

KADAR LOGAM BERAT Pb PADA IKAN BERONANG (*Siganus sp*), LAMUN, SEDIMEN DAN AIR DI WILAYAH PESISIR KOTA BONTANG-KALIMANTAN TIMUR

**Muhammad Zainuri¹
Sudrajat²
Evi Sulistiani SIBORO³**

¹*Dosen Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo Madura*

²*Dosen FMIPA Universitas Mulawarman*

³*Mahasiswa Program Magister Lingkungan Universitas Mulawarman*

E-mail :zainborn@rocketmail.com

ABSTRACT

Study biomagnification of lead (Pb) of sea water, Seagrass, "baronang" species of fish and sediment, on Bontang coastal waters. The objective of this research was to know the compound Pb in sea water, sediment, seagrass and "baronang". And to know the adsorption and bioconcentration of them. This research conducted through field survey and laboratorium analysis, where the result elaborated as quantitative descriptive since Mei to October 2009, covering had taken the samples, sample preparation, laboratorium analysis, tabulation and data analysis. The samples analyzed by purposive method to provide accurate and efficient data in order to achive the research objective. The result showed that, the heavy metal of Pb in the sea water from 0,796 to 0,997 ppm, in sediment from 2,862 to 3,970 ppm, in seagrass from 0,114 to 0,567 ppm), and in baronang from 0,044 to 0,229ppm (samples of liver of fish) and from 0,269 to 0,574 ppm (samples of muscle). By this result had be known that, the Pb content in sediment is higher than in both seagrass and baronang. By the partial statistical analysis result shows that the Pb content in all of samples (water, seagrass, sediment and baronang fishes) differed, significantly. The adsorption and bioconcentration factors analysis toward Pb shows that in sediment were from 3,312 to 3,982 ppm, seagrass were from 0,116 to 0,712 ppm, and baronang" muscle from 0,272 to 0,721 ppm, also in liver from 0,044 to 0,287 ppm.

Keywords: Pb, Heavy Metals, Seagrass, Baronang

PENDAHULUAN

Dinas Perikanan dan Kelautan Kota Bontang (2001), telah mengidentifikasi sedikitnya terdapat 28 industri yang memproduksi bahan baku seperti melamin, metanol, heksamin, ammonium karbonat, pabrik lem dan pabrik soda ash. Begitu juga masih banyak aneka industri lain, mulai dari industri logam hingga industri kimia yang jumlahnya tidak kurang dari 110 unit dan sebagian besar dari perusahaan

tersebut beroperasi di sepanjang perairan kota Bontang. Kegiatan industri dan permukiman masyarakat di Kota Bontang akan menghasilkan limbah dan dapat menyebabkan penurunan kualitas perairan. Salah satu limbah industri dan sangat berbahaya adalah logam berat. Bahan pencemar ini jika berada di atas ambang batas dalam suatu perairan dapat menimbulkan ketidakseimbangan ekologis. Secara alami logam Pb dapat masuk ke badan perairan melalui pengkristalan logam

Pb di udara dengan bantuan air hujan. Selain itu proses korosifikasi batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin, merupakan salah satu jalur sumber logam Pb yang masuk ke dalam badan perairan (Palar,1994).

Selain secara alami pencemaran logam Pb juga dapat dikarenakan masuknya buangan industri yang mengandung logam Pb ke dalam badan perairan. Selanjutnya dengan adanya proses biomagnifikasi di perairan, konsentrasi logam Pb akan terus meningkat. Logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh ikan melalui beberapa jalan, yaitu: saluran pernafasan (insang) saluran pencernaan (usus,hati,ginjal) melalui proses rantai makanan maupun penetrasi melalui kulit (otot daging) (Ma'ruf, 2007).

Ikan baronang dipilih sebagai objek penelitian karena jenis ikan tersebut paling banyak ditemukan sepanjang perairan kota Bontang dan paling banyak dikonsumsi di daerah Bontang.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Anonim (1997) menunjukkan bahwa ikan baronang terdiri dari berbagai jenis seperti baronang kuning (*S.virgatus*), baronang lingkis (*S.calaniculatus*), baronang tulis (*S.vermiculatus*) dan sebagainya ditemukan 65,68% lebih banyak dibandingkan jenis ikan konsumsi lainnya. Selain itu ikan baronang merupakan jenis ikan yang sensitif terhadap perubahan lingkungan yang drastis terutama yang diakibatkan karena suhu, salinitas dan berkurangnya kadar oksigen.

Kordi (2005) mengatakan bahwa habitat ikan baronang yang luas ini disebabkan dalam mencari makan dan berkembang biak, baronang berpindah dari satu habitat ke habitat lain, yang kondisi lingkungannya berbeda. Ikan baronang digolongkan herbivora (pemakan tumbuhan) atau

vegetaris. Ikan baronang ini banyak ditemui di sekitar padang lamun dan daerah terumbu karang.

Akumulasi melalui proses biologi (bioakumulasi) terjadi melalui proses makan memakan sehingga akumulasi logam berat dalam jaringan tubuh organisme dapat terjadi pada setiap tingkatan. Prosi (1979) dalam Supriharyono (2002) menyatakan bahwa pemindahan logam berat dalam tubuh organisme dapat dipengaruhi kebiasaan organisme dalam cara memakan makanannya. Dalam lingkungan perairan yang tercemar, kesukaan terhadap bahan makanan atau kebiasaan makan sangat penting disebabkan adanya penambahan logam berat dalam sedimen, partikulat dan detritus.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka tujuan penelitian diarahkan kepada tujuan:

1. Untuk mengetahui konsentrasi logam berat (Pb) perairan laut Kota Bontang
2. Untuk mengetahui perbedaan kandungan logam berat (Pb) pada Air, Lamun, Sedimen dan ikan baronang (*Siganus sp*) di perairan laut Kota Bontang.
3. Untuk mengetahui faktor adsorpsi yang terjadi pada sedimen dan faktor biokonsentrasi pada lamun dan ikan baronang (*Siganus sp*) di perairan pesisir Bontang.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini berupa survei lapangan dan analisis laboratorium dilakukan selama 6 (enam) bulan (Mei ~ Oktober 2009), dimana hasilnya dijelaskan secara deskriptif kuantitatif. Sampel diambil di 3 (tiga) tempat yang dianggap mendapatkan tekanan

bahan pencemar dari kegiatan industri dan limbah domestik. Proses destruksi dan analisis logam berat dilakukan di Laboratorium Analisis Terpadu Jurusan Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Univesitas Mulawarman.

