

Distribusi Logam Kadmium dalam Air dan Sedimen di Sungai Musi Kota Palembang

ITA EMILIA¹⁾, SUHERYANTO²⁾, ZAZILI HANAFIAH³⁾

¹⁾FMIPA Universitas PGRI Palembang, ²⁾Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya, ³⁾Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sriwijaya

Abstract: This aims of this research is to determine of cadmium in water and sediment Musi River Palembang. Technical method sampling by purposive. Data collected from eight sample point and determination of cadmium contaminant using by AAS methode. The results a averageof cadmium (Cd) is0.0091mg/Lwith a range 0.0021-0.0137mg/L,and lower from threshold of PERDA the South Sumatra No.16of 2005. The average of cadmium (Cd) sediments is.1520mg/kg with range 0.1000-0.1890mg/kg, and lower from threshold of Dutch Quality Standards for Metalsi sediment.

Keywords: *distribution , cadmium , water , sediment , Musi river*

E-mail: itaemilia@rocketmail.com

1 PENDAHULUAN

Sungai Musi merupakan muara puluhan sungai besar dan kecil lainnya, baik di Bengkulu maupun Sumatera Selatan. Sungai Musi dengan delapan anak sungai besar (Sungai Komering, Sungai Ogan, Sungai Penulak, Sungai Batanghari Leko, Sungai Lematang, Sungai Rawas, Sungai Lakitan dan Sungai Kelingi), serta anak sungai lainnya, telah lama berperan besar dalam perjalanan kehidupan warga (Utomo *et al.*, 2007). Peranan Sungai Musi bagi masyarakat sekitar Kota Palembang, selain sebagai sumber air yang dimanfaatkan masyarakat untuk air minum dan mandi, juga merupakan media transportasi baik untuk perdagangan ataupun pengiriman barang, bahkan sebagai sumber mata pencarian masyarakat yang berprofesi sebagai nelayan. Berbagai industri seperti tekstil, Petrokimia, CPO, Karet, Batubara, Semen, menggunakan air sungai Musi untuk *water treatment* maupun membuang limbahnya, bahkan daerah Pulokerto dan beberapa daerah lainnya memanfaatkan air Sungai Musi untuk kegiatan pertanian.

Sejalan dengan hal itu, semakin banyak kegiatan industri, transportasi, pertanian dan aktivitas domestik di bantaran Sungai Musi semakin meningkat pula jumlah polutan yang masuk ke Sungai Musi. Menurut Atafar *et al.* (2010) kegiatan industri, pertanian, dan aktivitas manusia dapat menyebabkan peningkatan jumlah buangan polutan diantaranya pencemaran logam berat seperti kadmium yang merupakan ancaman bagi lingkungan.

Logam kadmium berdampak langsung terhadap organisme, karena dapat terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup melalui tingkatan rantai makanan sampai tingkat tropik tertinggi seperti manusia. Apabila logam kadmium terpapar dan terakumulasi dalam jangka waktu yang lama dalam tubuh manusia, hal ini berdampak negatif terhadap kesehatannya (Wlostowskiet *al.* 2009). Logam kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena logam ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. Selain itu, akibat paparan Cd dalam tubuh manusia dalam jangka waktu panjang dapat terakumulasi pada organ seperti hati dan ginjal. Pada konsentrasi rendah berefek terhadap gangguan pada paru-paru, emphysema dan renal tubular disease yang kronis (Kurniawan 2010)

Sumber kadmium di perairan berasal dari pupuk fosfat, endapan sampah, dan campuran seng (0,2% Cd sebagai bahan impurity). Industri tekstil juga merupakan sumber pencemar logam Cd yang di hasilkan dari proses pencelupan dan pewarnaan. Industri tekstil seringkali membuang limbahnya langsung ke perairan tanpa melakukan pengolahan yang memadai. Selain itu, logam Cd di perairan juga berasal dari tumpahan solar dari perahu nelayan (Clark, 1989; Wardhana, 2004 dan Azharet *al.* 2012).

