

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT (Pb) PADA IKAN NILA MERAH (*Oreochromis sp*) YANG DIBUDIDAYAKAN DALAM KJA KOTA PONTIANAK

Laharisen Talasniga ^{*1)}, Rachimi²⁾, Farida²⁾

¹⁾Mahasiswa Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Muhammadiyah Pontianak

²⁾Staf Pengajar Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Muhammadiyah Pontianak
Email: laharisentalasniga@gmail.com

ABSTRAK

Studi Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan Sungai Kapuas, Provinsi Kalimantan Barat. Pemanfaatan air Sungai Kapuas sangat beragam di satu sisi membutuhkan kualitas air sungai yang baik serta memenuhi persyaratan tertentu. Sebaliknya pemanfaatan sungai bagi berbagai aktivitas masyarakat tersebut juga memberikan imbas terhadap penurunan kualitas airnya. Penelitian ini dilaksanakan di Perairan Sungai Kapuas, Provinsi Kalimantan Barat dari bulan Agustus hingga September 2018 menggunakan metode sampling acak pada 3 stasiun. Stasiun 1, Daerah Pontianak Timur daerah Parit Mayor, Stasiun 2, Daerah Pontianak Utara di Selat Panjang Gg. Amal dan Stasiun 3, Daerah Pontianak Tenggara Jalan Imam Bonjol Gg Hj Salmah. Pengambilan contoh air dan sedimen dilakukan dengan rentang waktu waktu pengambilan contoh selama 1 bulan. Hasil penelitian ini menunjukkan rata-rata kualitas Perairan di Sungai Kapuas masih berada pada kisaran normal. Kandungan logam timbal (Pb) di Sungai Kapuas menunjukkan konsentrasi < 0.0070 µg/ml.

Kata kunci : Sungai Kapuas, Ikan Nila Merah, Logam berat, Timbal (Pb)

ABSTRACT

Study of Heavy Metal of Lead (Pb) in Kapuas River Pontianak, Regency West Borneo. Utilization of Kapuas river is very diverse and required water quality and fulfilled certain requirements. Otherwise, the used of the river for the various activities of the society also gives impact to water quality degradation. This research has been conducted in August to September 2018 in Kapuas River. This research used Purpossive Random Sampling. There are 3 locations. Station 1: Daerah Pontianak Timur daerah Parit Mayor, 2: Daerah Pontianak Utara di Selat Panjang Gg. Amal 3: Daerah Pontianak Tenggara Jalan Imam Bonjol Gg Hj Salmah.. Sampling activities were conducted once/month. This research aim to know heavy metal concentrate of Lead (Pb) in waters and sediments. The results showed that the average water quality of Kapuas river is still in the normal range. Metal content of Lead (Pb) concentration in the water column showed < 0.0070 µg/ml.

Keyword: Kapuas River, Red Nila Fish, Lead (Pb)

PENDAHULUAN

Sungai Kapuas yang merupakan sungai terpanjang di Indonesia dengan panjang sekitar 1086 km dan mengalir melewati tujuh kabupaten. Sungai ini memiliki nilai dan fungsi strategis bagi masyarakat sekitar serta mempunyai peran yang sangat besar dalam pembangunan di daerah Provinsi Kalimantan Barat (Yulistiana 2007). Beragam aktivitas masyarakat di sepanjang aliran Sungai Kapuas Kalimantan Barat, berupa kegiatan domestik, transportasi (kapal nelayan, kapal angkutan), pelabuhan, dan industri berpotensi memberikan dampak terhadap lingkungan perairan melalui limbah yang dihasilkan. Selain itu, Sungai kapuas merupakan sumber air untuk kegiatan mandi, cuci dan kakus (MCK), sumber air perikanan bahkan sebagai tempat akhir pembuangan limbah.

Aktivitas industri tersebut kemungkinan dapat menghasilkan limbah berupa logam berat. Selain aktivitas industri, aktivitas domestik seperti aktivitas pelayaran industri, transportasi umum, dan kapal-kapal nelayan juga dapat menghasilkan limbah logam berat. Menurut Sarjono (2009), logam berat memiliki sifat yang sulit didegradasi, mudah terlarut di dalam air, terendap

di dalam sedimen, dan dapat terakumulasi dalam tubuh biota perairan. Logam berat dapat terabsorpsi di dalam tubuh ikan melalui dua cara, yaitu saluran makanan (*diet exposure*) dan permukaan insang (*water exposure*).

