

POLA AKUMULASI LOGAM CU IKAN BANDENGSELAMA PERIODE PERTUMBUHAN DI TAMBAK

Sri Mulyani ES, Nana Kariada Tri Martuti, Andin Irsadi

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

Abstrak. Akibat kerusakan pantai dan lahan mangrove di kawasan pesisir pantai Kota Semarang menyebabkan menurunnya kualitas lingkungan wilayah pesisir. Penurunan kualitas lingkungan ini berpengaruh pada lingkungan tambak yang berada di wilayah pesisir pantai yang juga akan mempengaruhi kualitas ikan yang dipelihara di tambak-tambak di wilayah pesisir pantai. Ikan Bandeng merupakan salah satu hasil budidaya ikan di tambak yang banyak terdapat di daerah pantai atau pesisir. Sampel dalam penelitian ini berupa: logam Cu pada air, sedimen serta ikan bandeng pada tambak penelitian yang sudah ditentukan. Kualitas lingkungan yang terdiri dari: DO, pH, salinitas dan suhu perairan. Penelitian ini menggunakan pendekatan ekologi (*ecological approach*). Data bioakumulasi logam Cu dalam sedimen, air dan ikan bandeng dianalisis berdasarkan rumus FK dan BCF yang ada. Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil kandungan logam Cu pada perairan tambak antara 0,2-0,3 ppm dan sedimen antara 18,088-22,81 ppm. Kadar logam dalam air tersebut sudah berada di atas ambang batas yang telah ditentukan Pemerintah berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut, kadar Cu untuk biota laut 0,008 mg/L. Untuk itu perlu mendapat perhatian adanya pencemaran logam Cu di tambak bandeng wilayah Tapak. Kandungan logam Cu pada ikan di wilayah Tapak (1.165 - 3.396 ppm) masih di bawah ambang batas yang diijinkan BPOM No. 03725/B/SK/VII/89 Tahun 1989 sebesar 20 ppm, tetapi harus tetap diwaspadai mengingat sifatnya yang akumulatif dan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsinya.

Kata Kunci: pola akumulasi, ikan bandeng, logam Cu

PENDAHULUAN

Logam berat mempunyai pengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap makhluk hidup, karena itu keberadaannya dalam perairan harus diketahui untuk mengantisipasi bahaya yang ditimbulkan karena adanya logam berat. Mengingat logam berat dapat terakumulasi dalam tubuh suatu biota termasuk komoditas budidaya, maka akan sangat berbahaya jika produk hasil budidaya yang dikonsumsi manusia mengandung logam berat pada nilai toleransi yang

tidak aman.

Meskipun kadar logam berat dalam aliran sungai relatif kecil akan tetapi sangat mudah diserap dan terakumulasi secara biologis oleh tanaman atau hewan air dan akan masuk dalam sistem jaring makanan. Kandungan logam berat dalam biota air biasanya akan bertambah dari waktu ke waktu karena bersifat bioakumulatif, sehingga biota air dapat digunakan sebagai indikator pencemaran logam dalam perairan (Darmono, 1995). Adanya peningkatan kadar logam berat dalam air laut akan diikuti oleh peningkatan logam berat dalam tubuh ikan dan biota lainnya, sehingga pencemaran air laut oleh logam berat akan mengakibatkan ikan yang hidup di dalamnya tercemar.

Bioakumulasi sering diartikan sebagai akumulasi suatu bahan kimia dalam suatu makhluk hidup sampai suatu kepekatan yang lebih tinggi dari pada yang ada pada lingkungan hidupnya. Hal ini berkaitan dengan salah satu sifat bahan kimia yang terpenting dalam situasi-situasi yang mencakup suatu pengaruh biologis atau pemakaian adalah seberapa jauh bahan kimia itu diserap atau terbioakumulasi. Setelah masuk kedalamair, logamdapat teradsorpsi padapermukaan padat (sedimen), tetap larut atautersuspensi dalamair ataudiambil olehfauna. Hal yang sangat pentingdarilogamadalah keterkaitannya dengan keanekaragaman hayati dikarenakan adanya kecenderungan kemampuan organisme dalam mengakumulasi logam yang ada di lingkungannya (Shukla *et al.*, 2007).