Pada saat limbah industri yang mengandung logam Cd masuk ke dalam system perairan seperti Sungai Musi, selanjutnya terjadi proses pengendapan dalam sedimen. Hal ini menyebabkan konsentrasi logam Cd dalam sedimen meningkat. Menurut Palar (2004) logam berat yang masuk ke dalam lingkungan perairan akan mengalami pengendapan

,pengenceran dan dispersi. Kandungan logam berat yang menumpuk pada air dan sedimen akan masuk ke dalam system rantai makanan dan berpengaruh pada kehidupan organisme (Meador, 2005).

Berdasarkan uraian di atas, diduga Sungai Musi telah tercemar logam kadmium sebagai akibat kegiatan industri, pertanian maupun aktivitas manusia. Oleh sebab itu, penelitian ini berusaha mengkaji distribusi logam Cd di air dan sedimen Sungai Musi pada berbagai lokasi di Sungai Musi sekitar Kotamadya Palembang.

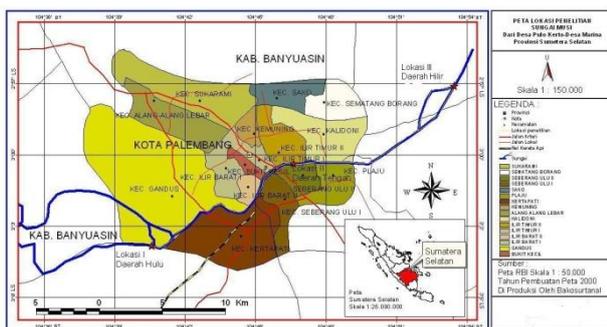
2 Bahan dan Metode

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah NaOH, H₂O₂, HNO₃, HCl butan Merk dengan kualitas PA, Kertas Saring dan Air Demin,. Sampel penelitian meliputi sampel remis dan sedimen.

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: AAS (*Atomic Absorption Spectrometry*) Perkin Elmer Model 3110, Water Sampler model Wilco, *Eikman Grab* , GPS (*Global Positioning System*) Merk Garmin etrex vista HCx, pHmeter Merk EZDO type pH 5011, ayakan bertingkat , *Cool Box*, termometer digital, kantong plastik *polyethylene*, neraca analitik.

Teknik Sampling dan Treatmen Sampel

Sampel air diambil sesuai dengan metode standar SNI 6989.57-2008. Sampel air sebanyak 5 liter diambil menggunakan alat Van Don pada kedalaman tertentu, kemudian dikomposit untuk setiap sub titik sampling. Sampel air disimpan dalam botol *polyethylene* (PE) dan diawetkan dengan asam nitrat (HNO₃) hingga pH mencapai ±2.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel (Bakosurtanal, 2000)

Sampel air dan sedimen diambil di Sungai Musi sekitar Kota Palembang, dari 8 lokasi titik sampling, yaitu Pulokerto, Daerah 30-32 Ilir, Pasar 16 Ilir, Boombaru, Daerah 7-10 Ulu, Daerah Tangga Takat, Pulau Kemaro, dan Mariana . Metode pengambilan

sampel adalah metode *purposive sampling*, yaitu pengambilan sampel dengan tujuan pertimbangan tertentu. Dalam hal ini pertimbangan jenis sampel dan lokasi sampel (Fachrul, 2007).

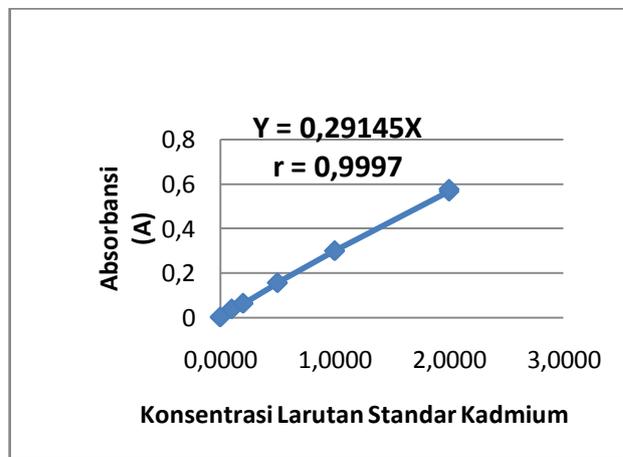
Sampel sedimen diambil sesuai dengan metode Kaban (2010), yaitu dengan menggunakan alat pengambil sedimen (*eikman grab*) pada dasar Sungai Musi dari 8 lokasi sampling. Sedimen selanjutnya dimasukkan dalam kantong plastik *polyethylene* dan disimpan dalam lemari pendingin. Di laboratorium, contoh sedimen dimasukkan dalam teflon dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C.

