

**IKAN BATAK (*Neolissochillus sumatranus*) SEBAGAI
BIOINDIKATOR PENCEMARAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN
CADMIUM (Cd) DI PERAIRAN SUNGAI ASAHAN SUMATERA UTARA**

***FISH BATAK (*Neolissochillus sumatranus*) AS BIOINDICATORS OF HEAVY
METAL POLLUTION OF Pb (TIMBALE) AND
Cd (CADMIUM) IN ASAHAN RIVER NORTH SUMATERA***

Rina Marintan Sitompul, Ternala Alexander Barus, Syafruddin Ilyas
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara
E-mail : intansitompul96@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ikan batak (*Neolissochillus sumatranus*) sebagai bioindikator pencemaran logam berat Pb dan Cd di sungai Asahan. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Januari 2013 di 5 stasiun pengamatan. Sampel yang diambil adalah ikan dan air. Parameter yang diamati adalah logam berat (Pb dan Cd), kualitas air (temperatur, arus, kecerahan dan intensitas cahaya) dan unsur hara (nitrat dan posfat). Kandungan logam berat Pb di air (<0,01 mg/L) dan pada ikan (<0,054 mg/L) masih di diluar batas baca untuk deteksi limit. Kandungan Cd di air berkisar antara 0,002-0,007 mg/L, nilai ini masih dibawah baku mutu air golongan I (Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001), dan di air nilai Cd diluar batas baca untuk deteksi limit yaitu <0,003 mg/L. Konsentrasi logam (Pb dan Cd) di air dan ikan masih memenuhi standar baku mutu. Klasifikasi mutu air kelas IIL dengan metode storet disimpulkan bahwa setiap stasiun tergolong kualitas air kelas A kategori perairan baik sekali.

Kata kunci: sungai Asahan, logam berat, ikan batak, kualitas air.

ABSTRACT

*Research on fish batak (*Neolissochillus sumatranus*) as bioindicators of heavy metal pollution of Pb and Cd in Asahan river. The samples were taken on January 2013 at 5 stations. Samples were taken were fish and water. Parameters observed were heavy metals (Pb and Cd), water quality (temperature, flow, brightness and light intensity) and nutrients (nitrite and phosphat). Result of the study showed that heavy metals Pb content in water (<0,01 mg/L) and in fish (<0,054 mg/L) were still out of bounds read to the detection limit. The content of Cd in the water ranged from 0,002-0,007 mg/L, this value is still below the water quality standard class I (Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001) and in the water beyond the limits of of Cd value read for the detection limit is <0,003 mg/L. Concentrations of metals (Pb and Cd) in the water and the fish still meet quality standards. Water quality classification grade II with storet methods concluded that each station to class A water category very well.*

KEYWORDS: *Asahan river, heavy metal, fish batak, water quality*

PENDAHULUAN

Sungai asahan merupakan salah satu sungai terbesar di Sumatera Utara, Indonesia. Sungai yang berhulu dari Danau Toba sampai ke Selat Malaka. Menurut Loebis (1999), daerah ini dibatasi oleh kontur ketinggian yang mengelilingi danau dan melintasi daerah Porsea, dimana panjang sungai asahan 150 km mengalirkan air keluar dari Danau Toba. Aliran-aliran sungai yang berarus deras disekitar Sungai Asahan serta diperbukitan yang sungainya jernih merupakan habitat alami ikan batak, baik dari genus *Neolissochillus* dan *Tor*.

Luas dari daerah aliran sungai asahan adalah 3741 km². Aliran sungai yang demikian luas, maka sungai Asahan sangat berpotensi tercemar limbah dari aktivitas manusia antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Asahan, pertanian, pemukiman, limbah industri/pabrik, TPL, perkebunan, keramba ikan, mandi, cuci, dan kakus (MCK), pariwisata, penambangan, dan sebagainya.