Tabel 1. Posisi geografis stasiun pengambilan sampel penelitian

Stasiun	Letak	Keterangan
Beras Basah	00 ⁰ 03,79' LU 117 ⁰ 33,43' BT	Pulau kecil tempat wisata di tengah laut.
Selangan	00 ⁰ 03,87' LU 117 ⁰ 30,63' BT	Daerah perkampungan atas laut
Muara Kanal	00 ⁰ 04,97' LU 117 ⁰ 28,81' BT	Berdekatan dengan PT.Badak NGL

Analisis data dilakukan dengan menggunakan formulasi:

1. Adsorpsi Faktor

Adsorpsi faktor digunakan untuk mengetahui besarnya perbandingan konsentrasi bahan pencemar yang terdapat pada sedimen dan yang terdapat pada badan air, sehingga dapat diketahui seberapa besar daya adsorpsi dan laju distribusi pencemar pada kedua media tersebut (Hillebrand,1991 dalam Putranto,1997).

$$K_d = \frac{C_s}{C_w}$$

dimana : Kd = Adsorpsi faktor
C_s = Konsentrasi di sedimen
C_w = Konsentrasi di air

2. Biokonsentrasi Faktor

Biokonsentrasi faktor digunakan untuk mengetahui besarnya daya absorpsi dan laju distribusi pencemar, media absorpsi adalah melihat konsentrasi dalam jaringan tubuh biota.

$$K_c = \frac{C_F}{C_w}$$

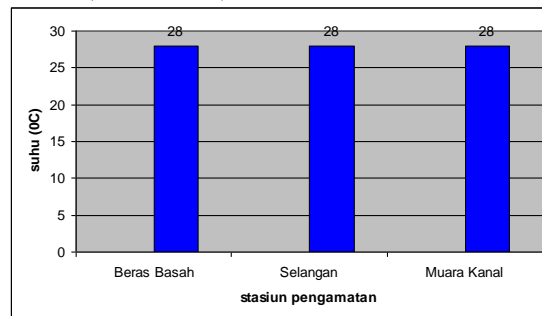
dimana : K_c = Biokonsentrasi faktor ;
C_w= Konsentrasi di air
C_F = Konsentrasi di biota

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air

1. Suhu

Hasil pengukuran suhu air pada setiap stasiun pengamatan adalah 28,00 °C. Umumnya suhu pada semua lokasi penelitian relatif seragam dan nilainya masih tergolong normal sesuai dengan nilai baku mutu air laut yang berkisar antara 28 – 32 °C (Kep MLH nomer: 51 tahun 2004). sesuai (Gambar 1)

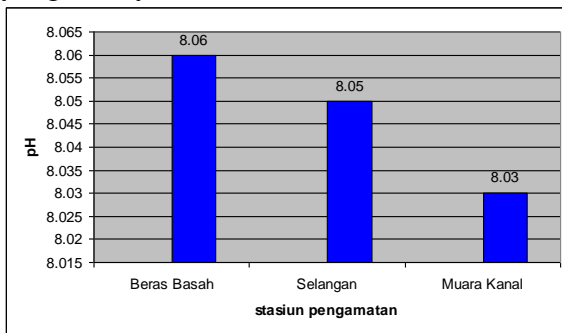


Gambar 1 Histogram hasil pengukuran suhu pada stasiun pengamatan

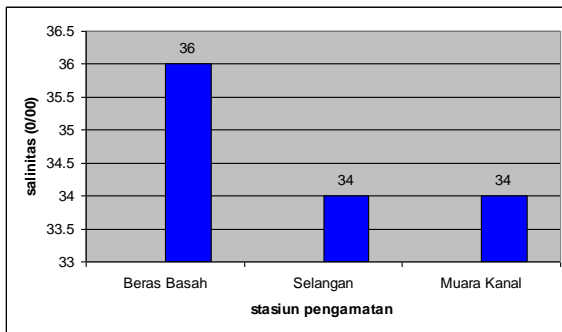
2. Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH air yang terukur berkisar antara 8,03 – 8,08 dengan pH terendah di stasiun Muara Kanal dan pH tertinggi di stasiun Beras Basah. Nilai pH yang terukur terlihat berbanding lurus mengikuti peningkatan nilai salinitas, yaitu berkisar antara 34,00 – 36,00 ‰. Untuk stasiun Slangan dan stasiun Muara Kanal mempunyai nilai salinitas yang sama, sedangkan di stasiun Beras Basah memiliki

salinitas yang paling tinggi diantara stasiun yang lainnya (Gambar 2 dan 3).



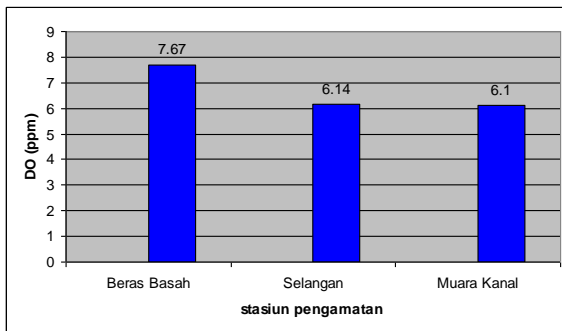
Gambar 2. Histogram hasil pengukuran pH pada stasiun pengamatan



Gambar 3. Histogram hasil pengukuran salinitas pada stasiun pengamatan

3. Oksigen Terlarut (DO)

Hasil pengukuran oksigen terlarut berkisar antara 6,10 – 7,67 ppm. Nilai oksigen terendah pada stasiun Muara Kanal dan yang tertinggi di stasiun Beras Basah (Gambar 4).



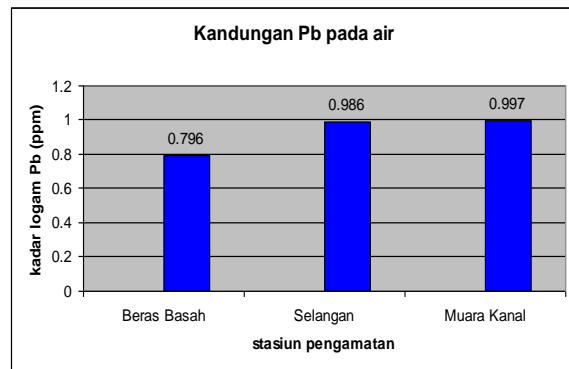
Gambar 4. Histogram hasil pengukuran DO pada stasiun pengamatan

4. Bau, Benda terapung, Lapisan Minyak

Pada ke-3 lokasi penelitian relatif bebas dari bau, benda terapung dan lapisan minyak.

Kandungan Logam Berat Pb Air Laut

Hasil penelitian logam berat Pb yang terkandung dalam air laut diperoleh nilai yang berkisar antara 0,795 – 0,997 ppm (Gambar 5).