Sampel sedimen di destruksi secara tertutup dengan cara sebagai berikut: lima gram sampel sedimen yang telah kering dimasukkan dalam labu leher tiga, lalu ditambah dengan 10 mL aquaregia (1 : 3 untuk HNO₃ dan HCl pekat), kemudian direfluk pada suhu 60°C selama 30 menit. Pemanasan ditingkatkan sampai suhu 120-150°C selama 1 jam sampai terjadi perubahan warna. Setelah sampel berubah warna menjadi coklat, sampel itu diberi 30% H₂O₂ tetes demi tetes sampai warna larutan hilang. Larutan sampel disaring dengan kertas whatman 42, lalu diencerkan dengan air demin sampai volume akhir 50 mL. Larutan sampel siap dianalisis dengan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrometer*) pada kondisi optimum analisis.

3 Hasil dan Pembahasan

Penentuan logam Cd dalam sampel dengan metode AAS

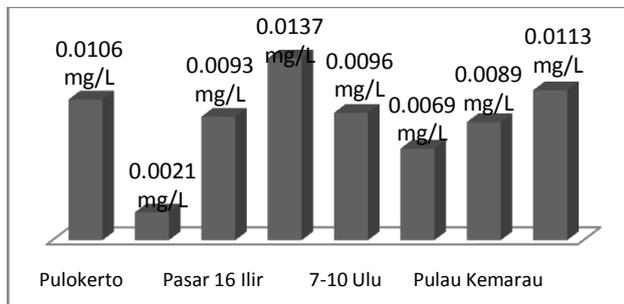
Berdasarkan hasil optimasi diperoleh kondisi optimum analisis Cd sebagai berikut, garis resonansi 228,8 nm. Bedasarkan kurva kalibrasi seperti pada gambar 2 diperoleh persamaan garis regresi yaitu, $Y = 0,29145X$, slope (b) = 0,29145 dan intersept (a) = 0,00 serta koefisien korelasi (R^2) = 0,9997



Gambar 2. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Kadmium

Konsentrasi Logam Kadmium (Cd) di Air Sungai Musi

Konsentrasi logam kadmium (Cd) di air Sungai Musi pada saat air surut tertera pada gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3. Konsentrasi Logam Cd di Air Sungai Musi

Konsentrasi rata-rata logam kadmium di Sungai Musi sebesar 0,0091 mg/L dengan kisaran antara 0,0021 – 0,0137 mg/L. Konsentrasi kadmium tertinggi di Pelabuhan Boom Baru Palembang, yaitu 0,0137 mg/L. Hal ini disebabkan aktifitas kapal yang cukup banyak dibanding di lokasi lain menyebabkan tingginya cemaran logam kadmium di daerah Pelabuhan Boom Baru Palembang. Pelabuhan Boom baru Palembang digunakan sebagai tempat bersandar kapal-kapal cargo, berlabuhnya kapal untuk mengisi bahan bakar atau kegiatan bongkar muat barang termasuk kapal peti kemas dan tangker. Fasilitas pokok pelabuhan antara lain fasilitas penyimpanan bahan bakar (bunker) untuk keperluan kapal (Dephub, 2006).

Penelitian yang dilakukan oleh Azhar *et al.* (2012) membuktikan bahwa logam Cd di perairan berasal dari tumpahan solar dari perahu nelayan. Galindo *et al.* (2010) menjelaskan cemaran kadmium dalam air dan sedimen dapat berasal dari pelabuhan. Menurut Manahan (2000) biasanya saat musim kemarau ketika air surut, ion Cd^{2+} terlarut dalam air pada lapisan bawah dari pelabuhan. Selain itu, cemaran Cd dapat juga berasal dari korosifnya bagian bawah kapal yang terbuat dari seng (Zn). Menurut Clark (1989) seng yang mudah korosif dicampur dengan logam Cd yang bersifat tidak mudah korosif. Cd yang digunakan sebagai bahan ikutan (impurity) dalam seng akan ikut masuk ke perairan melalui proses korosi dalam kurun waktu 4-12 tahun.