Salah satu bentuk pencemaran sungai yang membahayakan adalah logam berat. Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar yang perlu mendapat perhatian khusus karena sifatnya yang sulit terdegradasi, sehingga mudah terakumulasi ke dalam lingkungan dan organisme perairan. Pencemaran logam berat dapat menimbulkan efek gangguan terhadap kesehatan manusia, tergantung pada bagian mana dari logam berat tersebut yang terikat dalam tubuh serta besarnya dosis paparan. Efek toksik dari logam berat mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh, menyebabkan alergi, bersifat mutagen, teratogen, atau karsinogen bagi manusia maupun hewan (Widowati *et al.*, 2008).

Beberapa logam berat diperlukan dalam jumlah yang kecil dan apabila logam berat melebihi ambang batas yang ditentukan dapat berbahaya bagi kehidupan

(Koestoer, 1995). Timbal (Pb) mempunyai arti penting bagi dunia kesehatan karena sifat toksitasnya. Absorpsi timbal di dalam tubuh terjadi sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi dan menjadi dasar keracunan yang progresif. Keracunan timbal dapat mempengaruhi banyak jaringan dan organ tubuh, seperti sistem syaraf, sistem ginjal, sistem reproduksi, sistem endokrin, dan jantung (Palar, 1994). Kadmium (Cd) dapat menyebabkan nefrotoksisitas (toksik ginjal), dan pada keracunan kronis juga menyebabkan gangguan kardiovaskuler dan hipertensi (Darmono, 2001).

Ikan adalah salah satu biota air yang dapat digunakan sebagai bioindikator tingkat pencemaran air sungai dengan menentukan kandungan logam berat di dalam tubuh ikan. Jika di dalam tubuh ikan telah terkandung kadar logam yang tinggi dan melebihi batas normal yang telah ditentukan dapat dijadikan sebagai indikator terjadinya suatu pencemaran dalam lingkungan. Ikan dapat menunjukkan reaksi terhadap perubahan fisik air maupun terhadap adanya senyawa pencemar yang terlarut dalam batas konsentrasi tertentu. Kandungan logam berat pada tubuh ikan erat kaitannya dengan pembuangan limbah industri di sekitar tempat hidup ikan tersebut, seperti sungai, danau, dan laut (Anand, 1978). Banyaknya logam berat yang terserap dan terdistribusi pada ikan bergantung pada bentuk senyawa dan konsentrasi polutan, aktivitas mikroorganisme, tekstur sedimen, serta jenis dan unsur ikan yang hidup di lingkungan tersebut (Darmono, 1995).

Ikan batak (*Neolissochillus sumatranus*) dikenal masyarakat batak sebagai ikan adat di Sumatera Utara, digunakan sebagai syarat pada upacara adat seperti pernikahan dan kelahiran anak. Ikan batak memiliki daging yang tebal, rasanya enak, manis, kaya minyak ikan, dan harganya sangat mahal. Namun, populasi ikan tersebut mulai menurun dan terancam

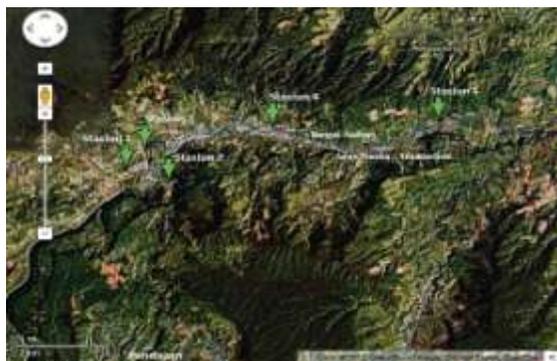
punah akibat degradasi lingkungan seperti pencemaran dan penangkapan berlebih (Tjahjo *et al.*, 1995). Kebiasaan makan alami ikan batak bersifat omnivora. Diantaranya tumbuhan, buah *Ficus* sp., serangga, kepiting, udang, keong-keongan dan lumut-lumutan. Selain itu ikan ini aktif makan pada malam hari (Cholik *et al.*, 2005).

Keberadaan zat pencemar dalam perairan akan mempengaruhi makhluk hidup yang ada didalamnya. Masuknya zat pencemar ke dalam tubuh biota air dapat melalui saluran pernafasan dan saluran pencernaan (Saeni, 1989). Melalui proses rantai makanan, memungkinkan perpindahan zat pencemar dalam hal ini logam berat dari satu makhluk hidup ke makhluk hidup lain yang mengkonsumsinya. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian sejauh mana kandungan logam berat pada ikan batak (*Neolissochillus sumatranus*) di perairan sungai Asahan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2012 di perairan Sungai Asahan, pengambilan sampel ikan batak (*Neolissochillus sumatranus*) dilakukan menggunakan *electrofishing* dan jala pada 5 stasiun pengamatan.