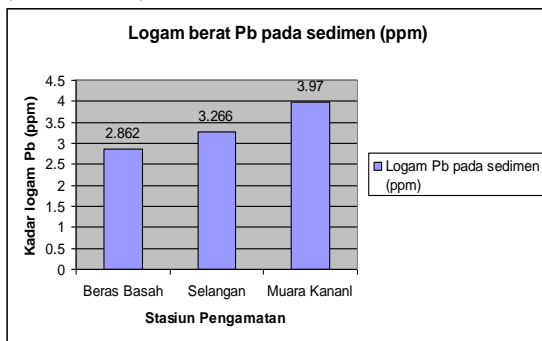
Gambar 5. Histogram hasil pengukuran konsentrasi logam berat Pb pada air laut di setiap stasiun pengamatan

Logam berat Pb terdeteksi pada semua stasiun pengamatan dan nilai terendah terdapat di stasiun Beras Basah yaitu 0,796 ppm dan nilai tertinggi terdapat pada stasiun Muara Kanal yaitu sebesar 0,997 ppm (Gambar 5). Besarnya kandungan logam berat Pb yang terdeteksi pada air di ketiga stasiun pengamatan telah melampaui Nilai Ambang Batas yang telah ditetapkan oleh KEPMEN-LH No.51 tahun 2004 yakni berkisar antara 0,796- 0,997 ppm, besarnya kandungan logam berat Pb di air tersebut dapat mempengaruhi kehidupan biota yang berada diperairan yang telah terkontaminasi logam Pb. Menurut

Achmad, B (2002), pengaruh timbal sebagai *pollutan* terhadap kehidupan biota laut dapat bersifat langsung maupun tidak langsung, misalnya melalui penurunan kualitas air, dan melalui rantai makanan (*food chain*).

Kandungan Logam Berat Pb Pada Sedimen

Jika dibandingkan dengan kandungan logam berat pada air laut (0,795 – 0,997 ppm), maka konsentrasi logam berat Pb pada sedimen (2,862 – 3,970 ppm) adalah lebih tinggi. Nilai logam berat Pb yang paling tinggi terdapat pada stasiun Muara Kanal sebesar 3,90 ppm. (Gambar 6).



Gambar 6. Histogram hasil pengukuran konsentrasi logam Pb pada sedimen di setiap stasiun pengamatan

Kandungan Logam Berat Pb Pada Lamun dan Ikan Beronang (*Siganus sp*)

Tabel 2. Kandungan logam berat Pb pada lamun dan ikan baronang (*Siganus sp*) pada lokasi pengamatan.

Stasiun Pengamatan	Kandungan Logam Berat Pb (ppm)		
	Lamun	Ikan Baronang (<i>Siganus sp</i>)	
		Hati	Daging
Beras Basah	0,567	0,229	0,574
Selangan	0,114	0,044	0,269
Muara Kanal	0,488	0,105	0,323

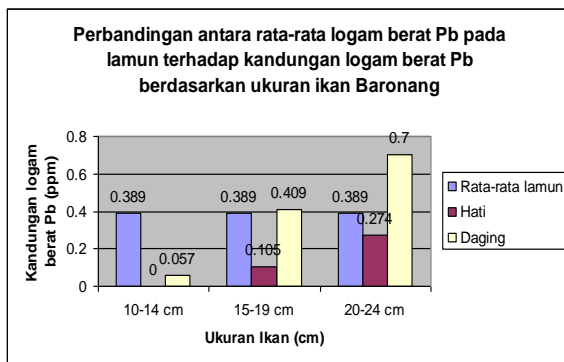
Pada Tabel 2. di atas digambarkan bahwa organ tubuh ikan baronang (hati dan daging) terdapat kandungan logam berat pada setiap stasiun pengamatan. Hasil perhitungan yang paling tinggi berada pada stasiun Beras Basah sebesar 0,229 ppm untuk hati dan 0,574 ppm untuk daging.

Tabel 3. Hasil Perhitungan rata-rata konsentrasi logam berat Pb pada lamun dan pada ikan Baronang (*Siganus sp*) berdasarkan ukuran panjang tubuhnya

Rata-rata lamun di pesisir perairan Bontang (ppm)	Kandungan logam berat Pb dalam ikan baronang (<i>Siganus sp</i>) (ppm)					
	Hati			Daging		
	10-14 (cm)	15-19 (cm)	20-24 (cm)	10-14 (cm)	15-19 (cm)	20-24 (cm)
0,389	ttd	0,105	0,274	0,057	0,409	0,700

Sedangkan untuk kandungan logam berat Pb pada lamun yang paling tinggi terdeteksi pada stasiun Beras Basah yakni sebesar 0,567ppm. Dapat dilihat pada Tabel 3. besarnya kandungan logam Pb untuk hati dan daging meningkat dengan meningkatnya ukuran panjang tubuh ikan. Pada ukuran panjang tubuh ikan baronang (*Siganus sp*) antara 10-14 cm jumlah logam berat yang terkandung dalam hati dan

daging masing-masing adalah tidak terdeteksi dan 0,057; untuk ikan berukuran 15-19 cm jumlah logam berat pada hati dan daging masing-masing adalah 0,105 ppm dan 0,409 ppm; sedangkan untuk ukuran ikan 20-24 cm, jumlah logam berat yang terkandung dalam hati sebesar 0,274 ppm dan 0,700 ppm pada daging. Selanjutnya, pada Tabel 3 juga dapat dilihat, bahwa kandungan logam berat Pb pada daging ikan baronang (*Siganus sp*) lebih tinggi nilainya daripada rata-rata logam berat Pb untuk ukuran ikan 15-19 cm dan ukuran 20-24 cm sehingga dapat dikatakan terjadi biomagnifikasi mengingat konsentrasi logam berat Pb dari lamun terdeteksi lebih rendah, atau dengan kata lain, bahwa terjadi peningkatan kandungan logam berat dari lamun ke daging ikan baronang (*Siganus sp*) untuk ukuran 15-19 cm dan 20-24 cm, sedangkan untuk ukuran ikan 10-14 cm tidak terjadi proses biomagnifikasi



Gambar 7. Histogram hasil perbandingan rata-rata logam berat Pb pada lamun dengan kandungan logam berat Pb pada ikan baronang (*Siganus sp*).