Tembaga (Cu) merupakan mineral mikro karena keberadaannya dalam tubuh sangat sedikit namun diperlukan dalam proses fisiologis. Di alam, Cu ditemukan dalam bentuk senyawa Sulfida (CuS). Walaupun dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit, bila kelebihan dapat mengganggu kesehatan atau mengakibatkan keracunan(Arifin, 2008).

Ikan Bandeng merupakan salah satu hasil budidaya ikan di tambak yang banyak terdapat di daerah pantai atau pesisir. Bandeng yang dipelihara di tambak sebagian besar dipelihara di lahan pasang surut. Pemeliharaan bandeng yang sehat mensyaratkan air dan tambak yang bersih serta tidak tercemar. Hal ini didasarkan pada kualitas dari lingkungan yang ada akan mempengaruhi dan menentukan kualitas bandeng yang dipelihara.

Dengan melihat latar belakang tersebut di atas, kiranya perlu untuk mengetahui Seberapa besar kandungan logam Cu dalam air dan sedimen pada tambak bandeng , serta bagaimana pola akumulasi logam Cu ikan bandeng selama periode pertumbuhan di tambak.

METODE

Penelitian ini dilakukan di ekosistem tambak bandeng wilayah Tapak Kota Semarang. Sampel dalam penelitian ini terdiri dari: air, sedimen, dan ikan bandeng (*Chanos chanos*).

Sampel diambil secara *time series* setiap periode waktu 15 hari untuk dilakukan analisis logam Cu selama 60 hari.

Penelitian diawali dengan penelitian pendahuluan untuk memastikan parameter kualitas air dan lingkungan, serta kondisi tambak yang akan digunakan sebagai tempat memelihara ikan bandeng. Pengambilan sampel penelitian dilakukan pada tambak berdasarkan peruntukannya untuk budidaya bandeng.

Pengambilan sampel air dilakukan dengan cara mengambil air tambak sebanyak 50 ml untuk dianalisis logam Cu di laboratorium. Pengambilan sampel sedimen sebanyak 50 gr. Pengambilan sampel dilakukan secara *random sampling* yang dapat mewakili kondisi tambak. Sampel ikan bandeng ditentukan berdasarkan ukuran ikan bandeng siap tebar dengan umur $\pm 1,5$ bulan (nener) ukuran ± 7 cm. Ikan bandeng ditebar di tambak dengan kepadatan 10 ekor/m².

Data yang terkumpul dianalisis dengan statistik deskriptif, yaitu untuk mengolah data kuantitatif. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui pengaruh kadar logam Cu dalam air dan sedimen terhadap kadar logam Cu dalam ikan bandeng selama periode pertumbuhan. Data yang diperoleh diukur pula Faktor Konsentrasi (FK) untuk kandungan logam Cu dalam air dengan sedimen, serta *Bio Concentration Factor* (BCF) antara kandungan logam Cu dalam air dan sedimen dengan kandungan logam Cu dalam ikan bandeng.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian laboratorium terhadap kadar logam Cu di tambak wilayah Tapak, diperoleh hasil pada air antara 0,2-0,3 ppm (Tabel 1). Hasil ini menunjukkan bahwa konsentrasi Logam Cu di air sudah berada di atas ambang batas yang telah ditentukan Pemerintah. Hal ini sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut, kadar Cu untuk biota laut 0,008 mg/L. Hasil ini lebih tinggi dari hasil penelitian Martuti dan Irsadi (2014) yang menyampaikan kadar logam Cu dalam perairan tambak wilayah Tapak antara 0,001 - 0,007 mg/L dan 0,005-0,037 mg/L pada sungai Tapak.

Keberadaan logam di wilayah Tapak ini dimungkinkan karena wilayah Tapak merupakan wilayah yang didominasi permukiman, pertanian dan industri yang menyebabkan wilayah Tapak mempunyai potensi resiko tercemar bahan-bahan berbahaya, termasuk logam. Berdasarkan data dari BLH Kota Semarang terdapat 14 industri yang berada di sekitar wilayah Tapak, yang terdiri dari industri keramik, pengolahan kayu, makanan dan perbengkelan.

