



# TRITON

JURNAL MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Volume 7, Nomor 2, Oktober 2011

**MINAWISATA BAHARI KARAMBA PEMBESARAN IKAN DI PULAU-PULAU KECIL BERBASIS KESESUAIAN LAHAN DAN DAYA DUKUNG (KASUS PULAU DULLAH – KOTA TUAL – PROVINSI MALUKU)**

**INFEKSI PENYAKIT ICE-ICE DAN BIOMASSA *Kappaphycus alvarezii* YANG DIBUDIDAYA DI TELUK SAPARUA**

**KELAYAKAN PENGEMBANGAN USAHA PERIKANAN DI DESA PESISIR, KOTA AMBON**

**PROFIL NUTRISI SIPUNCULA (CACING KACANG): BIOTA LAUT YANG KONTROVERTIF DI PULAU NUSALAUT, MALUKU TENGAH**

**PENGARUH LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) TERHADAP KONSUMSI OKSIGEN JUVENIL IKAN KERAPU MACAN (*Epinephelus fuscoguttatus*)**

**EFEKTIVITAS PENGELOLAAN PERIKANAN DI KAWASAN KONSERVASI ARU TENGGARA**

**PEMANFAATAN DAN PENGEMBANGAN ENERGI ANGIN UNTUK PROSES PRODUKSI GARAM DI KAWASAN TIMUR INDONESIA**

**PERUBAHAN PRODUKTIVITAS KAWASAN *SASI LOMPA* DI NEGERI HARUKU KECAMATAN PULAU HARUKU KABUPATEN MALUKU TENGAH**

**JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS PATTIMURA  
AMBON**

TRITON

Vol. 7

No. 2

Hlm. 1-78

Ambon, Oktober 2011

ISSN 1693-6493

**PENGARUH LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) TERHADAP  
KONSUMSI OKSIGEN JUVENIL IKAN KERAPU MACAN  
(*Epinephelus fuscoguttatus*)**

*(Toxicity of Heavy Metals Lead (Pb) and Its Effects on  
Oxygen Consumption of Juvenile Tiger Grouper  
(Epinephelus fuscoguttatus))*

**Jacqueline M.F Sahetapy**

*Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura  
Jl. Mr. Chr. Soplanit, Poka-Ambon*

**ABSTRACT :** Lead (Pb) is a toxic and dangerous heavy metal, most found as contaminants and tend to interfere the survival of aquatic organisms. The aim of this research was to analyze the effect of lead toxicity at various concentrations to the level of oxygen consumption of juvenile tiger grouper fish. The results showed that the impact of lead toxicity in juvenile tiger grouper fish would reduce the level of oxygen consumption to 0.34 mg O<sub>2</sub>/gr of body weight. Besides the effect of lead toxicity also effect the growth rate and reduce the survival rate.

**Keywords :** Lead, Toxicity, Juvenile tiger grouper

## **PENDAHULUAN**

Program pembangunan Indonesia dewasa ini sedang berkembang diwarnai dengan pertambahan penduduk dan kebutuhan pangan yang terus meningkat. Sumberdaya perairan terutama ikan merupakan sumber utama pangan untuk memenuhi kebutuhan protein hewani. Namun demikian kegiatan yang dilakukan seringkali menghasilkan bahan buangan yang jika tidak ditangani dengan baik, akan masuk dan mengganggu upaya pemanfaatan sumberdaya perairan. Beberapa aktivitas yang dilakukan meliputi pertanian, industri, pemukiman dan perkebunan akan memenuhi ekosistem perairan. Dengan demikian organisme penghuni ekosistem perairan tersebut akan menerima dampak negatif yang pada akhirnya akan berbahaya bagi kehidupan manusia.

Ikan Kerapu (*Epinephelus sp*) umumnya dikenal dengan istilah "groupers" dan merupakan salah satu komoditas perikanan yang mempunyai peluang baik dipasaran domestik maupun pasar internasional dan selain itu nilai jualnya cukup tinggi. Budidaya ikan kerapu telah dilakukan di beberapa tempat di Indonesia, namun dalam proses pengembangannya masih menemui kendala, karena

keterbatasan benih. Selama ini para petani nelayan masih mengandalkan benih alam yang sifatnya musiman, namun sejak tahun 1993 ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) sudah dapat dibenihkan.