PETA LOKASI PENELITIAN



Pengambilan sampel air dengan menggunakan ember. Sampel air yang diperoleh dari masing-masing lokasi

Keterangan :

- Stasiun 1 = Sungai Ponot (Koordinat: 02°33'17,3" LU – 099°18'23,8" BT)
- Stasiun 2 = Baturangin (Koordinat: 02°33'06,6" LU – 099°18'53,7" BT)
- Stasiun 3 = Tangga (Koordinat: 02°33'34,3" LU – 099°18'36,7" BT)
- Stasiun 4 = Parhitean (Koordinat: 02°33'53,0" LU – 099°20'05,9" BT)
- Stasiun 5 = Hula-Huli (Koordinat: 02°33'42,4" LU – 099°21'32,5" BT)

Parameter yang diamati adalah kandungan logam berat Pb dan Cd serta sifat fisik-kimia perairan (temperatur air, kecerahan air, intensitas cahaya, kecepatan arus air, pH, DO, BOD₅, nitrat dan posfat). Pengujian logam berat dilakukan di balai riset dan standarisasi industri Medan dan badan lingkungan hidup Medan dengan menggunakan alat AAS, Sampel yang diambil adalah ikan batak (*Neolissochillus sumatranus*) dan air.

Pengukuran Pb dan Cd dalam daging ikan dilakukan di laboratorium balai riset dan standarisasi medan (Sumut). Ikan dicuci menggunakan aquades dan dipisahkan dari durinya, diambil dagingnya. Daging ikan di blender (dihomogenitaskan), ditimbang di dalam cawan sebanyak 2 gr. Selanjutnya dipanaskan menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 2 jam untuk menghilangkan unsur air dari daging ikan, diarangkan di atas api Bunsen (*hot plate*) sampai hilang asap. Kemudian cawan porselen dimasukkan ke dalam *Fornace* (tanur) dengan suhu 550°C selama ± 3 jam sampai menjadi abu. Abu yang dihasilkan dicampur dengan larutan aquabides asam (campuran 1 L aquades + 1,5 ml HNO₃), dalam labu ukur 550 ml. Disaring menggunakan kertas saring *whatman* no. 42, hasil saringan dibaca dengan menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) untuk mengukur kadar Pb dan Cd.

dicampur pada satu wadah yang kemudian dituang ke dalam botol polietilen. Botol

polietilen ditutup dan diberi label, sampel hidup (BLH), Sumatera Utara untuk melakukan pengukuran Cd dan Pb. Pengukuran logam berat dilakukan dengan menggunakan metoda AAS (Atomic Absorbtion Spectrophotometer), alat ini dapat mendeteksi kandungan logam berat dalam contoh dengan batas deteksi untuk masing-masing logam berat adalah : Cd \geq 0,004 ppm, Pb \geq 0,01 ppm.

dibawa ke laboratorium badan lingkungan Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan kandungan logam berat pada ikan batak terhadap batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan menurut SNI 7387 : 2009. Sedangkan kandungan logam berat dalam air dibandingkan dengan baku mutu air menurut PP.RI No.82 Tahun 2001. Untuk menentukan kualitas air dengan menggunakan metode storet

Tabel 1. Faktor fisika kimia air Sungai Asahan pada stasiun penelitian berdasarkan PP No. 82 tahun 2001.