Konsentrasi logam kadmium (Cd) di air Sungai Musi dalam wilayah administratif Kota Palembang terendah sebesar 0,0021 mg/L yaitu di daerah 30-32 Ilir Barat II Palembang. Adanya industri rumah tangga yang bergerak dibidang tenun songket di daerah tersebut secara tidak langsung menyumbang

cemaran logam Cd melalui kegiatan pencelupan benang yang mengandung pigmen warna. Menurut Chudaifah (2010) kadmium yang berada pada perairan berasal dari proses pengolahan bahan – bahan yang menggunakan pigmen atau zat warna, dan limbah dari industri tekstil. Kurniawan (2010) menjelaskan senyawa CdS dan CdSeS banyak digunakan sebagai zat warna. Penelitian yang dilakukan oleh Tuty dan Herni (2009) terhadap sampel dari limbah cair pencelupan batik cap khas Palembang mengandung logam Cd sebesar 0,0063 mg/L.

Perbedaan tinggi rendahnya konsentrasi logam Kadmium di beberapa lokasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain pH dan suhu. Menurut Bryan (1976) kenaikan pH dapat menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH menyebabkan logam dapat berikatan dengan partikel di perairan dan mengalami deposisi, yaitu logam berat akan sukar larut dalam air karena berada dalam bentuk partikel tersuspensi.

Kenaikan pH menyebabkan ion-ion Cd^{2+} akan bereaksi dengan ion OH^- . Selanjutnya melalui proses absorpsi dan pengaruh arus ion-ion Cd^{2+} akan mengalami presipitasi atau pengendapan di sedimen. Endapan yang terbentuk biasanya dalam bentuk senyawa terhidrasi yang berwarna putih (Palar, 2004).

Pengambilan sampel air di daerah 30-32 Ilir, daerah Tangga Takat, dermaga kapal Pulau Kemarau, dermaga kapal 16 Ilir, dan dermaga kapal 7-10 Ulu yang berdekatan dengan tempat tinggal penduduk dapat meningkatkan buangan organik atau anorganik yang dapat menaikkan pH air sungai, sehingga kandungan logam kadmium lebih rendah di daerah tersebut. Pengukuran pH di air Sungai Musi pada lima lokasi di atas berkisar antara 6,8 – 7,2. Sedangkan pH air di daerah Pulokerto, Pelabuhan Boom Baru dan galangan kapal PT. Mariana Bahagia berkisar antara 6,5-6,7. Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 16 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air untuk air kelas I sd IV yaitu berkisar antara nilai 6-9.

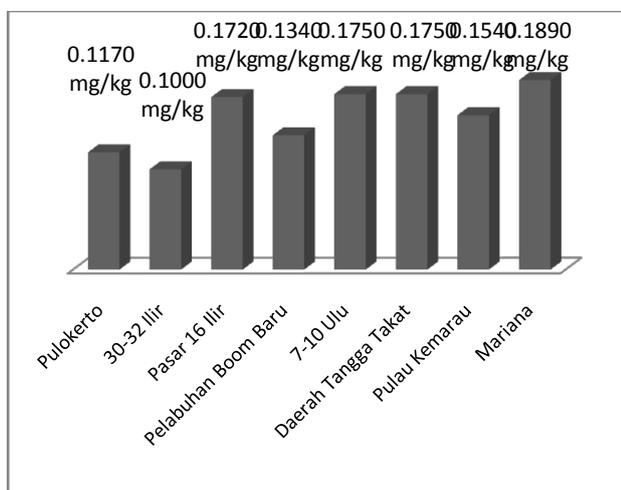
Suhu air pada waktu sampling berada pada kisaran temperatur berkisar antara 25°C-32°C. Suhu perairan dapat mempengaruhi keberadaan dan sifat logam kadmium. Soemirat (2005) menjelaskan zat akan mudah larut jika temperatur dinaikkan. Waykar *et al.* (2012) menyatakan bahwa peningkatan suhu perairan cenderung menaikkan akumulasi logam berat. Logam dalam air cenderung akan membentuk ikatan dengan bahan organik ataupun

bahan anorganik. Hal ini disebabkan logam memiliki sifat elektronegativitas yaitu kemampuan suatu atom untuk mengikat elektron.