Ikan merupakan salah satu biota perairan yang sering dipakai sebagai bioindikator logam berat di perairan, karena ikan termasuk ke dalam trofik level tertinggi dan sumber protein manusia. Apabila ikan yang terakumulasi logam berat dikonsumsi oleh manusia, maka logam berat tersebut dapat terakumulasi dalam tubuh manusia. Selain itu logam berat yang telah melebihi ambang batas yang ditetapkan dapat membahayakan kehidupan manusia. Nilai rata-rata kadar timbal pada ikan yang ditetapkan SNI dan WHO senilai 0,3 ppm.

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan pada makhluk hidup serta tidak dapat terurai oleh proses alam (Deri, *et al.*, 2013). Timbal dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui pernapasan, makanan, dan air yang terkontaminasi oleh logam timbal, serta absorpsi melalui kulit (Supriharyono, 2000). Secara alamiah timbal dapat berada dalam badan perairan dengan kadar 0,002–0,010 ppm. Timbal ini diperoleh dari aktivitas manusia dan berasal dari pembakaran bahan bakar motor serta emisi. Kadar maksimum timbal pada perairan yang dibatasi oleh World Health Organization (WHO) adalah kurang dari 0,01 ppm. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui analisis kandungan logam berat Timbal (Pb) pada ikan nila merah (*Oreochromis sp*) yang dibudidayakan dalam KJA di Kota Pontianak.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Keramba Jaring Apung Sui. Kapuas Kota Pontianak. Pengambilan Sampel air dan ikan nila merah dilakukan pada 3 Stasiun, yaitu Stasiun 1: Pontianak Timur di daerah Parit mayor, Stasiun 2 : Pontianak Utara di Jl. Selat Panjang Gg. Amal dan Stasiun 3 : Pontianak Tenggara di Jl.Imam Bonjol Gg. Hj. Salmah. Analisa laboratorium dilakukan di Unit Penerapan Mutu Hasil Perikanan Sungai Rengas Pontianak. Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah seluruh ikan nila merah yang terdapat di karamba jaring apung Sungai kapuas Kota Pontianak. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 kg ikan nila merah tiap stasiun, tiap stasiun diambil 2 titik dan dilakukan 3x ulangan. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksplorasi dimana penetapan stasiun pengambilan sampel dengan *Purposive Random Sampling* yaitu stasiun penelitian ditentukan berdasarkan lokasi atau daerah yang terdapat KJA ikan nila merah, serta pengambilan sampel ikan nila merah yang terdapat dalam Karamba Jaring Apung (KJA) diambil secara *random* (acak), agar setiap anggota pada populasi mendapat kesempatan yang sama untuk terpilih menjadi sampel (Nasution 2003).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari : kotak pendingin (*cool box*), botol, plastik, termometer, pH meter, alat bedah, neraca analitik, blender, pipet, tabung reaksi, labu ukur, kertas saring, *corong*, *erlenmeyer*, *vesel*, *Microwave Mars Express* dan *Atomic Absorbtion Spectrophotometry* (AAS), kamera digital, spidol permanen. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini : daging ikan nila merah, contoh air yang diambil dari lokasi penelitian untuk analisis kandungan logam berat, larutan untuk , DO (MnSO₄; KI; H₂SO₄ pekat; H₂SO₄ pekat; Na₂S₂O₃) , Pb pada air (HNO₃ pekat), Pb pada daging ikan nila merah (aquades; HNO₃ pekat; HClO₄).

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menentukan titik lokasi pengambilan sampel yang dibagi menjadi 3 stasiun dengan masing-masing tiga titik pengambilan sampel yang berbeda. Adapun lokasi penelitian yang akan diambil yaitu: Stasiun 1 : Pontianak Timur di daerah parit mayor; Stasiun 2 : Pontianak Utara di Jl. Selat Panjang Gg. Amal; Stasiun 3: Pontianak Tenggara di Jl.Imam Bonjol Gg. Hj. Salmah.