E. Adsorpsi dan Biokonsentrasi faktor

Hasil perhitungan adsorpsi faktor dan biokonsentrasi faktor dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan adsorpsi faktor berdasarkan stasiun pengamatan

Stasiun Pengamatan	Logam berat Pb Sedimen (ppm)
Beras Basah	3,595
Selangan	3,312
Muara Kanal	3,982

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai adsorpsi faktor logam berat Pb untuk sedimen adalah berkisar antara 3,312 – 3,982 ppm dengan adsorpsi faktor tertinggi pada stasiun Muara Kanal dan terendah pada stasiun Selangan. Sedangkan untuk hasil perhitungan biokonsentrasi faktor pada lamun dan ikan baronang (*siganus.sp*), dapat dilihat pada Tabel 5. dibawah ini.

Tabel 5. Hasil perhitungan nilai biokonsentrasi faktor pada lamun dan ikan baronang (*Siganus sp*) berdasarkan stasiun pengamatan

Stasiun Pengamatan	Kandungan Logam Berat Pb (ppm)		
	Lamun	Ikan Baronang (<i>siganus.sp</i>)	
		Hati	Daging
Beras Basah	0,712	0,287	0,721
Selangan	0,116	0,044	0,272
Muara Kanal	0,489	0,105	0,323

Pada Tabel 5. diatas dapat diketahui, bahwa nilai kandungan logam berat Pb berdasarkan stasiun pengamatan adalah, di Beras Basah memiliki kandungan logam Pb paling tinggi, sebesar 0,721 ppm pada

daging, lebih besar daripada di hati yakni sebesar 0,287 ppm. Sedangkan nilai biokonsentrasi faktor logam berat Pb pada lamun adalah berkisar 0,116 – 0,712 ppm, dengan nilai tertinggi terdapat pada stasiun Beras Basah dan terendah di stasiun Selangan.

Kandungan logam berat Pb yang terdapat pada sedimen sebesar 2,862 – 3,970 ppm. Besarnya kandungan logam berat pada sedimen diduga karena adanya proses pengendapan. Untuk nilai kandungan logam berat Pb pada Lamun sebesar 0,114-0,567 ppm, kandungan logam berat Pb di lamun ini diduga dikarenakan adanya proses absorpsi sehingga pada sampel lamun didapatkan nilai kandungan logam berat Pb sebesar nilai yang dicantumkan diatas. Menurut Supriadi (2009) setelah memasuki perairan pesisir dan laut sifat bahan pencemar ditentukan oleh beberapa faktor atau beberapa jalur dengan kemungkinan perjalanan bahan pencemar sebagai berikut:

1. Terencerkan dan tersebar oleh adukan turbulensi dan arus laut.
2. Dipekatkan melalui proses biologis dengan cara diserap ikan, plankton nabati atau oleh ganggang laut bentik biota ini pada gilirannya dimakan oleh mangsanya dan proses fisik dan kimiawi dengan cara absorpsi, pengendapan, pertukaran ion dan kemudian bahan pencemar itu akan mengendap di dasar perairan.
3. Terbawa langsung oleh arus dan biota (ikan).

Logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu: saluran pernapasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit. Di dalam tubuh hewan, logam diabsorpsi darah berikatan

dengan protein darah yang kemudian didistribusikan ke seluruh jaringan tubuh. Akumulasi logam berat dalam tubuh organisme tergantung pada konsentrasi logam berat dalam air/lingkungan, suhu, pH, salinitas, oksigen terlarut dan aktifitas fisiologis.

Buangan limbah industri yang mengandung bahan berbahaya dengan toksisitas yang tinggi dan kemampuan biota untuk menimbun logam bahan pencemar, mengakibatkan bahan pencemar langsung terakumulasi secara fisik dan kimia lalu mengendap di dasar laut. Akumulasi melalui proses biologis inilah yang disebut dengan bioakumulasi.

Bahan pencemar (racun) masuk ke tubuh organisme atau ikan melalui proses absorpsi. Absorpsi merupakan proses perpindahan racun dari absorpsinya ke dalam sirkulasi darah. Bahan pencemar dapat masuk ke dalam tubuh ikan melalui tiga cara yaitu melalui rantai makanan, insang dan difusi permukaan kulit.

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa telah terjadi proses biomagnifikasi dari lamun terhadap ikan baronang (*Siganus sp*), yakni pada stasiun Beras Basah dan Selangan. Sebagaimana menurut Darmono (1995) sifat logam berat sangat unik, tidak dapat dihancurkan secara alami dan cenderung terakumulasi dalam rantai makanan melalui proses biomagnifikasi, meskipun ikan baronang (*Siganus sp*) tidak hanya memakan lamun, tetapi juga dapat memakan tumbuhan lainnya., Sebagaimana menurut Ghufran, M (1997) Ikan baronang adalah jenis ikan yang memakan berbagai macam makanan di alam, sebagian besar makanan yang dimakan adalah rumput laut, ganggang, lumut, dan tumbuhan lainnya sehingga digolongkan ke dalam herbivora (pemakan tumbuhan) atau vegetaris. Pada

stasiun Muara Kanal belum terjadi proses biomagnifikasi hanya terjadi proses bioakumulasi hal ini diduga karena, selain memakan lamun ikan baronang bisa saja memakan tumbuh-tumbuhan lainnya. Selain itu diduga ikan yang tertangkap masa hidupnya belum selama masa hidup lamun dan mungkin ikan baronang yang tertangkap, adalah ikan baronang yang sedang melintasi daerah pengambilan sampel. Tetapi kita akan dapat melihat bahwa sebenarnya akumulasi logam berat akan tinggi jumlahnya dengan melihat pertumbuhan somatik (panjang badan) dapat mewakili lamanya hidup.

Secara keseluruhan keberadaan kandungan logam berat Pb yang terdeteksi pada hati ikan baronang (*Siganus sp*) telah menunjukkan terjadinya proses bioakumulasi melalui rantai makanan yang telah tercemar logam berat Pb. Keberadaan kandungan logam berat Pb pada daging ikan baronang (*Siganus sp*) yang terdeteksi dapat melalui rantai makanan dan difusi, sebagaimana yang dinyatakan oleh Keckes dan Miettinen, 1972 dalam Wardoyo (1975) mengemukakan bahwa logam berat masuk ke dalam tubuh organisme laut melalui tiga cara, yaitu melalui rantai makanan, insang, dan difusi melalui permukaan tubuh.