Teluk Ambon Dalam (TAD) dan sekitarnya memiliki beberapa fungsi dan kegunaan yaitu sebagai daerah perikanan tangkap dan budidaya, pelabuhan pangkalan TNI Angkatan Laut dan POLAIRUD, kapal tradisional antar pulau dan dermaga penyeberangan ferry, pelabuhan perikanan, jalur transportasi laut, tempat pembuangan limbah air panas oleh PLN, dermaga tempat perbaikan kapal, tempat penambangan pasir dan batu, daerah konservasi, tempat rekreasi dan olahraga, tempat pendidikan dan penelitian serta pemukiman penduduk.

Salah satu logam berat yang beracun dan berbahaya menurut Palar (2004) yang banyak ditemukan sebagai pencemar dan cenderung mengganggu kelangsungan hidup organisme perairan adalah logam timbal (Pb). Sumber timbal di perairan alami berupa batuan kapur dan dalam bentuk sulfida/gelana (PbS), Pb karbonat dan PbSO<sub>4</sub> (Achmad 2004). Secara alamiah, timbal masuk ke perairan melalui pengkristalan timbal di udara dengan bantuan air hujan, jatuhnya debu yang mengandung timbal yaitu : bahan bakar yang mengandung timbal tetraetil juga memberikan kontribusi yang berarti bagi keberadaan timbal di dalam air, erosi, proses korosifikasi batu-batuan mineral dan limbah industri (Saeni 1989). Adanya persenyawaan timbal yang masuk ke dalam ekosistem menjadi sumber pencemaran dan dapat berpengaruh terhadap biota perairan sebagai contoh dapat mematikan ikan terutama pada fase larva (juvenil) karena toksisitasnya tinggi (Darmono 2001).

Akumulasi logam berat dalam ikan dapat terjadi karena adanya kontak antara medium yang mengandung toksik dengan ikan. Kontak berlangsung dengan adanya pemindahan zat kimia dari lingkungan air ke dalam atau permukaan tubuh ikan, misalnya melalui insang atau permukaan kulit, termasuk lapisan mukus dan sisik. Masuknya logam berat ke dalam tubuh organisme perairan dengan tiga cara yaitu melalui makanan, insang dan difusi melalui permukaan kulit (Poels 1983).

Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai kandungan logam berat timbal dalam tubuh ikan antara lain Sahetapy dan Tuhumury (2008) menemukan bahwa di perairan TAD, kisaran kandungan logam berat timbal (Pb) yang terkandung dalam tubuh ikan Baronang (*Siganus canaliculatus*) dan Ikan Kuweh (*Caranx sexfasciatus*) adalah 0,007–0,254 ppm. Dan diantara beberapa logam berat yang diujikan pada ikan laut, maka logam berat timbal memiliki kandungan yang terbesar, hal ini diduga ada kaitannya dengan aktifitas pembakaran bahan bakar baik berupa limbah PLTD, aktifitas pelabuhan perikanan, dermaga penyeberangan ferry dan lainnya yang berlokasi di perairan Teluk Ambon. Dengan demikian maka diduga bahwa organisme yang biasanya dibudidayakan di perairan TAD ini juga sudah tercemar logam berat timbal, khususnya jenis-jenis ikan konsumtif seperti ikan kerapu bebek (*Chromileptes altivelis*), ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*) dan lainnya.

Hasil penelitian Dewi *et al.*, (2006) di beberapa sentra budidaya Provinsi Lampung ditemukan kadar timbal (Pb) pada sampel ikan berkisar antara <0,0001 hingga tertinggi 0,33179 mg/kg. Selain itu penelitian Ghalib (2002) juga menemukan bahwa pengaruh logam timbal (Pb) terhadap konsumsi oksigen

juvenil ikan bandeng (*Chanos chanos*) ternyata menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi logam yang diberikan yaitu 0 : 0,05 : 0,10 : 0,15 ppm maka akan mengurangi tingkat oksigen sebesar 2,68:2,23:2,15:1,87  $\mu\text{L O}_2/\text{mg}$ . Sedangkan hasil penelitian Siahaan (2003) mengemukakan bahwa mortalitas ikan Bandeng (*Chanos chanos*) yang diakibatkan adanya bahan pencemar Pb pada air laut lebih tinggi jika dibandingkan dengan media air payau. Berdasarkan pemahaman tersebut diatas maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh toksisitas logam berat timbal terhadap tingkat konsumsi oksigen, ikan kerapu macan (*Epinephelus fuscoguttatus*).