Pelaksanaan pengambilan sampel dilakukan dengan metode survey, penetapan titik sampel dengan *Purposive Random Sampling* yaitu stasiun penelitian ditentukan berdasarkan lokasi atau daerah yang terdapat KJA ikan nila merah. Pengambilan sampel ikan nila merah yang terdapat dalam KJA dipilih secara *random* (acak) agar setiap anggota pada populasi mempunyai kesempatan yang sama untuk terpilih menjadi sampel (Nasution 2003). Adapun

tahapan dalam pengambilan sampel air adalah dengan cara air dimasukkan kedalam botol air mineral hingga penuh, kemudian botol ditutup dan diangkat ke atas permukaan air. Selanjutnya air yang terdapat di dalam botol dimasukkan kedalam kotak es dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Pengambilan sampel ikan nila merah dilakukan pada bulan Agustus sampai dengan September. Pengambilan sampel ikan dilakukan pada 3 stasiun, masing-masing stasiun sebanyak 1 kg ikan nila merah yang siap panen, yang dipilih dalam 2 titik tiap stasiun. Pengambilan ikan dengan menggunakan jaring, kemudian sampel ikan yang diambil dimasukkan kedalam plastik dan disimpan di dalam kotak pendingin untuk dianalisa di laboratorium. Kualitas air (suhu dan pH) dilakukan pengukuran seca *in situ* sedangkan COD, BOD dan DO dianalisa di laboratorium.

Pengukuran Logam Pb dalam daging ikan dilakukan dengan cara sampel daging ikan dicuci, lalu dikeringanginkan ± 5 hari sampai kadar air kurang dari 2%, kemudian dikeringanginkan dengan oven dan ditumbuk dengan menggunakan mortar, selanjutnya diayak sampai lolos 60 mesh dan dihomogenkan. Sebanyak 3 gram sampel ditimbang, kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer lalu dibasahi dengan aquades. Selanjutnya ditambah 5 ml HNO₃ dan 3 ml HClO₄, kemudian dipanaskan diatas hot plate sampai hampir kering lalu didinginkan. Pengukuran kadar Pb dalam air dilakukan dengan cara sampel air diambil sebanyak 50 ml, kemudian ditambah 5 ml HNO₃ pekat lalu dipanaskan menggunakan hot plate di dalam almari asam hingga volume larutan contoh tersisa 15-20 ml, selanjutnya ditambah 5 ml HNO₃ dan dipanaskan hingga terbentuk endapan putih. Lalu ditambahkan 2 ml HNO₃ pekat kedalam labu ukur dan dipanaskan kurang lebih 10 menit kemudian ditambah aquades hingga tepat tanda tera. Setelah itu sampel air dimasukkan kedalam AAS dengan panjang gelombang 357,54 nm melalui pipa kapiler kemudian membaca absorbansinya. Data parameter kualitas air dianalisis secara deskriptif. Selanjutnya untuk menghitung kisaran kualitas air dilakukan perbandingan nilai baku yang disarankan untuk budidaya ikan melalui PP Nomor 82 Tahun 2001 telah menetapkan baku mutu kualitas air untuk budidaya ikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air

Hasil penelitian kualitas air pada air sungai Kota Pontianak masih dalam ambang batas baku mutu kualitas air untuk budidaya ikan.

Tabel.1 Kualitas Fisika Kimia perairan di Sungai Kapuas Kota Pontianak

Parameter	Stasiun			Standar	Satuan
	1	2	3		
Suhu	26,2	27,1	28,6	Deviasi 3	°C
pH	7	7,2	7,4	6-9	
DO	3,8	3,6	4,0	4	mg/l

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada stasiun 3 memiliki suhu yang tinggi pada saat pasang yaitu 28,6°C sedangkan nilai pH yaitu 7,4. Hasil pengukuran DO pada perairan Sungai Kapuas masing-masing adalah (3,8 mg/l ; 3,6 mg/l dan 4,0 mg/l). Berdasarkan data kualitas air pada tabel 1 terdapat beberapa spesies ikan air tawar untuk kegiatan usaha perikanan budidaya yang memiliki toleransi hidup dan berkembang biak dengan baik.