Tabel 1. Kandungan Logam Cu pada Air dan Sedimen Tambak Ikan beserta Perhitungan FK antara sedimen dengan air tambak bandeng

	Hari ke				
	1	15	30	45	60
Sedimen	22.81	19.236	19.337	20.316	18.088
Air	0.03	0.029	0.02	0.03	0.029
FK	760.333	663.31	966.85	677.2	623.724

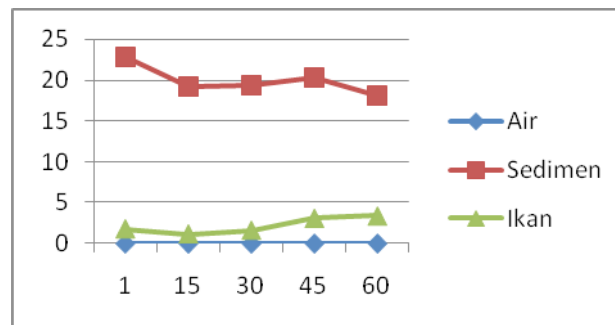
Kandungan logam Cu pada sedimen tambak di Wilayah Tapak dari waktu ke waktu penelitian berkisar antara 18,088-22,81 ppm (Tabel 1). Dari data table 1 tersebut dapat dilihat keberadaan logam Cu di lingkungan perairan cenderung menurun dari hari pertama (22,81 ppm), kemudian berturut-turut menurun di hari ke 15 (19,236 ppm), 30 (19,337 ppm). Kandungan logam pada hari ke 45 cenderung sedikit meningkat dengan kadar 20,316 ppm, dan kembali menurun di hari ke 60 (18,088 ppm). Keberadaan logam Cu pada sedimen hal ini dimungkinkan karena adanya kemampuan sedimen dalam mengakumulasi logam dari lingkungannya. Adanya logam pada sedimen sangat tergantung pada baik buruknya kondisi perairan tersebut. Konsentrasi logam berat pada ekosistem mangrove berturut-turut menurun dengan urutan sebagai berikut: sediments > akar > batang > daun > buah > air laut (Saifullah *et al.*, 2004). 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). Adanya pencemaran logam di dalam sedimen terbatas pada konsentrasi total logam (Tam and Wong, 2000).

Perhitungan Faktor Konsentrasi (FK) antara kandungan logam dalam sedimen dengan kandungan logam dalam air tambak selama periode penelitian antara 623,724 – 966.85 (Tabel 1). Hal ini menunjukkan kemampuan sedimen dalam mengakumulasi bahan pencemar dalam suatu perairan. Hal ini dapat terjadi melalui proses akumulasi bahan-bahan yang tidak larut dalam air yang selanjutnya terendapkan. Tingginya kandungan Cu ini diduga karena kebanyakan senyawa Cu akan menetap dan berikatan dengan partikel sedimen air maupun partikel tanah (Anonymous, 2008).

Berdasarkan hasil laboratorium logam Cu pada ikan bandeng di tambak selama periode penelitian selama 2 bulan, diperoleh hasil kandungan logam Cu cenderung meningkat. Pada hari pertama diperoleh hasil kandungan Cu 1,805 ppm, kemudian berturut-turut pada hari ke 15, 30, 45 dan 60 sebesar: 1,165 ppm, 1,62 ppm, 3,117 ppm dan 3,396 ppm (Tabel 2).