Selama penelitian, parameter kualitas air yang terukur (suhu, pH, salinitas dan DO) dapat diketahui masih mendukung kelangsungan hidup ikan baronang (*Siganus sp*) di perairan Bontang. Sesuai dengan pendapat Dana Kusumah, E. (1985), bahwa kisaran suhu 28 - 32°C adalah suhu ideal untuk hidup baronang (*Siganus sp*) dan suhu yang terukur pada stasiun pengamatan sebesar 28°C. Suhu tersebut mendukung proses metabolisme pada tubuh ikan baronang (*Siganus sp*), sehingga ikan baronang (*Siganus sp*) lebih aktif

mengambil makanan dari lingkungan (lamun dan organisme lainnya) yang telah tercemar oleh logam berat Pb, dikarenakan lamun tumbuh pada substrat sedimen yang telah terakumulasi logam berat Pb maka kandungan logam berat di lamun akan bertambah. Sebagaimana dijelaskan oleh Beveridge (1996) bahwa suhu mempengaruhi laju metabolisme dan meningkatkan konsumsi oksigen dan aktivitas gerak ikan. Dengan demikian menunjukkan bahwa proses biomagnifikasi terjadi pada ikan baronang (*Siganus sp*) melalui rantai makanannya.

Derajat keasaman (pH) yang terukur di stasiun pengamatan adalah lebih besar dari pada 7 yang masuk dalam kategori basa. pH air yang bersifat alkalis sangat mendukung untuk terjadinya laju dekomposisi pada suatu perairan. Dengan adanya pH air yang bersifat alkalis akan terjadi peningkatan laju dekomposisi maka akan berdampak dengan menurunnya nilai oksigen. Kenaikan pH menurunkan kelarutan logam dalam air, karena kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air, sehingga akan mengendap membentuk lumpur.

Salinitas yang terukur sebesar 34-36‰. Salinitas yang terukur masih berada dalam kisaran salinitas optimum bagi pertumbuhan organisme laut yaitu 32 - 36‰ (Razak, 1998). DO yang terukur sebesar 6 - 7 ppm. Hal ini disebabkan karena oksigen terlarut digunakan untuk proses metabolisme dalam tubuh dan berkembang biak.

Selain melalui rantai makanan, ikan baronang (*Siganus sp*) dapat menerima pencemaran melalui badan air yang telah tercemar oleh logam berat Pb dengan cara saling bersinggungan langsung antara air

dengan tubuh ikan melalui proses difusi. Sebagaimana dijelaskan oleh Beveridge (1996) bahwa suhu mempengaruhi laju metabolisme dan meningkatkan konsumsi oksigen dan aktivitas gerak ikan.

Adsorpsi faktor pada sedimen digunakan untuk mengetahui nilai perbandingan konsentrasi bahan pencemar pada sedimen, badan air, daya adsorpsi dan laju distribusi pencemar pada kedua media dapat diketahui dengan menghitung nilai adsorpsi faktor.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai adsorpsi faktor logam berat Pb berkisar antara 3,312 - 3,982 ppm, dengan adsorpsi faktor terendah pada stasiun Selangan dan tertinggi pada stasiun Muara Kanal.

Tinggi rendahnya nilai adsorpsi faktor logam berat Pb di lingkungan perairan (stasiun pengamatan) sangat dipengaruhi oleh karakteristik perairan, tingkat aktivitas masyarakat/ perusahaan yang menghasilkan limbah, jenis bahan pencemar yang dihasilkan, intensitas pencemaran dan hidrodinamika perairan.

Begitu juga dengan Biokonsentrasi faktor pada lamun dan ikan baronang (*Siganus sp*). Untuk mengetahui daya absorpsi dan laju distribusi pencemar pada organisme dengan cara menghitung biokonsentrasi faktor (BCF). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai biokonsentrasi faktor logam berat Pb untuk lamun (berkisar antara 0,116 – 0,712 ppm), dengan nilai tertinggi pada stasiun Beras Basah dan yang terendah pada stasiun Selangan.

Hasil analisis biokonsentrasi faktor logam berat Pb untuk ikan baronang (*Siganus sp*) pada hati berkisar antara 0,044 – 0,287 ppm dan pada daging berkisar antara 0,272 - 0,721 ppm dengan nilai yang tertinggi pada stasiun Beras Basah.

Besarnya kandungan logam berat pada daging ini diduga karena selain logam berat masuk melalui pencernaan dapat masuk melalui penetrasi, selain itu diduga tingginya logam berat Pb pada daging dikarenakan tingginya kadar logam Pb pada air dibandingkan akumulasi logam berat Pb di lamun, akibatnya akumulasi kandungan logam berat Pb pada daging lebih besar nilainya daripada di hati. Menurut (Connel dan Miller 1995), akumulasi logam berat dalam tubuh organisme tergantung pada konsentrasi logam berat dalam air/lingkungan, suhu, keadaan spesies dan aktifitas fisiologis.

Hasil analisis adsorpsi faktor dan biokonsentrasi faktor seperti yang diuraikan diatas memperlihatkan bahwa logam masuk ke badan air pasti akan mengalami pengendapan (*presipitasi*), adsorpsi dan bioakumulasi. Besarnya nilai adsorpsi akan berkorelasi positif dengan bioakumulasi, artinya setiap peningkatan nilai adsorpsi akan cenderung selalu diikuti oleh peningkatan nilai bioakumulasi.

Hasil analisis biokonsentrasi faktor logam berat Pb pada seluruh stasiun pengamatan, baik pada lamun maupun pada ikan baronang (*Siganus sp*) dapat disimpulkan bahwa perairan yang mempunyai nilai kandungan logam berat Pb yang rendah akan mempunyai nilai adsorpsi faktor dan biokonsentrasi faktor (BCF) yang tinggi. Kondisi ini disebabkan oleh sifat logam berat yang mempunyai kecenderungan untuk mengendap karena memiliki massa jenis yang lebih besar dari massa jenis air.

Logam berat akan terakumulasi pada sedimen di dasar perairan. Logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen, oleh karena itu kadar

logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibandingkan dalam air (Harahap, 1991). Lamun mendapatkan nutrien untuk pertumbuhan dan perkembangan pada sedimen melalui sistem perakaran sehingga logam berat yang terdapat pada sedimen akan terabsorpsi ke jaringan lamun.

Sedangkan untuk ikan baronang (*Siganus sp*) mendapatkan nutrien untuk perkembangan dan pertumbuhannya dari makanannya (lamun) yang telah terakumulasi logam berat Pb, dikarenakan lamun yang menjadi makanan ikan baronang (*Siganus sp*) telah terakumulasi logam berat Pb, maka akan terjadi proses perpindahan konsentrasi logam berat Pb dari lamun ke dalam tubuh ikan baronang (*Siganus sp*) melalui proses biomagnifikasi. Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa nilai kandungan logam berat Pb masih lebih tinggi di ikan baronang (*Siganus sp*) daripada di dalam lamun.