Salah satu yang mempengaruhi suhu perairan adalah kedalaman badan air (Effendi 2003). Pada waktu pengambilan sampel air, dengan tingkat kedalaman kurang lebih 1 m untuk ke 3 stasiun. Secara umum nilai suhu di perairan kawasan karamba jaring apung Sungai Kapuas Kota Pontianak masih tergolong normal sesuai dengan nilai baku mutu PPRI No. 82 Tahun 2001 Kelas II untuk Perikanan Budidaya Air Tawar. Baku mutu PPRI No. 82 Tahun 2001 Suhu adalah deviasi 3.

Suhu mempunyai pengaruh yang besar terhadap kelarutan oksigen. Suhu pada air mempengaruhi secara langsung toksisitas (bahan kimia pencemar). Suhu dipengaruhi oleh musim, letak lintang (*latitude*), ketinggian tempat di permukaan (*altitude*). Dari ketiga stasiun

yang dianalisis bahwa masing-masing stasiun masih dikategorikan layak untuk pengembangan usaha budidaya. Hasil pengukuran pH rata-rata sungai Kapuas berkisar antara 7-7,4. Kisaran ini masih dibawah ambang batas menurut PPRI No. 82 Tahun 2001 adalah 6-9. Nilai ini masih tergolong normal sesuai dengan nilai baku mutu PPRI No. 82 Tahun 2001 Kelas II untuk budidaya ikan air tawar yaitu berkisar 6-9. pH air 7,7 berarti pH air bersifat alkalis. pH alkalis sangat mendukung untuk terjadinya laju dekomposisi pada suatu perairan (Effendi 2003).

Hasil pengukuran DO pada air, sungai Kapuas diperoleh hasil terendah terdapat di stasiun 1 yaitu 3,8 mg/l, untuk hasil tertinggi terdapat di stasiun 3 4,0 mg/l. Hasil ini masih dalam batas normal dan layak untuk usaha budidaya ikan sesuai dengan menurut PPRI No.82 Th. 2001. DO merupakan parameter mutu air yang penting karena nilai oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) dapat menunjukkan tingkat pencemaran atau tingkat pengelolaan air limbah. Oksigen terlalu akan menentukan kesesuaian suatu jenis air sehingga sebagai sumber kehidupan biota (Pramudya Sunu 2001).

Kandungan Pb pada air

Hasil penelitian kandungan logam berat timbal (Pb) pada air di sungai Kapuas Kota Pontianak masih dalam ambang batas yang ditetapkan.

Tabel. 2 Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Hasil uji kandungan logam berat timbal (Pb) pada air di sungai Kapuas Kota Pontianak

Stasiun	Satuan	Ulangan			Rata-rata	Standar
		1	2	3		
I	µg/ml	< 0.0070	< 0.0070	< 0.0070	< 0.0070	0.0070
I	µg/ml	< 0.0070	< 0.0070	< 0.0070	< 0.0070	0.0070
II	µg/ml	< 0.0070	< 0.0070	< 0.0070	< 0.0070	0.0070
II	µg/ml	< 0.0070	< 0.0070	< 0.0070	< 0.0070	0.0070
III	µg/ml	< 0.0070	< 0.0070	< 0.0070	< 0.0070	0.0070
III	µg/ml	< 0.0070	< 0.0070	< 0.0070	< 0.0070	0.0070

Hasil uji kandungan logam berat timbal (Pb) pada air di sungai Kapuas Kota Pontianak diperoleh hasil yang sama untuk ke 3 stasiun yakni < 0.0070 µg/ml, hal ini menunjukkan bahwa perairan tersebut masih dibawah ambang batas yang sudah ditetapkan yaitu sebesar 0.0070 µg/ml dan layak untuk digunakan untuk usaha budidaya ikan yang sesuai dengan PP RI Nomor 82 Tahun 2001, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air maksimum yang diizinkan adalah 0.05 mg/l untuk Budidaya Ikan.

Meskipun masih dibawah ambang batas, perlu berhati-hati juga karena perairan tersebut sudah terkontaminasi oleh timbal (Pb) meskipun dalam kadar yang rendah. Adanya kontaminasi yang terjadi di perairan seiring dengan berjalannya waktu dapat menimbulkan akumulasi dalam tubuh biota yang terdapat dalam air tersebut, maupun di dasar perairan dan sedimen, sehingga berbahaya bagi kehidupan biota dan manusia yang mengkonsumsi biota tersebut (Rochyatun *et al.*, 2003).