Tabel 2. Kandungan Logam Cu pada Air, Sedimen dan Ikan, beserta BCF antara ikan dengan air dan sedimen tambak selama periode penelitian

	Hari ke				
	1	15	30	45	60
Ikan	1.805	1.165	1.62	3.117	3.396
Air	0.03	0.029	0.02	0.03	0.03
BCF	60,167	40,172	81	103,9	113,2
Sedimen	22.81	19.236	19.337	20.316	18.088
BCF	0.079	0.061	0.084	0.153	0.188



Gambar 2. Kandungan Logam Cu pada Air, Sedimen dan Ikan di Tambak Selama Periode Penelitian

Dengan kandungan logam Cu antara 1.165 - 3.396 ppm tersebut menunjukkan hasil bahwa kandungan logam Cu pada ikan bandeng yang diteliti lebih kecil dibandingkan dengan ambang batas yang ditentukan oleh BPOM No. 03725/B/SK/VII/89 Tahun 1989 sebesar 20 ppm. Tetapi adanya logam berat tersebut perlu mendapatkan perhatian, karena sifat logam yang akumulatif sangat berbahaya bagi manusia yang mengkonsumsinya. Hal ini disebabkan karena adanya proses biomagnifikasi dalam jaringan tubuh manusia yang mengonsumsi hasil perairan yang tercemar oleh logam berat. Manusia yang menduduki tingkat trofik tertinggi dari rantai makanan akan mengakumulasi logam Cu paling tinggi dibandingkan ikan.

Untuk perhitungan BCF antara ikan dan media air selama masa pertumbuhan antara 40,172-113,2, sedangkan BCF antara ikan dengan sedimen selama periode penelitian antara 0.061-0.188 (Tabel 2). Dari data BCF tersebut diperoleh hasil BCF antara ikan dengan air lebih tinggi dari pada ikan dengan sedimen. Hasil ini menunjukkan besarnya akumulasi logam Cu dari air media hidup ke tubuh ikan bandeng, dikarenakan ikan bandeng cenderung hidup di kolom air sehingga banyak terjadi kontak dengan air. Pada gambar 2 terlihat adanya grafik peningkatan kadar logam Cu dari waktu ke waktu penelitian, meskipun kadar Logam Cu dalam air relative konstan. Gambar grafik tersebut memperjelas adanya akumulasi logam dalam tubuh ikan. Akumulasi

logam berat dapat terjadi karena proses biokonsentrasi dari air secara langsung maupun melalui proses biomagnifikasi melalui rantai makanan pada hewan air (Connell & Miller, 1995).

Proses bioakumulasi logam berat pada ikan bisa terjadi secara fisis maupun biologis (biokimia). Proses fisis berupa menempelnya senyawa logam berat pada bagian tubuh, luar tubuh, insang dan lubang-lubang membran lainnya yang berasal dari air maupun dari senyawa yang menempel pada partikel. Proses biologis terjadi melalui proses rantai makanan dan tidak menutup kemungkinan terabsorbsinya logam berat yang sebelumnya hanya menempel. Sehingga apabila perairan tambak telah tercemar, maka diduga ikan bandeng yang dipelihara pun akan ikut tercemari (Prasetyo *et al*, 2010). Menurut Purnomo dan Muchyiddin (2007), proses akumulasi logam dalam jaringan ikan bandeng terjadi setelah absorpsi logam dari air atau melalui pakan yang terkontaminasi. Logam akan terbawa oleh sistem darah dan didistribusikan ke dalam jaringan.

Ulfin (2001), akumulasi logam berat sebagai logam beracun pada suatu perairan merupakan akibat dari muara aliran sungai yang mengandung limbah. Meskipun kadar logam berat dalam aliran sungai itu relatif kecil akan tetapi sangat mudah diserap dan terakumulasi secara biologis oleh tanaman atau hewan air dan akan terlibat dalam sistem jaring makanan. Hal tersebut menyebabkan terjadinya proses bioakumulasi, yaitu logam berat akan terkumpul dan meningkat kadarnya dalam tubuh organisme air yang hidup, termasuk ikan bandeng. Kemudian melalui transformasi akan terjadi pemindahan dan peningkatan kadar logam berat tersebut secara tidak langsung melalui rantai makanan. Proses rantai makanan ini akan sampai pada jaringan tubuh manusia sebagai satu komponen dalam sistem rantai makanan.