Ikan kerapu macan merupakan salah satu komoditas yang bernilai ekonomis tinggi karena sangat berarti dalam pemenuhan gizi pangan masyarakat serta dapat meningkatkan taraf hidup. Lingkungan perairan dengan segenap faktor yang mempengaruhinya merupakan salah satu faktor penting dalam usaha budidaya ikan kerapu. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kehadiran logam berat tertentu dalam konsentrasi yang tinggi akan menyebabkan dampak toksisitas bagi ikan.

Tingginya konsentrasi timbal yang mencemari perairan dapat mengganggu proses kelangsungan hidup juvenil-juvenil ikan, karena timbal berikatan dengan lendir insang dan akan menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan ikan sehingga menurunkan kemampuan sel darah merah mengikat oksigen dan menghalangi kerja enzim sehingga proses fisiologis dan metabolisme tubuh terganggu. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh toksisitas Pb pada berbagai konsentrasi terhadap tingkat konsumsi oksigen pada ikan kerapu macan.

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Lingkungan Departemen Budidaya Perairan, Institut Pertanian Bogor dan dilaksanakan selama 1 (satu) bulan dimulai dari bulan Februari sampai Maret 2011.

### Tingkat Konsumsi Oksigen

Tingkat konsumsi oksigen diukur dengan menggunakan botol respirasi pada akhir penelitian dengan menghitung rasio oksigen terlarut pada awal dan akhir pengamatan. Tingkat konsumsi oksigen dihitung menggunakan rumus Liao dan Huang (1975) :

$$TKO = \frac{DO \text{ awal} - DO \text{ akhir}}{W \times t} \times V$$

Keterangan :

- TKO = Tingkat Konsumsi Oksigen ( $\text{mg O}_2/\text{gr tubuh/jam}$ )
- DO awal = Oksigen terlarut pada awal pengamatan ( $\text{mg/L}$ )
- DO akhir = Oksigen terlarut pada akhir pengamatan ( $\text{mg/L}$ )
- W = Berat Ikan Uji ( $\text{gr}$ )
- t = Periode pengamatan ( $\text{jam}$ )
- V = Volume air pada respirometer ( $\text{L}$ )

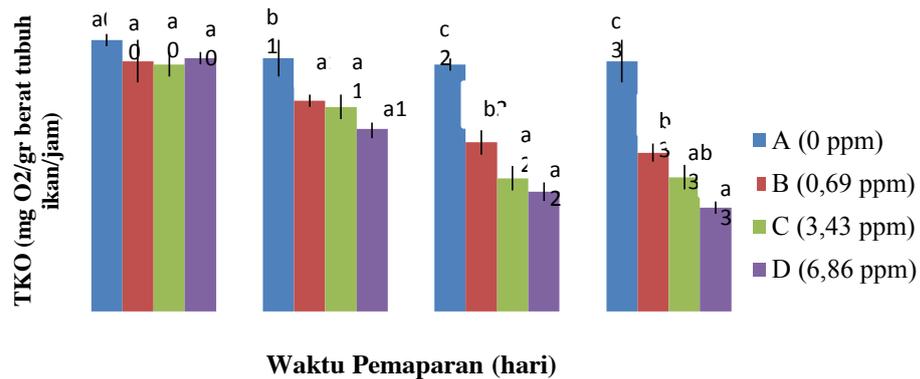
## Analisis Data

Pengaruh logam berat timbal pada berbagai konsentrasi terhadap tingkat konsumsi oksigen pada ikan kerapu macan diperoleh dengan cara mengolah data menggunakan analisis sidik ragam, Apabila terdapat pengaruh yang nyata maka dilanjutkan dengan uji BNJ (Steel and Torrie, 1982). Parameter pendukung dianalisis dengan statistik deskriptif berupa tabel, grafik dan gambar. Pengolahan data menggunakan bantuan program Microsoft Excel 2007 dan SPSS 17.0.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tingkat Konsumsi Oksigen

Kebutuhan oksigen biologi yaitu banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik, pada kondisi aerobik. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi. Banyaknya oksigen yang dikonsumsi oleh biota akuatik dalam waktu tertentu berhubungan linear dengan banyaknya oksigen terlarut di perairan tersebut.