Timbal (Pb) dan persenyawaannya dapat berada di dalam badan perairan secara alamiah dan sebagai dampak dari aktivitas manusia. Secara alamiah, timbal dapat masuk ke dalam perairan melalui pengkristalan timbal di udara dengan bantuan air hujan. Di samping itu proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin, juga merupakan salah satu jalur sumber timbal yang akan masuk ke dalam badan perairan (Palar, 1994).

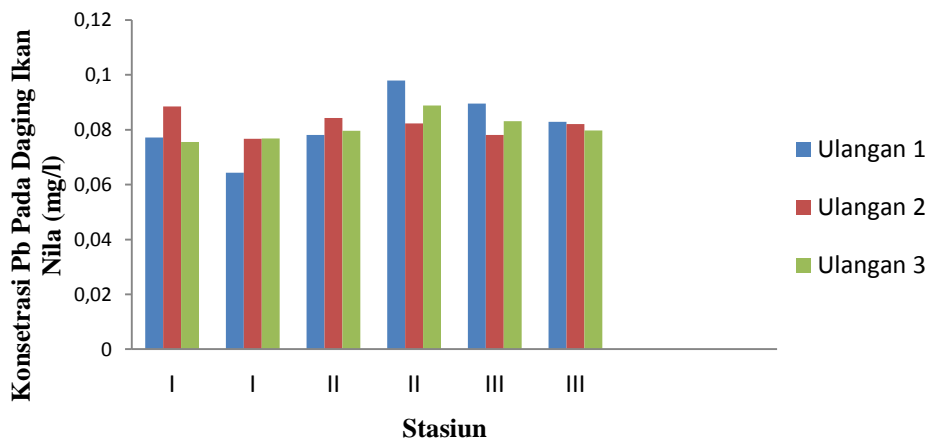
Kandungan Pb pada ikan

Hasil penelitian kandungan logam berat timbal (Pb) pada air di sungai Kapuas Kota Pontianak

Tabel 3 Kandungan Logam Berat timbal (Pb) pada ikan di Sungai Kapuas Kota Pontianak

Stasiun	Titik Lokasi	Satuan	Ulangan			Rata-rata	Standar
			1	2	3		
I	1	µg/ml	0,0772	0,0885	0,0755	0,0804	0,0070
I	2	µg/ml	0,0643	0,0767	0,0768	0,0726	0,0070
II	1	µg/ml	0,0781	0,0843	0,0796	0,0806	0,0070
II	2	µg/ml	0,0979	0,0823	0,0889	0,0897	0,0070
III	1	µg/ml	0,0896	0,0781	0,0831	0,0836	0,0070
III	2	µg/ml	0,0829	0,0821	0,0797	0,0815	0,0070

Hasil uji kandungan logam berat timbal (Pb) pada daging ikan nila merah dalam KJA di Sungai Kapuas Kota Pontianak tertinggi adalah stasiun 2 yakni Pontianak Utara di Jl. Selat Panjang Gg. Amal sebesar 0.0781 dan 0.0979 µg/ml, kemudian stasiun 3 yakni Pontianak Tenggara di Jl. Imam Bonjol Gg. Haji Salmah sebesar 0.0781 dan 0.0896 µg/ml, kemudian stasiun 1 yakni Pontianak Timur di daerah parit mayor sebesar 0.0643 dan 0.0885 µg/ml. Tingginya logam berat timbal (Pb) pada sampel ikan yang diambil dari Pontianak Utara di Jl. Selat Panjang Gg. Amal tersebut diduga berasal dari limbah pemukiman dan limbah industri, transportasi tumpahan bahan bakar.



Gambar 1. Grafik Hasil Pengukuran Kandungan Logam Berat timbal (Pb) pada ikan di Sungai Kapuas Kota Pontianak

Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa kandungan timbal yang terdapat di stasiun 2 diduga tercemar dengan timbal, tetapi masih memenuhi syarat atau dibawah nilai batasan cemaran maksimum timbal pada ikan berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 7387.2009 yaitu 0,3 mg/kg.

Tabel 4. Analisis Kualitas Fisika Kimia perairan dengan kadar Pb pada ikan di Sungai Kapuas Kota Pontianak.