Hal ini sesuai dengan pendapat Hutagalung (1991) yang menyatakan, bahwa adanya peningkatan kadar logam berat dalam air laut akan diikuti oleh peningkatan logam berat dalam tubuh ikan dan biota lainnya, sehingga pencemaran air laut oleh logam berat akan mengakibatkan ikan yang hidup di dalamnya tercemar. Unsur-unsur logam berat dapat masuk ke tubuh manusia melalui makanan dan minuman, serta pernafasan dan kulit. Pemanfaatan ikan-ikan ini sebagai bahan makanan akan membahayakan kesehatan manusia. Sedangkan Qiao *et al.*, (2007) menyampaikan, bioakumulasi logam berat pada ikan dapat menimbulkan resiko kesehatan terhadap manusia yang mengkonsumsinya. Karena otot dan kulit merupakan bagian terbesar dari ikan yang dikonsumsi.

Kandungan logam berat dalam biota air biasanya akan bertambah dari waktu ke waktu karena bersifat bioakumulatif, sehingga biota air dapat digunakan sebagai indikator pencemaran logam dalam perairan (Darmono, 1995). Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Salami *et al.* (2008) yang mengatakan, semakin besar konsentrasi Cu di air, semakin besar pula konsentrasi Cu total di ikan. Konsentrasi Cu total pada tubuh ikan dipengaruhi oleh konsentrasi Cu pada organ-organ target ikan seperti hati, otot dan insang ikan. Kemampuan tubuh ikan dalam

mengakumulasi logam berat tiap-tiap jaringan menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Terdapatnya Cu dalam ikan bandeng perlu mendapat perhatian yang khusus, meskipun Cu merupakan logam esensial, akan tetapi apabila berlebihan akan berdampak terhadap kesehatan manusia. Hal ini sesuai dengan pendapat Arifin (2008) yang mengatakan, bahwa Tembaga (Cu) merupakan mineral mikro karena keberadaannya dalam tubuh sangat sedikit namun diperlukan dalam proses fisiologis. Di alam, Cu ditemukan dalam bentuk senyawa Sulfida (CuS). Walaupun dibutuhkan tubuh dalam jumlah sedikit, bila kelebihan dapat mengganggu kesehatan atau mengakibatkan keracunan. Sedangkan Ashra (2012) dalam penelitiannya menyampaikan, meskipun logam berat dianalisis dalam tangkapan tidak menimbulkan risiko kesehatan secara langsung kepada manusia namun karena bioakumulasi dan meningkatnya / bertambahnya logam berat pada manusia adalah penting untuk menjaga kadar logam di lingkungan. Untuk itu perlu diwaspadai adanya logam di perairan mengingat sifatnya yang akumulatif dan membahayakan bagi kesehatan manusia yang mengkonsumsinya (Priyanto *et al.*, 2008)

Darmono (1995) yang mengatakan, apabila ikan yang tercemar logam Cu dikonsumsi oleh manusia akan mengakibatkan pengaruh buruk bagi kesehatan manusia itu sendiri.

Keberadaan logam Cu dalam tubuh ikan, menurut hasil penelitian oleh Newman dan McIntosh (1991) disebabkan karena logam dalam air tidak menyebabkan adanya tindakan penghindaran oleh ikan. Dikatakan pula bahwa sekali logam berat tersebut masuk ke dalam tubuh ikan maka akan ditransportasikan ke seluruh bagian tubuh melalui aliran darah. Meskipun ditransportasikan ke seluruh tubuh, logam berat tidak segera terakumulasi ke dalam otot, tetapi dengan pemaparan dengan waktu yang cukup lama maka logam berat akan ditransportasikan ke dalam otot.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kandungan logam Cu pada perairan tambak antara 0,2-0,3 ppm dan sedimen antara 18,088-22,81 ppm. Kadar logam dalam air tersebut sudah berada di atas ambang batas yang telah ditentukan Pemerintah berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut, kadar Cu untuk biota laut 0,008 mg/L. Untuk itu perlu mendapat perhatian adanya pencemaran logam Cu di tambak bandeng wilayah Tapak.

Kandungan logam Cu pada ikan di wilayah Tapak (1.165 - 3.396 ppm) masih di bawah ambang batas yang diijinkan BPOM No. 03725/B/SK/VII/89 Tahun 1989 sebesar 20 ppm, tetapi harus tetap diwaspadai mengingat sifatnya yang akumulatif dan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsinya.

