baku

mutu SNI No. 7387:2009 tentang Batas Maksimum Cemaran logam berat dalam pangan.

Kandungan logam berat dalam *Anadara granosa* khususnya pada logam berat Cd dan Pb untuk semua ukuran kerang adalah dibawah baku mutu (Tabel 5). Sedangkan konsentrasi logam berat dalam *Anadara inaequalvis* juga masih dibawah baku mutu yang digunakan (Tabel 6).

Tabel 3. Evaluasi kandungan logam berat di air

No	Jenis Logam Berat	KEPMEN LH NOMOR 51 TAHUN 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut (ppm)	Sampel
1	Cadmium (CD)	0,001	0,067
2	Timbal (Pb)	0,008	BDL
3	Tembaga (Cu)	0,008	0,013
4	Besi (Fe)	-	0,028
5	Mangan (Mn)	-	BDL
6	Nickel (Ni)	0,05	0,015

Keterangan BDL : Below detection Limit

Tabel 4. Evaluasi kandungan logam berat di sedimen

No	Jenis Logam Berat	<i>Canadian Environmental Quality Guidelines</i> (2002) (ppm)	Sampel
1	Cadmium (CD)	0,7	0,094
2	Timbal (Pb)	30,2	0,126
3	Tembaga (Cu)	18,7	0,689
4	Besi (Fe)	-	0,463
5	Mangan (Mn)	-	0,169
6	Nickel (Ni)	-	0,110

Tabel 5. Evaluasi kandungan logam berat pada *Anadara granosa*

No	Jenis Logam Berat	SNI No. 7387:2009 Batas Maksimum Cemaran logam berat dalam pangan (ppm)	<i>Anadara granosa</i>		
			Kecil	Sedang	Besar
1	Cadmium (CD)	1	0,043	0,064	0,072
2	Timbal (Pb)	1,5	BDL	BDL	BDL
3	Tembaga (Cu)	-	0,011	0,012	0,026
4	Besi (Fe)	-	0,224	0,224	0,285
5	Mangan (Mn)	-	0,017	0,025	0,102
6	Nickel (Ni)	-	BDL	0,096	0,120

Keterangan BDL : *Below detection Limit*

Tabel 6. Evaluasi kandungan logam berat pada *Anadara inaequalis*

No	Jenis Logam Berat	SNI No. 7387:2009 Batas Maksimum Cemaran logam berat dalam pangan (ppm)	<i>Anadara granosa</i>		
			Kecil	Sedang	Besar
1	Cadmium (Cd)	1	0,081	0,089	0,097
2	Timbal (Pb)	1,5	BDL	BDL	BDL
3	Tembaga (Cu)	-	0,028	0,075	0,102
4	Besi (Fe)	-	0,253	0,254	0,254
5	Mangan (Mn)	-	0,012	0,030	0,033
6	Nickel (Ni)	-	0,011	0,014	0,018

Keterangan BDL : *Below detection Limit*

KESIMPULAN

Hasil analisis di ketahui logam berat di air yang terdeteksi dan konsentrasinya (ppm) adalah Cd 0,067, Cu 0,013, Fe 0,028 dan Ni 0,015. Logam berat di sedimen yang terdeteksi dan konsentrasinya (ppm) adalah Cd 0,099, Pb 0,126, Cu 0,689, Fe 0,463, Mn 0,169, dan Ni 0,110. Logam berat yang terdeteksi dan konsentrasinya (ppm) pada tubuh *Anadara granosa* dengan berat kecil adalah Cd 0,043, Cu 0,011, Fe 0,224 dan Mn 0,017.