Konsentrasi logam kadmium (Cd) di air Sungai Musi dengan kisaran antara 0,0021 – 0,0137 mg/L dan rata-rata sebesar 0,0091 mg/L masih di bawah ambang batas Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 16 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air untuk air kelas I sd IV yaitu sebesar 0,1 mg/L.

Konsentrasi Logam Kadmium di Sedimen Sungai Musi

Konsentrasi logam Cd pada sampel sedimen di delapan stasiun terdapat pada gambar 4.



Gambar 4. Konsentrasi Logam Cd di Sedimen Sungai Musi

Berdasarkan Gambar 4 di atas, rata-rata konsentrasi kadmium (Cd) dalam sedimen sebesar 0,1520 mg/kg dengan kisaran konsentrasi 0,1000 mg/kg - 0,1890 mg/kg, masih di bawah baku mutu standar internasional untuk sedimen yang mengacu pada *Dutch Quality Standards for Metals in Sediment* yaitu di bawah 0,8 mg/kg (IADC/CEDA, 1997). Konsentrasi paling tinggi terdapat di sekitar galangan kapal PT. Mariana Bahagia sebesar. Aktifitas di galangan kapal seperti perbaikan dan pengecatan kapal diduga meningkatkan cemaran logam Cd di sekitar lokasi karena logam Cd digunakan sebagai pigmentasi cat kapal (Bryan, 1976) dan pelapis pewarnaan agar cat mudah kering (Liu *et al.*, 2011).

Konsentrasi logam kadmium (Cd) di sedimen Sungai Musi dalam wilayah administratif Kota Palembang terendah sebesar 0,1000 mg/kg yaitu di daerah 30-32 Ilir Barat II Palembang. Diduga buangan zat warna yang diduga mengandung logam Cd dari industri tekstil (tenun) di daerah 30-32 Ilir dapat juga meningkatkan cemaran kadmium di

sedimen. Wardhana (2004) menjelaskan limbah dari industri tekstil merupakan salah satu sumber pencemar logam berat terutama Pb, Cr, dan Cd yang dihasilkan dari proses pencelupan dan pewarnaan. Industri tekstil seringkali membuang limbahnya langsung ke perairan tanpa dilakukan pengolahan yang memadai.

Fluktuasi konsentrasi logam Cd dalam sedimen di beberapa lokasi di Sungai Musi dipengaruhi antara lain oleh arus sungai dan tipe sedimen. Menurut Hutagalung *et al.* (1997) besarnya kandungan logam berat yang mengendap di dasar perairan pada daerah yang memiliki arus tenang akan jauh lebih tinggi jika dibandingkan perairan berarus kuat.

Lokasi pengambilan sampel di sekitar daerah galangan kapal PT. Mariana Bahagia jauh dari pemukiman penduduk dan aktivitas transportasi yang tidak begitu banyak membuat arus sungai di lokasi tidak begitu kuat. Sedangkan, lokasi penelitian lain seperti daerah 30-32 Ilir, daerah pasar 16 Ilir, pelabuhan Boom Baru, daerah 7-10 Ulu, daerah Tangga Takat merupakan jalur transportasi dengan intensitas aktivitas kapal yang tinggi, sehingga arus sungai lebih kuat berdampak akumulasi logam Cd di sedimen lebih rendah. Hutagalung *et al.* (1997) menjelaskan arus yang kuat akan menyebabkan terjadinya resuspensi dan desolusi logam berat yang ada di sedimen kembali ke badan perairan karena terjadi proses pengenceran.

Tipe sedimen juga mempengaruhi akumulasi logam kadmium. Korzeniewski dan Neugabieuer (1991) menyatakan bahwa konsentrasi logam berat meningkat seiring dengan semakin halusya sedimen, karena terjadinya perubahan tekstur sedimen. Menurut Hutagalung *et al.* (1997) logam berat mempunyai sifat yang mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen jauh lebih tinggi dibandingkan di air.