Dalam penelitian ini direkomendasikan agar instansi yang terkait untuk bisa mewaspadai dan memperhatikan adanya logam berat di perairan dan ikan yang dipelihara di tambak wilayah pesisir. Hal ini terkait dengan kemampuan logam terakumulasi pada ikan atau manusia yang mengkonsumsinya. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui adanya jenis-jenis logam berat yang lain di perairan sungai, tambak maupun yang terakumulasi pada ikan bandeng.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2008. Chemical properties of copper-health effects of copper-environmental effects of copper. <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Cu-en.htm#Atomic%20number>. Diakses tanggal 2 Agustus 2015. 5 pp.
- Arifin, Z. 2008. Beberapa Unsur Mineral Esensial Mikro Dalam Sistem Biologi dan Metode Analisisnya. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(3),99-10.
- Ashraf, M. A; Maah, M. J. and Yusoff, I. 2012. Bioaccumulation of Heavy Metals in Fish Species Collected From Former Tin Mining Catchment. *Int. J. Environ. Res.*, 6(1):209-218 Arifin, 2008
- Connel, DW dan Miller, G.J. 1995. *Kimia Dan Ekotoksikologi Pencemaran*. UI Press. Jakarta.
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press. Jakarta.
- Hutagalung, H.P., 1991, *Pencemaran Logam Berat Dalam Status Pencemaran Laut Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi – LIPI. Jakarta, hal 45-59
- Martuti, NKT dan Irsadi, A. 2014. Peranan Mangrove Sebagai Biofilter Pencemaran Air Di Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang. *J. Manusia dan Lingkungan* 21 (2): 188-194.
- Newman, M.C and Mc Intosh, A.W. 1991. *Advances in Trace Substances Research Metal Ecotoxicology Concepts and Applications*. Lewis Publisher, Michigan.
- Prasetio, AB., Albasri, H. dan Rasidi. 2010. Perkembangan Budidaya Bandeng di Pantai Utara Jawa Tengah (Studi Kasus: Kendal, Pati dan Pekalongan). *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. Pusat Riset Perikanan Budidaya. Jakarta. Hal. 123-137.
- Priyanto, N; Dwiwitno dan Ariyani, F. 2008. Kandungan Logam Berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) Pada Ikan, Air dan Sedimen di Waduk Cirata, Jawa Barat.. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan* 3 (1): 69-78.
- Purnomo, T dan Muchyiddin. 2007. *Analisis Kandungan Timbal (Pb) pada Ikan Bandeng (Chanos chanos Forsk.) di Tambak Kecamatan Gresik*. *Jurnal Neptunus*, Vol. 14 (1) :68-77.
- Saifullah, S.M., Ismail, S., Khan, S.H. and Saleem, M. 2004. Land Use—Iron Pollution in Mangrove Habitat of Karachi, Indus Delta. *Earth Interactions* 8 (17) : 1-9.
- Salami, Indah RS; S Rahmawati; AP Kristijarti dan AT Yusuf. 2008. Pengaruh Logam Berat Tembaga Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Pengaruh Depurasinya. *Jurnal Penelitian Perikanan* 11 (1): 49-58 Sualia et al., 2010
- Shukla, Vineeta ; Monika Dhankhar; Jai Prakash and K.V. Sastry. 2007. Bioaccumulation of Zn, Cu and Cd in *Channa punctatus*. *Journal of Environmental Biology* 28(2) 395-397
- Qiao-qiao, Chi; Z. Guang-wei; A. Langdom. 2007. Bioaccumulation of Heavy Metals in Fishes From Tailu Lake China. *Journal of Environmental Sciences*. Vol. 19 No. 12 Hal. 1500-1502 Saifullah et al., 2004
- Tam, N.F.Y and Wong, Y.S. 2000. Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps. *Environmental Pollution* 110 : 195-205.
- Ulfin, I. 2001. Penyerapan Logam Berat Timbal dan Cadmium dalam Larutan oleh Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L). *Majalah KAPPA* 2 (1), Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.