Ekobiologi ikan tongkol (*Euthynnus affinis*)

Ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) yang digunakan dalam penelitian berasal dari TPI Muara Angke Jakarta. Ikan tongkol ini ditangkap dari perairan sekitar pulau Kalimantan dengan menggunakan kapal *purse seine* yang menggunakan lampu sebagai alat bantu penangkapannya. Para nelayan banyak yang beroperasi ke daerah perairan sekitar pulau Kalimantan, karena hasil tangkapannya cukup banyak. Hal ini sesuai dengan pernyataan Collete dan Nauen (1983), berdasarkan penyebarannya, ikan tongkol banyak terdapat di Samudera Pasifik dan Samudera Hindia sepanjang khatulistiwa.

Ikan tongkol yang didaratkan di TPI Muara Angke, secara organoleptik masih

segar. Hal ini disebabkan penyimpanan ikan tongkol di atas kapal dilakukan pada suhu beku, sehingga kemunduran mutu ikan dapat dihambat. Ikan mudah mengalami proses kemunduran mutu, terutama ikan laut. Kualitas ikan yang baru didaratkan dari kapal di beberapa daerah penangkapan di Indonesia sebagian sudah tidak segar lagi. Hal ini disebabkan karena waktu melaut yang cukup lama ditambah dengan kondisi pendinginan yang tidak baik memungkinkan kerusakan oleh aktivitas bakteri dan enzim terus berlangsung selama proses penangkapan, pendaratan, pelelangan maupun selama pemasaran ikan segar tersebut. Meskipun kondisi kesegaran ikan tersebut sudah tidak baik umumnya beberapa pengolah tetap mengolah ikan tersebut menjadi produk ikan asin atau pindang (Subaryono *et al.* 2004).

Tabel 6. Karakteristik organoleptik ikan tongkol

Karakteristik Organoleptik	Deskripsi Organoleptik Ikan Tongkol
Kenampakan	Cermerlang dan mengkilap
Mata	Cerah, bening, dan menonjol
Insang	Berwarna merah segar
Warna	Bagian atas biru kehitaman dan bagian bawah berwarna putih perak
Bau	Bau khas ikan laut segar
Tekstur	Elastis dan padat

Ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) yang digunakan sebagai bahan penelitian, diamati morfologinya. Hasil yang diperoleh berdasarkan pengamatan adalah memiliki ciri-ciri bentuk tubuhnya memanjang seperti torpedo, Tak bersisik kecuali pada korselet dan garis rusuk. Terdapat lunas kuat pada batang ekor diapit dua lunas kecil pada ujung belakangnya. Terdapat dua lidah/cuping diantara sirip perutnya. Warna bagian atas biru kehitaman, putih perak bagian bawah. Totol-totol hitam terdapat diantara sirip dada dan perut. Hasil karakteristik organoleptik ikan tongkol disajikan pada Tabel 1.

Ikan tongkol yang hidup di perairan sekitar pulau Kalimantan termasuk ikan perenang cepat yang salah satu cirinya adalah mengandung daging merah, hal ini terlihat dari kandungan daging merah yang terdapat dalam tubuhnya pada saat dilakukan pemisahan dengan daging putih. Menurut Subaryono *et al.* (2004), jenis ikan tongkol memiliki kandungan daging merah yang cukup tinggi yang biasanya mengandung cukup banyak senyawa histidin bebas didalamnya, sehingga merupakan media yang baik untuk pertumbuhan bakteri pembentuk histidin.



Gambar 8. Daging putih dan merah ikan tongkol

Rendemen ikan tongkol

Hasil penelitian terhadap jumlah rendemen ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) bahwa dari kandungan total ikan tongkol

sebesar 780 g terdiri dari jumlah terbesar t pada daging yaitu 390 g (50%), tulang, kepala dan isi perut sebesar 320 g (41,03%), kulit sebesar 40 g (5,13%), dan sisa berupa air sebesar 30 g (3,85%), jumlah rendemen pada ikan tongkol dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 7. Rendemen daging putih dan merah ikan tongkol

Keterangan	Berat (gram)	Nilai (%)
Kulit	40	5,13
Tulang, kepala, isi perut	320	41,03
Daging putih	290	37,18
Daging merah	100	12,82
Sisa (air)	30	3,85
Total	780	100,00

Secara umum bagian ikan yang dapat dimakan (*edible portion*) berkisar antara 45–50% dari tubuh ikan (Suzuki 1981), Stanby (1963) menambahkan bahwa untuk kelompok ikan tuna, bagian ikan yang dapat dimakan berkisar antara 50-60%.

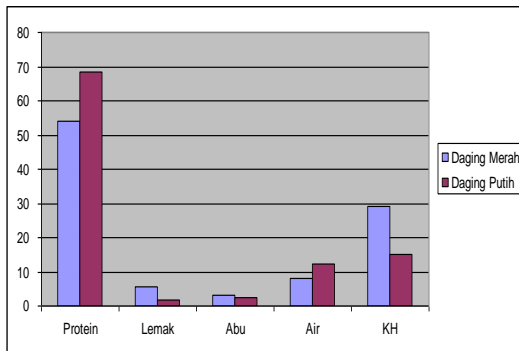
Tingginya kandungan daging pada ikan tongkol berhubungan dengan bentuk tubuhnya yaitu cerutu yang memiliki bagian terbesar pada bagian perut yang banyak mengandung daging. Ikan tongkol termasuk dalam keluarga *Scombroidae*, tubuhnya seperti cerutu.mempunyai dua sirip punggung, sirip depan yang biasanya pendek dan terpisah dari sirip belakang (Saain, 1983). Komposisi daging putih (37,18%) lebih banyak dari pada daging merah (12,82%).

Menurut Okada (1990) dalam Rospiati (2006) bahwa jumlah daging merah bervariasi mulai kurang dari 1–2% pada ikan yang tidak berlemak hingga 20% pada ikan yang berlemak. Akande (1988)

menjelaskan bahwa komposisi daging putih ikan tuna lebih besar dibandingkan dengan daging merahnya yaitu 36,4% dan 20%.

Komposisi proksimat ikan tongkol

Komposisi proksimat daging merah dan daging putih ikan tongkol disajikan pada Gambar 2. Komposisi proksimat antara daging merah dan daging putih berbeda, kandungan proksimat tertinggi pada daging ikan tongkol yaitu pada kandungan proteinnya yang mencapai antara 54,196% (daging merah) sampai 68,355% (daging putih), lemak berkisar antara 1,8% (daging putih) sampai 5,6% (daging merah), kadar abu berkisar antara 2,493% (daging putih) sampai 3,290% (daging merah) dan kadar air berkisar antara 7,934% (daging merah) sampai 12,164% (daging putih)



Gambar 9. Komposisi proksimat daging putih dan merah ikan tongkol

Kadar protein daging putih (68,355%) lebih tinggi dari pada daging merah (54,196%), hal ini telah dijelaskan oleh Akande (1988) bahwa komposisi protein pada daging putih ikan tuna lebih tinggi dari pada daging merahnya yaitu sekitar 30,92 %.