Variable	Nilai P value	Koefisien
Suhu	0,388	0,57
pH	0,480	0,68
Do	0,187	- 0,29

Berdasarkan hasil analisis menggunakan korelasi bahwa parameter suhu didapat nilai p value 0,388 yang menyatakan bahwa tidak ada hubungan antara suhu air dengan kadar Pb pada

ikan dengan nilai korelasinya 0,57 maka hubungan korelasinya sedang. Hasil analisis pada pH menyatakan bahwa tidak ada hubungan antara pH dengan kadar Pb pada ikan dengan nilai p value 0,480 dengan nilai korelasinya 0,68 maka hubungan korelasinya kuat dan hasil analisis Do menyatakan bahwa tidak ada hubungan antara Do dengan kadar Pb pada ikan dengan nilai p valuenya 0,187 dengan nilai koefiensi -0,29 maka hubungan korelasinya lemah.

KESIMPULAN

Kandungan logam berat timbal (Pb) pada air di sungai Kapuas Kota Pontianak diperoleh hasil yang sama untuk ke 3 stasiun yakni $< 0.0070 \mu\text{g/ml}$, hal ini menunjukkan bahwa perairan tersebut masih dibawah ambang batas yang sudah ditetapkan yaitu sebesar $0.0070 \mu\text{g/ml}$. Kandungan logam berat timbal (Pb) pada daging ikan nila merah dalam KJA di Sungai Kapuas Kota Pontianak tertinggi adalah stasiun 2 yakni Pontianak Utara di Jl. Selat Panjang Gg. Amal sebesar 0.0781 sampai $0.0979 \mu\text{g/ml}$, kemudian stasiun 3 yakni di Pontianak Tenggara di Jl. Imam Bonjol Gg. Hj. Salmah sebesar $0.0781 - 0.0896 \mu\text{g/ml}$, , kemudian stasiun 1 yakni Pontianak Timur di daerah parit mayor sebesar $0.0643 - 0.0885 \mu\text{g/ml}$

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, Z. 2006. Merkuri: Antara Manfaat dan Efek Penggunaannya Bagi Kesehatan Manusia dan Lingkungan. [Online]. Available:
- Akoto, O., Bruce, T.N., and Darkol, G. 2008, Heavy metals pollution profiles in streams serving the Owabi reservoir. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 2(11):354-359.
- Asmadi dan Suharno, 2012. *Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Gosyen Publishing. Yogyakarta
- BPS KalBar. 2012. *Kalimantan Barat Dalam Angka 2012*. Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Barat.
- Clapham, W.B. (1973). *Natural Ecosystem*. New York: Mc Millan Publishing Co. Inc.
- Connel dan Miller, 1995, *Kimia dan Etoksikologi Pencemaran*, diterjemahkan oleh Koestoer, S., hal. 419, Indonesia University Press, Jakarta
- Darmono. 2008. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam*: Penerbit Universitas Indonesia.. Jakarta.
- Defew, L. H, James, M.M. and Hector, M.G., 2004. *An Assesment of Metal Contamination in Mangrove Sedimentsband Leaves from Punta Mala Bay, Pacific Purnama*. *Marine Pollution Bulletin*.
- Effendi, Hefni, 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta
- Fardiaz S, 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanasius. Yogyakarta
- Hill MK. 2007. *Understanding Environmental Pollution*. Cambridge University Press.
- Kaswinarni, Fibri. 2007. *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu*. <http://eprints.undip.ac.id/17407/1>
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 tahun 2003 Tentang Baku mutu air limbah domestik Baku Mutu Air Limbah Domestik. Jakarta
- Pascasarjana Teknologi V Lembaga Penelitian Universitas Lampung
- Papafilippaki et all., 2007, *Seasonal Variations in Dissolved Heavy Metals in The Keritis River, Chania, Greece*. *Proceeding of The Loth International Conference on Environmental Sciences and Technology*.
- Robbins, Stephen, P. dan Mary Coulter. 2005. *Manajemen*. PT. INDEKS Kelompok Gramedia. Jakarta.
- Rochyatun, E., Lestari dan A. Rozak. 2003. *Kondisi perairan Muara Sungai Digul dan Perairan Laut Arafura dilihat dari kandungan lgam berat*. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 36:15-31.
- Setiawan, Hendra, Agustus 2001, *Pengertian Pencemaran Air Dari Perspektif Hukum*, <http://www.menlh.go.id/airnet/Artikel01.htm>,