Berat sedang adalah Cd 0,064, Cu 0,012, Fe 0,224, Mn 0,017 dan Ni 0,096 dan berat tinggi adalah Cd 0,072, Cu 0,026, Fe 0,285, Mn 0,102 dan Ni 0,254. Logam berat yang terdeteksi dan konsentrasinya (ppm) pada tubuh *Anadara inaequalis* dengan berat kecil adalah Cd 0,081, Cu 0,028, Fe 0,253, Mn 0,012 dan Ni 0,011. Pada berat sedang adalah Cd 0,089, Cu 0,075, Fe 0,254, Mn 0,030 dan Ni 0,014 dan pada besar adalah Cd 0,097, Cu 0,102, Fe 0,254, Mn 0,033 dan Ni 0,018. Status konsentrasi logam berat di air, sedimen serta *Anadara granosa* dan *Anadara* secara umum dibawah baku mutu yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- A Kaushik, Ankur Kansal, Santosh, Meena, Shiv Kumari, CP Kaushik. 2009. *Heavy metal contamination of river Yamuna, Haryana, India: Assessment by Metal Enrichment Factor of the Sediments*. Journal of Hazardous Materials 164: 265–270.
- Brugmann L. 1981. *Heavy metals in the Baltic Sea*. Mar Pollu Bull. 12: 214-218.
- Carrel B, Forberg S, Grundelius E, Heurikson L, Johnels A, Lindh U, 1987. *Can mussel shells reveal environmental history? Ambio*. 16: 2-10.
- Fianko JR, Osae S, Adomako D, Adotey DK, Serrfor-Armah Y. 2007. *Assessment of heavy metal pollution of the Iture estuary in the central region of Ghana*. Environmental Monitoring and Assessment, 131: 467-473.
- Fung YS, CK Lo. 1992. *Heavy metal pollution profiles of dated sediment cores from Hebe haven, Hong Kong*. Wat Res. 26(12): 1605-1619.
- Hamed A. El-Serehy, Hamdy Aboulela, Fahad Al-Misned, Mona Kaiser, Khaled Al-Rasheid, Heba Ezz El-Din. 2012. *Heavy metals contamination of a Mediterranean Coastal Ecosystem, Eastern Nile Delta, Egypt*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 12: 751-760.
- Homady M, Hussein H, Jiries A, Mahasneh A, Al- Nasir F, Khleifat K. 2002. *Survey of some heavy metals in sediments from vehicular service stations in Jordan and their effects on*

- social aggression in prepubertal male mice*. Environ Res. A89: 43-49.
- Kumar Singh, R., Chavan, S.L. and Sapkale, P.H. 2007. Heavy metal concentrations in water, sediments and body tissues of red worm (*Tubifex* sp.) collected from natural habitats in Mumbai, India. Environmental Monitoring and Assessment, 129: 471-481.
- Huanxin WZ, Lejun, Presley BJ. 2000. *Bioaccumulation of heavy metals in hydrocarbon and artificial radionuclide data*. Environ. Sci. Technol. 17: 490-496.
- Joiris BP, Azokwu PJ. 1999. *Effects of calcium, magnesium and soium on alleviating cadmium toxicity to Hyalella azteca*. B Environ Contam Tox. 64: 279-286.
- O' Leary C. 1995. *Heavy metals in Mytilus edulis and other molluscs from the Shannon estuary*. Ph. D Thesis. University of Limerick.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi dan Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta. 152 hal.
- Palpandi C, K Kesavan. 2012. *Heavy metal monitoring using Nerita crepidularia-mangrove mollusca from the Vellar estuary, Southeast coast of India*. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. S358-S367.
- Rivonker CU, Parudekar AH. 1998. *Seasonal variations of major elements (Ca,Mg) and trace metals (Fe, Cu, Zn, Mn) in cultured mussel Perna viridis (L.) and seawater in the Dona Paula Bay, Goa*. Indian J Mar Sci. 27: 411-415.
- Singh BR, Steinnes E. 1994. *Soil and water contamination by heavy metals*. In R. Lal and B. A. Stewart (Eds.) Soil processes and water quality. Lewis, Boca Raton, Florida. P: 233-272
- Senthilnathan S. 1990. *Investigation on heavy metal pollution (Copper, zinc, cadmium and lead) in estuaries of Southeast Coast of India*. Ph. D Thesis. India: Annamalai University. P. 1-133.
- Subramanian A. 1981. *Some aspects of iron, manganese, copper, zinc and phosphorus in Pitchavaram mangroves*. Ph.D. Thesis, Annamalai University. P. 252.
- Struresson U.1987. *Cadmium enrichment in shell of Mytilus edulis*. Ambio. 7: 122-125.