HASIL DAN PEMBAHASAN

No	Parameter	Satuan	Nilai Rata-rata Stasiun					Baku mutu Air (Kelas III)
			1	2	3	4	5	
FISIK								
1.	Temperatur	°C	23	22	24	26	26	Deviasi 3
2.	Arus	m/s	0,5	0,8	0,6	0,5	0,8	-
3.	Kecerahan	cm	80	65	70	76	75	-
4.	Intensitas Cahaya	candella	1490	1055	1114	1778	1157	-
KIMIA								
5.	pH	-	6,2	6,3	6,3	6,5	6,6	6-9
6.	DO	mg/l	8,2	8,0	7,6	7,1	7,6	> 4
7.	BOD ₅	mg/l	4,6	4,1	3,2	3,1	3,9	3
8.	Nitrat	mg/l	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	20
9.	Posfat	mg/l	0,12	0,25	0,19	0,21	0,11	0,2

Nilai rata-rata suhu yang diperoleh berkisar antara 22-26°C, dan suhu tertinggi terdapat pada stasiun 5 dan stasiun 4, yaitu dengan nilai 26°C. Berdasarkan PP. No.82 Tahun 2001 menyatakan bahwa nilai temperatur perairan tergolong normal. Hal ini disebabkan karena pengambilan sampel

dilakukan pada siang hari dengan cuaca yang cerah.

Kecepatan arus berkisar antar 0,5-0,8 m/s, dengan nilai tertinggi terdapat pada stasiun 5 dan stasiun 2 dengan nilai 0,8 m/s. Hal ini disebabkan karena stasiun 5 atau Sungai Hula-Huli mempunyai kedalaman

yang lebih besar dibandingkan dengan stasiun lainnya.

Rata-rata kecerahan yang diperoleh berkisar antara 65-80 cm, dan nilai tertinggi terdapat pada stasiun 1, yaitu dengan nilai 80 cm. Hal ini disebabkan karena pengambilan sampel dilakukan pada siang hari dengan cuaca yang cerah dan kondisi sungai yang nampak jernih.

Nilai intensitas cahaya berkisar antara 1.055-1.778 candela, dengan nilai tertinggi terdapat pada stasiun 4 dengan nilai 1.778 candela. Hal ini terjadi karena pada stasiun 4 daerah sungai terbuka, sehingga cahaya matahari langsung masuk kedalam badan air tanpa adanya penghalang.

Nilai pH yang diperoleh dari setiap stasiun berkisar antara 6,2-6,6, dimana stasiun 5 memiliki pH dengan nilai tertinggi yaitu 6,6. Rendahnya pH pada stasiun 1 disebabkan karena senyawa organik maupun anorganik yang lebih banyak dibandingkan stasiun yang lain. Berdasarkan PP. No.82 Tahun 2001 menyatakan bahwa nilai pH pada setiap stasiun masih tergolong normal.

diperoleh rata-rata DO berkisar antara 7,1-8,2 mg/l. DO tertinggi terdapat pada stasiun 1 yaitu sebesar 8,2 mg/l. Berdasarkan PP No.82 Tahun 2001 menyatakan bahwa nilai DO (*Dissolved Oxygen*) pada setiap stasiun masih tergolong normal.

Rata-rata BOD berkisar antara 3,1-4,6 mg/l, dan nilai BOD tertinggi terdapat pada stasiun 5 yaitu sebesar 4,6 mg/l. Tingginya nilai BOD pada stasiun 1 disebabkan oleh banyaknya kandungan senyawa organik dan anorganik yang terdapat dalam badan perairan tersebut sehingga membutuhkan banyak oksigen untuk menguraikannya. Sedangkan nilai BOD terendah terdapat pada stasiun 4 yaitu 3,1 mg/l. Rendahnya BOD pada stasiun 4 dapat disebabkan oleh senyawa organik maupun anorganik yang terdapat pada stasiun tersebut masih tergolong rendah. Berdasarkan PP. No.82 Tahun 2001 menyatakan bahwa nilai BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) pada setiap stasiun masih tergolong normal.