Teori di atas dibuktikan oleh Meregalli *et al.* (2004) yang menyatakan tipe sedimen lempung berlumpur (lempung berdebu) akan meningkatkan akumulasi logam, karena sedimen dengan fraksi lumpur (debu) yang tinggi dapat mengikat logam lebih lama yang disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik elektrokimia antara partikel sedimen dengan partikel logam, pengikatan oleh partikel organik dan pengikatan oleh sekresi lendir organisme.

Kaban dan Husnah (2010) melakukan penelitian tentang tipe sedimen yang ada di Sungai Musi. Tipe sedimen dibagian hulu Sungai Musi cenderung berpasir, bagian tengah yaitu lempung berpasir

sedangkan bagian hilir tipe sedimennya adalah lempung berdebu.

Berdasarkan penelitian Kaban dan Husnah (2010) daerah Mariana terletak di bagian hilir Sungai Musi dengan tipe sedimen lempung berdebu, sehingga sedimen tersebut lebih banyak mengakumulasi logam Cd di banding sedimen di lokasi penelitian lain. Terbukti dengan tingginya konsentrasi Cd dalam sedimen di daerah galangan kapal PT. Mariana Bahagia tersebut sebesar 0.1890 mg/kg.

Pengendapan logam kadmium di suatu perairan terjadi karena adanya anion karbonat hidroksil dan klorida. Kadmium bervalensi dua (Cd^{2+}) adalah bentuk terlarut stabil dalam lingkungan perairan pada pH dibawah 8,0. Dalam lingkungan alami yang bersifat basa, kadmium mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik. Di perairan alami, Cd membentuk ikatan kompleks dengan ligan baik organik maupun anorganik, yaitu Cd^{2+} , $Cd(OH)^+$, $CdCl^+$, $CdSO_4$, $CdCO_3$ dan Cd organik (Manahan, 2000).

Hasil penelitian menunjukkan rerata logam Cd di sedimen sungai musu sebesar 0,1520 mg/kg dengan kisaran konsentrasi terendah 0,1000 mg/kg di daerah 30-32 Ilir dan konsentrasi tertinggi sebesar 0,1890 mg/kg di daerah galangan kapal PT. Mariana Bahagia.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Konsentrasi logam kadmium (Cd) di air Sungai Musi Kota Palembang berkisar 0,0021 - 0,0137 mg/L dengan rerata 0,0091 mg/L.
2. Konsentrasi logam kadmium (Cd) di sedimen Sungai Musi berkisar 0,1000 - 0,1890 mg/kg dengan rerata 0,1520 mg/kg.
3. Keberadaan logam kadmium (Cd) di air dan sedimen Sungai Musi sekitar Kotamadya Palembang belum menunjukkan tingkat pencemaran menurut baku mut yang telah ditetapkan Perda Sumsel maupun Standar International (IADC/CEDA)

Saran

Meskipun logam kadmium (Cd) di Sungai Musi belum menunjukkan tingkat pencemaran serius, hendaknya Pemerintah Kota Palembang harus memperhatikan dan atau mengevaluasi keberadaan logam tersebut, karena kadmium bersifat bioakumulatif dan dapat masuk dalam rantai makanan perairan Sungai

Musi. Hal ini dapat beresiko tinggi terhadap predator tingkat tinggi termasuk manusia yang mengkonsumsi ikan/remis tersebut.