Gambar 1. Tingkat konsumsi oksigen juvenil kerapu macan selama 30 hari pemaparan timbal.

Pengamatan terhadap tingkat konsumsi oksigen sebelum pemaparan timbal, terlihat bahwa konsumsi oksigen hampir merata pada setiap perlakuan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada semua perlakuan, insang masih berfungsi dalam keadaan normal. Pengukuran hari ke-10; 20 dan hari ke-30 menunjukkan bahwa pemaparan timbal dengan konsentrasi 0,69 ppm, 3,43 ppm dan 6,86 ppm mengalami penurunan tingkat konsumsi oksigen yaitu 0,52 mg O<sub>2</sub>/gr berat tubuh ikan/jam, 0,44 mg O<sub>2</sub>/gr berat tubuh ikan/jam dan 0,34 mg O<sub>2</sub>/gr berat tubuh ikan/jam. Grafik diatas memberikan indikasi bahwa semakin tinggi konsentrasi timbal dan semakin lama waktu pemaparan akan menyebabkan konsumsi oksigen akan semakin rendah. Kenyataan menunjukkan bahwa setelah 30 hari pemaparan, pengaruh lanjut toksisitas timbal mulai pada konsentrasi 6,86 ppm di hari ke-10 dapat menurunkan tingkat konsumsi oksigen juvenil ikan kerapu macan. Hal ini

sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Fatahuddin *dkk.*, (2003) dalam Sabilu (2010) bahwa laju konsumsi oksigen juvenil ikan bandeng akan semakin rendah seiring dengan lama waktu pengamatan dan peningkatan konsentrasi seng dalam air. Demikian halnya dengan penelitian Ghalib *dkk.*, (2002) bahwa semakin lama waktu pemaparan timbal pada juvenil ikan bandeng akan menurunkan tingkat konsumsi oksigen. Besarnya selisih konsumsi oksigen pada konsentrasi timbal yang lebih tinggi diakibatkan oleh kerusakan insang dan kemampuan darah untuk mengikat oksigen semakin kecil akibat keracunan logam berat timbal, dimana akibat keracunan timbal, ikan akan mengalami gangguan pada proses pernafasan dan metabolisme tubuhnya. Hal ini terjadi karena bereaksinya logam berat timbal dengan lendir insang sehingga insang diselimuti lendir yang mengandung timbal dan mengakibatkan proses pernafasan dan metabolisme tubuh terganggu.

Heath (1987) mengemukakan bahwa logam berat dapat menyebabkan kerusakan insang seperti nekrosis dan lepasnya lapisan epithelium. Sejalan pula dengan laporan Wardoyo (1975) dalam Ghalib (2002) bahwa salah satu jaringan tubuh organisme yang cepat terakumulasi logam berat adalah insang sehingga menyebabkan terganggunya proses pertukaran ion-ion dan gas-gas melalui insang.

### Kualitas Air

Data kualitas air yang diambil dalam penelitian ini adalah suhu, salinitas, pH, DO, alkalinitas dan TAN. Suhu air selama penelitian berkisar antara 28,5-29°C. Sedangkan salinitas 34‰, pH berkisar antara 7,72-7,97, kandungan oksigen terlarut berkisar antara 3,50-3,75 ppm, alkalinitas berkisar antara 76-132 ppm CaCO<sub>3</sub>, dan kisaran nilai TAN yaitu 0,001-0,231 ppm. Data parameter kualitas air dibawah ini (Tabel 1) menunjukkan bahwa kisaran kualitas air pada uji sub kronis masih dalam kisaran yang layak untuk kehidupan juvenil ikan kerapu macan.