Tabel 2. Nilai Faktor Fisik Kimia Perairan Metode Storet

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Kelas III	Skor Metode Storet Stasiun				
				1	2	3	4	5
FISIK								
1.	Temperatur	°C	Deviasi 3	0	0	0	0	0
2.	Arus	m/s	-	-	-	-	-	-
3.	Kecerahan	Cm	-	-	-	-	-	-
4.	Intensitas Cahaya	candella	-	-	-	-	-	-
KIMIA								
5.	pH	-	6-9	0	0	0	0	0
6.	DO	mg/l	> 4	0	0	0	0	0
7.	BOD ₅	mg/l	3	0	0	0	0	0
8.	Nitrat	mg/l	10	0	0	0	0	0
9.	Posfat	mg/l	0,2	0	0	0	0	0
Jumlah				0	0	0	0	0

Skor pada setiap stasiun bernilai 0. Berdasarkan Klasifikasi mutu air kelas III dengan menggunakan metode storet dapat disimpulkan bahwa setiap stasiun tergolong karakteristik kualitas air kelas A kategori perairan baik sekali. Perubahan faktor fisik kimia perairan sangat dipengaruhi oleh aktivitas-aktivitas yang terdapat di sekitar daerah aliran sungai dan juga sangat dipengaruhi oleh iklim serta waktu

pengambilan sampel, sehingga nilai faktor fisik kimia perairan bersifat dinamis, artinya tidak dapat dijadikan sebagai indikator dalam pemantauan kualitas air secara kontinu. Faktor utama yang mengendalikan ekosistem dan komunitas adalah energi, faktor fisik kimia lingkungan serta interaksi antara berbagai spesies yang membentuk sistem tersebut.

Tabel 3. Kandungan Pb dan Cd pada air sungai serta standar Baku Mutu berdasarkan PP No. 82 Tahun 2001.

Parameter	Satuan	Hasil					Baku Mutu
		S1	S2	S3	S4	S5	
Timbal (Pb)	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03
Kadmium (Cd)	mg/L	0,007	0,002	0,002	0,006	0,004	0,01

Keterangan:

Stasiun 1= Sungai Ponot

Stasiun 2= Sungai Baturangin

Stasiun 3= Sungai Tangga

Stasiun 4= Sungai Parhitean

Stasiun 5= Sungai Hula-Huli

Kandungan rata-rata nilai Timbal (Pb) pada air sungai di setiap stasiun diluar batas baca untuk deteksi limit Pb yaitu <0,01 mg/L. Kadar Pb ini tergolong aman karena di bawah baku mutu air golongan I (Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001) dengan nilai 0,03 mg/L. Hal ini disebabkan karena keberadaan Pb secara alami dan yang bersumber dari aktivitas manusia disekitar sungai Asahan seperti tempat wisata, penambangan batu, pemukiman penduduk, kawasan perkebunan dan persawahan disekitar sungai Asahan, asap yang berasal dari TPL dan kendaraan bermotor sangat kecil sekali di bawah <0,01. Sehingga kadar logam Pb dalam air tidak mampu di baca

alat AAS, karena keterbatasan alat tersebut dalam membaca kadar logam Pb. Kandungan logam kadmium (Cd) diperoleh nilai berkisar antara 0,002-0,007 mg/L. Nilai tertinggi terdapat pada stasiun 1 (sungai Ponot) sebesar 0,007 mg/L dan nilai terendah terdapat pada stasiun 2 dan 3 (sungai Baturangin dan Tangga) sebesar 0,002 mg/L. Hal ini mungkin disebabkan pada stasiun 1 (sungai Ponot) merupakan daerah wisata yang terdapat puntungan rokok, sisa makanan dan sampah plastik yang mengandung kadmium. Kadar Cd ini tergolong aman karena di bawah baku mutu air golongan I (Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001) dengan nilai 0,01 mg/L.

Tabel 4. Kandungan Pb dan Cd pada ikan di stasiun penelitian serta batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan berdasarkan SNI 7387 : 2009.

Parameter	Satuan	Hasil					Baku Mutu
		S1	S2	S3	S4	S5	
Timbal (Pb)	mg/L	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	<0,054	0,3
Kadmium (Cd)	mg/L	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,1

Keterangan:

Stasiun 1= Sungai Ponot

Stasiun 2= Sungai Baturangin

Stasiun 3= Sungai Tangga

Stasiun 4= Sungai Parhitean

Stasiun 5= Sungai Hula-Huli

Kandungan rata-rata Timbal (Pb) pada ikan di setiap stasiun diluar batas baca untuk deteksi limit untuk Pb yaitu sebesar <0,054 mg/L. Kandungan rata-rata Kadmium (Cd) pada ikan di setiap stasiun diluar batas baca untuk deteksi limit untuk Cd yaitu sebesar <0,003 mg/L. Berdasarkan SNI 7378 : 2009 tentang batas maksimum cemaran logam dalam makanan, yaitu 0,3 mg/L untuk Timbal (Pb) dan 0,1 mg/L untuk Kadmium (Cd), maka konsentrasi logam Pb dan Cd pada ikan masih memenuhi standar baku mutu layak untuk dikonsumsi. Hal ini disebabkan karena keberadaan Cd secara alami dan yang bersumber dari aktivitas manusia disekitar sungai Asahan seperti tempat wisata, penambangan batu, pemukiman penduduk, kawasan perkebunan dan persawahan disekitar sungai Asahan, industri TPL sangat kecil sekali di bawah <0,054 mg/L untuk Pb dan <0,003 mg/L untuk Cd. Sehingga kadar logam Pb dan Cd dalam tubuh ikan tidak mampu di baca alat AAS, karena keterbatasan alat tersebut dalam membaca kadar logam Pb dan Cd. Keberadaan logam berat di air menimbulkan terjadinya proses akumulasi ditubuh organisme. Akumulasi biologis dapat terjadi melalui absorpsi langsung terhadap logam

berat yang terdapat dalam air dan melalui rantai makanan. Akumulasi terjadi karena kecenderungan logam berat untuk membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam tubuh organisme (Sanusi *et al.*, 1985).

KESIMPULAN

Kandungan logam Timbal (Pb) pada air sungai di setiap stasiun diluar batas baca untuk deteksi limit Pb yaitu <0,01 mg/L dan Kandungan logam kadmium (Cd) diperoleh nilai berkisar antara 0,002-0,007 mg/L. Nilai tertinggi terdapat pada stasiun 1 (sungai Ponot) sebesar 0,007 mg/L dan nilai terendah terdapat pada stasiun 2 dan 3 (sungai Baturangin dan Tangga) sebesar 0,002 mg/L, sedangkan kandungan logam Timbal (Pb) pada ikan di setiap stasiun diluar batas baca untuk deteksi limit <0,054 mg/L dan Kadmium (Cd) diluar batas baca untuk deteksi limit sebesar <0,003 mg/L.

Kandungan logam timbal (Pb) pada ikan di setiap stasiun diluar batas baca untuk deteksi limit <0,054 mg/L dan Kadmium (Cd) diluar batas baca untuk deteksi limit sebesar <0,003 mg/L masih dibawah batas maksimum berdasarkan SNI 7378 : 2009 tentang batas maksimum cemaran logam dalam makanan. Hal ini dipengaruhi oleh

kondisi faktor fisika kimia perairan sungai asahan yang masih baik atau belum tercemar dapat dilihat dari hasil yang diperoleh masih di bawah baku mutu berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Kualitas air berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 tahun 2001 dan berdasarkan metode storet tergolong kategori kualitas air Baik Sekali.

Widowati, W., Sastiono, A. Jusuf, R. 2008. *Efek Toksik Logam. Pencegahan dan Penanggulangan*, Edisi 1. Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Anand, S.J.S. 1978. *Determination Of Mercury, Arsenic, And Cadmium In Fish By Neutron Activation. Journal Of Radioanalytical Chemistry*, 44-101.
- Cholik, F., Jagatraya, A.G., Poernomo, R.P., dan Jauzi, A. 2005. *Akuakultur Tumpuan Harapan Masa Depan Bangsa*. PT. Victoria Kreasi Mandiri. Jakarta.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit Universitas Indonesia. Press. Jakarta.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Koestoer, Y. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi pencemaran*, Terjemahan dari Chemistry and Ecotoxicology of pollution oleh D.W. Connel, UI Press. Jakarta.
- Loebis, J. 1999. *Hidrologi Danau Toba dan Sungai Asahan*. Jakarta : PT. Puri Fadjar Mandiri.
- Pallar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Sanusi, H. S. 1985. Akumulasi Logam Berat Hg dan Cd pada Tubuh Ikan Bandeng (*Chanos chanos froskal*). Bogor. Fakultas Pasca Sarjana IPB. Bogor.