REFERENSI

- Attafar, Z., Mesdhaghinia, A., Nouri, J., Homaeae, M., Yunesian, M. 2010. *Effect of Fertilizer Application on Soil Heavy Metal Concentration*. Environ. Monitor. Assess. 160 (1-4): 83 – 89.
- Azhar, H. Ita, W., Jusup, S. 2012. *Studi kandungan Logam berat Pb, Cu, Cd, Cr pada Kerang Sipping (Amusium pleuronectes), Air dan Sedimen di Perairan Wedung Demak serta Analisis Maximum Tolerable Intake pada Manusia*. Journal Of Marine Research. Vol.1 No.2 :35-44.
- Badan Standardisasi Nasional . 2005. Standar Nasional Indonesia Pupuk Tripel Super Fosfat. SNI 02-0086-2005.
- Bryan GW. 1976. *Heavy Metal Contamination in The Sea*. Marine pollution. London: Academic press. Hlm: 185 – 302.
- Cheraghi, M., B. Lorestami, H. Merrikhpour. 2012. *Investigation of the Effects of Phosphate Fertilizer Application on the Heavy Metal Content in Agricultural Soils with Different Cultivation Patterns*. Biol Trace Elem Res . 145:87–92
- Chudaifah, L. 2010. *Konsentrasi Pb, Cd dan Hg pada Ikan Pepetek (Leignathus egulus) yang Ditangkap di Pantai Jawa Timur dan Batas Aman Konsumsinya*. Tesis. Program Magister Biologi. Universitas Airlangga. Surabaya. 57 hal.
- Clark, R. B. 1989. *Marine Pollution. Second Edition*. Clarendon Press Oxford. Pp. 1-105.
- Departemen Perhubungan. 2006. *Pelabuhan Palembang*. <http://www.dephub.go.id/files/media/file/pelabuhan>
- Dinas Pertanian Perikanan dan Kehutanan (Dinas PPK) . 2011. *Agrowisata Pulokerto Akan Segera Miliki BBI*.
- Fachrul, Melati Ferianita. 2007. *Metode Sampling Bioekologi*. Penerbit Bumi Aksara. Jakarta.
- Galindo, E.A.G., Barbosa, A.M., Velasco, M.R.M., Daessle, L.W., Borbon, M.V.O. 2010. *Distribution and Enrichment of Silver and Cadmium in Coastal Sediments from Bahia Todos Santos, Baja California, Mexico*. Bull Environ Contam Toxicol. 85:391-396.
- Hutagalung, H.P., Deddy, S., dan S. Hadi Riyono. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Buku 2. Puslitbang Oseanologi, LIPI. Jakarta.
- Kaban, Siswanta dan Husnah. 2010. *Distribusi Plumbum dan Chromium dalam Sedimen dan Profil Fisiko-Kimia Perairan Sungai Musi Sumatera Selatan*. Balai Riset Perikanan Perairan Umum, Palembang. Prosiding Seminar Nasional Limnologi V tahun 2010.
- Korzeniewski, K dan Neugabaeuer, E. 1991. *Heavy Metal Contamination in Fish The Polish Zone at Southern. Baltic. Mar. Poll. Bull.23: 687-689*

- Kurniawan, Arif. 2010. *Mineral Kadmium*. Universitas Diponegoro.
- Liu, Jie., Hong Zhang, X., Tran, H., Wang Qiu, D., Zhu Nian, Y. 2011. *Heavy Metal Contamination and Risk Assesment in Water, Paddy Soil, and Rice Around an Electroplating Plant*. Environ Sei Pollut Res. 18:1623-1632.
- Manahan, Stanley E. 2000. *Environmental Chemistry*. Seventh Edition. Lewis Publisher. CRC Press Library of Congress Cataloging . New York.
- Meador, J.P., D.W. Ernest., A.N. Kogley. 2005. *Science of the Total Environmental*. 339:189-2005.
- Meregalli G., A. C. Vermeullen, and F. Ollivier. 2004. *The Use of Chironomid in an Insitu Test for Sediment Toxicity*. Ecotoxicology and Environmental Savety 47: 231-238.
- Palar, Heryando. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta: Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.
- Utomo, A D., Muflikhah, N., Nurdawati, S., Rahardjo, M.F., Makmur, S., 2007. *Ichtiofauna Sungai Musi Sumatera Selatan*. Balai Riset Perikanan Perairan Umum. ISBN 978-979-17100-1-5.
- Wardana, W.A. 2004. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Edisi Revisi. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Waykar, Bhalchandra., and Deshmukh, Gajanan. 2012. *Evaluation of Bivalves as Bioindicators of Metal Pollution in Freshwater*. Journal Bull Environ Contan Toxicol 88:48-53.
- Wlostowski, T., A. Krasowska, A. Salinska, M. Wlostowska. 2009. *Seasonal Changes of Body Iron Status Determine Cadmium Accumulation in The Wild Bank Voles*. Biol Trace Elem Res. 131: 291-297. _____