Tabel 1. Parameter kualitas air

Hari Ke	Perlakuan	Parameter kualitas air					
		Suhu (°C)	Salinitas (‰)	pH	DO (mg/L)	Alkalinitas (mg/L)	TAN (mg/L)
0	0	28,5-29	34	7,95-7,96	3,50-3,53	100	0,030
	0,69	28,5-29	34	7,72-7,95	3,50-3,53	132	0,027
	3,43	28,5-29	34	7,72-7,93	3,55-3,60	80	0,010
	6,86	28,5-29	34	7,72-7,76	3,50-3,53	76	0,016
10	0	28,5-29	34	7,95-7,96	3,55-3,60	120	0,096
	0,69	28,5-29	34	7,72-7,95	3,55-3,62	100	0,119
	3,43	28,5-29	34	7,72-7,93	3,50-3,53	100	0,162
	6,86	28,5-29	34	7,72-7,76	3,50-3,53	112	0,231
20	0	28,5-29	34	7,86-7,90	3,58-3,60	108	0,012
	0,69	28,5-29	34	7,80-7,95	3,55-3,62	80	0,004
	3,43	28,5-29	34	7,86-7,93	3,50-3,75	104	0,001
	6,86	28,5-29	34	7,90-7,95	3,70-3,73	100	0,003
30	0	28,5-29	34	7,88-7,97	3,58-3,60	116	0,056
	0,69	28,5-29	34	7,95-7,96	3,55-3,64	104	0,117
	3,43	28,5-29	34	7,90-7,96	3,60-3,73	100	0,182
	6,86	28,5-29	34	7,88-7,90	3,55-3,60	88	0,331
NAB		24-31	30-33	6,8-8,3	>3,5 ppm	30-500	

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa gejala klinis terlihat sesaat setelah pemaparan timbal. Gejala klinis yang teramati yaitu terjadinya perubahan tingkah laku, antara lain gerakan berenang yang tidak teratur dan terkejut-kejut, cenderung berada di permukaan, frekuensi gerak operkulum terus menerus dengan bukaan yang lebih lebar dan selanjutnya ikan cenderung diam dan kehilangan refleksi. Respon tersebut karena adanya pengaruh sifat timbal yang menyerang sistem saraf pusat, mengganggu proses sel dan sistem kerja jaringan tubuh ikan kerapu macan sampai melewati batas toleransi menyebabkan kematian secara langsung.

Timbal yang masuk kedalam tubuh juvenil ikan kerapu macan akan bersifat sebagai xenobiotik abiotik yang menghambat kerja asetilkolinesterase (AChE) sehingga terjadi akumulasi asetilkolin (ACh) dalam susunan saraf pusat. Selanjutnya akumulasi tersebut akan menginduksi tremor, inkoordinasi, kejang-kejang sampai dapat mengakibatkan kematian. Sedangkan akumulasi pada neuromuskuler akan mengakibatkan kontraksi otot yang diikuti dengan kelemahan, hilangnya reflex dan paralisis.

Hal ini menyebabkan difusi oksigen kedalam kapiler darah terganggu. Pergerakan oksigen kedalam kapiler darah di insang ditentukan oleh perbedaan tekanan oksigen yang terdapat dalam insang dengan tekanan oksigen dalam kapiler darah insang. Sedangkan tekanan oksigen dalam insang sangat ditentukan oleh struktur lamella. Jika struktur lamella insang terganggu atau rusak, maka dapat dipastikan akan menurunkan kemampuan insang mengikat oksigen. Heath (1987) dalam Ghalib (2002) mengemukakan bahwa logam berat dapat menyebabkan kerusakan insang seperti nekrosis dan lepasnya lapisan epitelium. Sejalan dengan itu maka Wardoyo (1975) mengemukakan bahwa salah satu jaringan tubuh organisme yang cepat terakumulasi logam berat adalah jaringan insang, sehingga menyebabkan terganggunya proses pertukaran ion-ion dan gas-gas melalui insang. Oleh karena itu, kerusakan struktur lamella yang sangat ringan sekalipun dapat mempengaruhi proses respirasi pada juvenil ikan kerapu macan. Pengaruh kerusakan insang terhadap sistem respirasi ikan kerapu macan selanjutnya ditunjukkan dengan pengukuran tingkat konsumsi oksigen. Tingkat konsumsi oksigen pada dasarnya menunjukkan tingkat metabolisme. Konsumsi oksigen adalah indikator respirasi yang juga menunjukkan metabolisme energetik. Pengukuran tingkat konsumsi oksigen ikan kerapu macan mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi timbal dan semakin lama waktu pemaparan menyebabkan konsumsi oksigen semakin rendah.