Kadar lemak pada daging merah ikan tongkol sebesar 5,6 % dan lebih tinggi dibandingkan lemak pada daging putihnya

sebesar 1,8%. Learson dan Kaylor (1990) menjelaskan bahwa daging merah kaya akan lemak, oksigen dan mengandung mioglobin. Okada (1990) dalam Rospiati (2006) menyatakan bahwa daging merah mengandung mioglobin dan hemoglobin yang bersifat prooksidan serta kaya akan lemak.

Kadar abu pada ikan tongkol hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tertinggi diperoleh pada daging merah sebesar 3,290% dan terendah pada daging putih sebesar 2,493%. Arias *et al.* (2004) menjelaskan bahwa kandungan kadar abu pada daging putih ikan tongkol yaitu 1,5%. Tingginya kadar abu pada daging merah mungkin disebabkan karena pada daging merah terdapat banyak mineral yang terbawa oleh mioglobin dan tersimpan dalam daging merah.

Kadar air tertinggi diperoleh pada daging putih sebesar 12,164% dan terendah pada daging merah sebesar 7,934%. Tingginya kadar air pada daging putih mungkin disebabkan karena pada daging putih terdapat kandungan protein yang tinggi. Menurut Suzuki (1981) menjelaskan bahwa kadar air mempunyai hubungan terbalik dengan lemak, semakin rendah lemak maka semakin tinggi kadar airnya.

Kandungan senyawa kimia ikan tongkol

Hasil analisis kualitatif senyawa kimia terhadap daging ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) disajikan pada Tabel 3. Daging putih maupun daging merah mengandung alkaloid yang ditunjukkan pada pelarut Dragendorf dengan terbentuknya endapan berwarna jingga, pada pelarut Meyer terbentuk endapan berwarna putih kekuningan, dan pada pelarut Wagner terbentuk endapan berwarna coklat.

Tabel 8. Kandungan senyawa kimia daging putih dan merah ikan tongkol

Kandungan senyawa kimia	Daging Putih	Daging Merah
Alkaloid	+	+
Steroid	+	+
Flavonoid	-	-
Saponin	-	-
Molisch	+	+

Hampir seluruh alkaloid berasal dari tumbuhan dan tersebar luas dalam berbagai jenis tumbuhan. Menurut Othmer (1998), diketahui bahwa hampir semua alkaloid di alam mempunyai keaktifan biologis dan memberikan efek fisiologis tertentu pada mahluk hidup.

Alkaloid diketahui berasal dari sejumlah kecil asam amino yaitu ornitin dan lisin yang menurunkan alkaloid alisiklik, fenilalanin dan tirosin yang menurunkan alkaloid jenis isokuinolin, dan triftopan yang menurunkan alkaloid indol. Klasifikasi pengelompokan alkaloid biasanya didasarkan pada prekursor pembentuknya. Kebanyakan dibentuk dari asam amino seperti lisin, tirosin, triptofan, histidin dan ornitin. Sebagai contoh, nikotin dibentuk dari ornitin dan asam nikotina.

Tabel 8 juga memperlihatkan bahwa pada daging ikan tongkol baik daging merah dan daging putih juga mengandung senyawa steroid. Hal ini mungkin dikarenakan dalam daging ikan tongkol terdapat senyawa skualen dan senyawa karoten yang dapat membentuk senyawa steroid sebagai senyawa turunannya. Sedangkan senyawa flavonoid dan tidak ditemukan dalam daging ikan tongkol.

Hasil pengamatan terhadap senyawa molisch pada daging ikan tongkol menunjukkan bahwa senyawa tersebut terdapat dalam daging merah dan daging

putih (Tabel 3). Adanya karbohidrat dalam daging ikan tongkol yang menyebabkan uji molisch menjadi positif. Karbohidrat dalam daging ikan merupakan polisakarida yaitu glikogen yang terdapat dalam sarkoplasma diantara miofibril-miofibril (Hadiwiyoto 1993).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperairan pesisir Bontang dapat disimpulkan bahwa:

1. Kandungan logam berat Pb di perairan Bontang adalah (0,795 – 0,997 ppm) sudah melebihi ambang batas yang dipersyaratkan untuk biota laut dan wisata bahari perairan pesisir yaitu 0,008 mg/l.
2. Kandungan logam berat Pb pada sedimen berkisar antara 2,862 – 3,970 ppm, pada lamun Pb berkisar antara 0,114 - 0,567 ppm dan pada ikan baronang (*Siganus sp*) yaitu pada hati berkisar antara 0,044 - 0,229 ppm dan pada daging berkisar antara 0,269-0,574 ppm.
3. Nilai adsorpsi faktor logam berat Pb pada sedimen berkisar antara 3,312 – 3,982 ppm, Sedangkan nilai biokonsentrasi faktor pada lamun berkisar antara 0,116 – 0,712 ppm, pada organ hati ikan baronang (*Siganus sp*) berkisar antara 0,044 - 0,287ppm sedangkan pada daging berkisar antara 0,272-0,721ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Budiono, 2002. Makalah Pengantar Falsafah Sains. Institut Pertanian Bogor.

- Anonim, 1990. Manusia dan Air, dalam Kependudukan dan Lingkungan Hidup Suatu Tinjauan. Jakarta: Kantor Menteri Negara kependudukan dan Lingkungan Hidup.
- Azkab, M.H.1988. *Pertumbuhan dan produksi lamun, Enhalus acoroides di rataaan terumbu di Pari Pulau Seribu*. Dalam: P3O-LIPI, Teluk Jakarta: Biologi, Budidaya, Oseanografi, Geologi dan Perairan. Balai Penelitian Biologi Laut, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI, Jakarta.
- Beveridge MCM. 1996. Cage Aquaculture, 2nd ed. Fishing News Books, Oxford. 346 pp.
- Clark, R.B. 1986. Marine Pollution. Clarendon Press. Oxford University. New York.
- Connel, D.W. and Miller.G.J. 1995. Chemistry and Ecotoxicology of Pollution. A Wiley-Interscience Publication. Brisbane, Australia.
- Dahuri, R.R. Jacob, S.P. Ginting dan M.J Sitepu. 1996. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut Secara Terpadu. Pradya Paramitha. Jakarta
- Dana Kusumah, E., 1985, Beberapa Aspek Biologi Ikan Beronang (Siganus spp) Workshop Budidaya Laut 28 Oktober – 1 Nopember 1985 di Lampung. 10 pp.
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI-Press. Jakarta
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam, Universitas Indonesia Jakarta.
- Dinas Perikanan dan Kelautan Kota Bontang. 2001. Penyusunan Rencana Detail Tata Ruang Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Kota Bontang. Proyek Pengelolaan Sumberdaya Laut Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Kalimantan Timur. Samarinda.
- Ecoton. 2005. Mangrove Hilang Pencemaran Pantaipun Datang. Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah. <http://ecoton.terranet.or.id>
- Efendi, E. 2006. Analisa Kandungan Logam Berat Pada Lamun (Sea Grass) Enhalus acoroides di Perairan Sekitar Teluk Lampung. <http://www.unila.ac.id>.
- Fahrudin. 2002. Makalah Falsafah Sains (PPs 702) Program Pasca Sarjana / S3 Institut Pertanian Bogor
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius. Bogor. 190 hal.
- Fatmawati, 2004. Studi Determinasi Jenis Ikan Pada Ekosistem Padang Lamun di Perairan Bontang Utara Kota Bontang (Skripsi Mahasiswa). Fakultas Perikanan

- dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman. Samarinda. 45 hal.
- Ghufran, M. 1997. Budidaya Ikan Beronang. PT. Ghufran, M, 2005. Budidaya Ikan Beronang. PT. Rineka-Rineka Cipta. Jakarta Cipta. Jakarta
- Harahap. S. 1991. Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung Ditinjau dari Sifat Fisika-Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro. IPB. 167 hal.
- Hutagalung. 1984. Logam Berat dalam Lingkungan Laut . PewartaOseana, Vol IX,No.1 LON-LIPI.Jakarta.
- Keckes,S dan J.K Miettinen. 1972. Mercury as a Marine Pollutan Dalam Marine Pollution and Sea Life. Published by Arrangement of the United Nation by Fishing News, England.P.277-291.
- Kikuchi and J.M. Peres. 1977. Consumer Ecology of Seagrass bed. Vol 4. Marcel Dekker Inc. New York.
- Klerk,P. Jeffrey dan S. Levinton. 1990.Effect of Heavy Metal in Polluted Aquatic Ecosystem, Persamon Press. New York.P. 41-63.
- Kristanti, R.A. 2005 Kandungan Beberapa Logam Berat pada Bakau (*Rhizophora apiculata*)di Perairan Pesisir Bontang Selatan Kalimantan Timur [tesis]. Program Pascasarjana Universitas Mulawarman. Samarinda.
- Kunn dkk. 1980. "Abudance of Trace and Minor Elements in Organik and Mineral Fractions of Coal" Illinois Institute of Natural Resources. Environ, Geology Notes, No.88. Urbana II.
- Ma'ruf,M. 2007. Analisis Konsentrasi Logam Berat pada Ikan Baronang (*Siganus sp*) dan lingkungan perairan untuk pengelolaan wilayah pesisir Bontang [tesis]. Samarinda: Program Pascasarjana, Universitas Mulawarman.
- Maron-Guirao,L,A.M. Atucha, J.L. Barba, E.M. Lopez, and A.J.G. Fernandez . 2004. Effects of Minning Wastes on a seagrass Ecosystem: Metal Accumulation and Bioavailabity, Seagrass Dynamic and Associated Community Structure. Marine Enviromental Research Journal. Vol.60. Page 317-337.
- Marsh, et.al. (1986). Development of aerial survey methodology and results of aerial surveys for dugongs conducted in the northern and central sections of the Great Barrier Reef Marine Park. *Report to the Great Barrier Reef Marine Park Authority* , June 1986 142 pp.
- Murti, B. 1998. Prinsip dan Metode Riset Epidemiologi. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Nikijuluw, Victor P.H. 2001. Rezim Pengelolaan Sumber Daya

- Perikanan. PT. Pustaka Cisendo, Jakarta
- Nontji,A. 1987. The Ecology of The Indonesia Seas. Dalam Fahrudin,2002. Pemanfaatan, Ancaman dan isu-isu pengelolaan Ekosistem Padang Lamun, Program Pascasarjana, IPB. Bogor
- Nyabakken, J.W. 1992. Biologi Laut. Suatu Pendekatan Ekologis. Terjemahan. Gramedia Jakarta.
- Pacyna, J.M. 1987. Atmospheric Emission of Arsenic, Cadmium, Lead and Mercury from High Temperatur Processes in power Generation and Industry. Dalam Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Enviroment, Hutchinson and Meema (Ed). John Willey & Sons.
- Palar,H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat, Jakarta, Rineka Cipta.
- Philips, C.R. and E.G.Menez. 1988. Seagrass. Smith Sonian. Institutions press. Washington D.C
- Razak, T.B. 1998. Struktur Komunitas Karang Berdasarkan Metode Transek Garis dan Transek Kuadrat di Pulau Menyawanakan Taman Nasional Karimun Jawa Jateng. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor (tidak dipublikasikan).
- Rini. 2004. Mangrove Jenis Api-api (*Avicennia marina*) Alternatif Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pesisir. <http://www.unila.ac.id>
- Saeni, M.S. 1989. Kimia Lingkungan . Bahan Pengajaran Pusat Antar Universitas. Institut Pertanian Bogor, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.151 hal.
- Sanusi,H.S. 1985. Akumulasi Logam Berat Hg dan Cd pada tubuh ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forskall). Disertasi, Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Supriadi.2009. Kandungan Logam Berat Pb dan Cu Pada Air, Sedimen, Lamun dan Mangrove Di Perairan Bontang. Tesis Universitas Mulawarman, Samarinda.
- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam Di Wilayah Pesisir Tropis. Gramedia. Jakarta 245 hal.
- Supriharyono. 2002. Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Tetelepta, C.H.A. 1990. Hubungan Antara Kandungan Logam Berat Zn, Pb, d dan Hg dalam habitat serta jaringan tubuh terhadap kemungkinan terjadinya anomali ova kerang darah (*Anadara Granosa Linneaus*) di Muara Mati dan Muara Mauk. Thesis. Fakultas

- Pasca Sarjana Institute Pertanian Bogor, Bogor. 93 hal.
- Pollution. London Academic Press. London.
- Thayer, G.W., S.M.Adams and M.W. Lacroix 1975. Structural and functional aspects of recently establilized *Zostera marina* community: *dalam*: Azkab,M.H. 1999. Pedoman Invetarisasi Lamun. *Oseana* 1: 1-16.
- Wardoyo,S.T.H, 1975. Pengelolaan Kualitas Air. Proyek Peningkatan Mutu Perguruan Tinggi IPB, Bogor.
- Waldichuk,M. 1974. Some Biological Concerns in Heavy Metals