Hal ini diperkuat oleh pernyataan Darmono (1995) bahwa Pb termasuk kelompok logam berat yang diregulasi oleh organisme air tetapi terus-menerus terakumulasi dalam jaringan organisme sehingga kandungannya terus bertambah dengan konsentrasi logam dalam air, dan hanya sedikit sekali yang diekskresikan. Data kualitas air juga menunjukkan bahwa kisaran kualitas air pada penelitian masih dalam kisaran yang layak untuk kehidupan juvenil ikan kerapu macan sehingga parameter kualitas air dalam penelitian ini bukanlah sebagai faktor pembatas yang mempengaruhi kehidupan juvenil ikan kerapu macan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa Pengaruh toksisitas logam berat timbal pada juvenil ikan kerapu macan akan menurunkan tingkat konsumsi oksigen hingga mencapai 0,34 mg O<sub>2</sub>/gr berat tubuh ikan/jam.

Adapun saran yang dapat diberikan yaitu perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang tingkat akumulasi logam berat timbal dan pengaruhnya terhadap berbagai organ dalam tubuh ikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmad.R. 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi Offset. Jogyakarta. 171 p.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI Press, Jakarta.
- Dewi J, Hendrianto, Kurniastuti, Brite M. 2006. 2006. *Kandungan logam berat ikan kerapu dan udang dari beberapa sentra budidaya di provinsi Lampung. Prosiding Seminar Nasional III Hasil penelitian perikanan dan kelautan*. Jogyakarta.
- Ghalib M. 2002. Pengaruh Logam Berat Timbal (Pb) Terhadap Konsumsi Oksigen Juvenil Ikan Bandeng. *Jurnal Science and Technology* Vol 3 No 3 Desember 2002.
- Liao I.C.Huang H.J. 1975. Studies On The Respiration of Economic Prawns In Taiwan.I. Oxygen of Egg Up To Young Prawns of *Pennaeus monodon* Fab.Taiwan: *Journal Fish Social* 4 (1) : 33-50.
- Palar .H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit Rineka Cipta.
- Poels C.L.M. 1983. *Sub Lethal of Rhine Water of Rainbow Trout. Testing and Research Institute of The Netherlands Water Undertakings*. KIWA Ltd. Rijswijk, Netherlands.
- Sabilu. K. 2010. *Studi Toksisitas Nikel (Ni) Terhadap Konsumsi Oksigen, Kondisi Hematologi, Histopatologi dan Stress Sekunder Juvenil Ikan Bandeng *Chanos chanos* Forsskal* (Thesis). Bogor. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Saeni. 1989. *Kimia Lingkungan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat.IPB. 151 hal.
- Sahetapy J.M.F dan N.Chr Tuhumury. 2008. *Akumulasi dan kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) dalam tubuh beberapa Jenis Ikan Laut di Teluk Ambon Dalam, Prosiding Konferensi Nasional VIII Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*. DKP Jakarta.
- Siahaan D.H. 2003. *Toksisitas Logam Berat Pb Terhadap Ikan bandeng (*Chanos chanos* Forskal) Pada Berbagai Tingkat Salinitas*. Tesis. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Steel R.G.D. Torrie J.H. 1982. *Principle and Procedures of Statistics, A Biometrical Approach*. Second Edition. Florida: CRC Press.
- Wardoyo. S.T.H. 1987. *Kriteria Kualitas Air Untuk Keperluan Pertanian dan Perikanan*. Bandung : Direktorat Jendral Pengairan Departemen Pekerjaan Umum.