



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
PROGRAM PASCASARJANA

Jalan Padang Selasa 524, Bukit Besar Palembang 30139
Telepon (0711) 352132, 354222 Faksimili (0711) 317202, 320310
Homepage: www.pps.unsri.ac.id Email: ppsunsri@mail.pps.unsri.ac.id

DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA
Nomor : 233 /UN9.2/DT/2013

tentang

SUSUNAN TIM SIDANG UJIAN TERBUKA PROMOSI GELAR DOKTOR
MAHASISWA PROGRAM DOKTOR (S3) ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA
A.N. LILIS SURYANI TANGGAL 16 SEPTEMBER 2013

DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA

- Memperhatikan : Surat Ketua Program Doktor (S3) Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya nomor 173/UN9.2.2/KM/2013 tanggal 6 September 2013 tentang usulan pelaksanaan ujian terbuka mahasiswa Program Doktor (S3) Ilmu Lingkungan PPs Unsri a.n. Lilis Suryani
- Menimbang : a. Bahwa mahasiswa Pendidikan Doktor (S3) Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya yang akan menyelesaikan studinya harus menempuh ujian terbuka promosi gelar doktor;
b. Bahwa untuk ujian tersebut perlu ditetapkan dan diangkat tim penguji ujian terbuka promosi gelar doktor mahasiswa Program Pendidikan Doktor (S3) Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya;
c. Bahwa sehubungan dengan butir a dan b di atas perlu diterbitkan keputusan sebagai pedoman dan landasan hukumnya.
- Mengingat : 1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
3. Peraturan Pemerintah RI Nomor 66 Tahun 2010, tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 17 Tahun 2010 tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan;
4. Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 232/U/2000 tentang Pedoman Penyusunan Kurikulum Pendidikan Tinggi dan Penilaian Hasil Belajar Mahasiswa;
5. Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Nomor 17 Tahun 2013 tentang Jabatan Fungsional Dosen dan Angka Kreditnya;
6. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2012 tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia;
7. Surat Dirjen Dikti Nomor 720/D/T/2007 tentang Ijin Penyelenggaraan Program Studi Ilmu Lingkungan (S3) pada Universitas Sriwijaya;
8. Keputusan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 257/MPN.A4/KP/2011, tentang Pengangkatan Rektor Universitas Sriwijaya Periode Tahun 2011-2015;
9. Keputusan Rektor Unsri Nomor 0110/UN9/KP/2012, tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya Masa Tugas 2012—2016.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan : KEPUTUSAN DIREKTUR PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA TENTANG SUSUNAN TIM SIDANG UJIAN TERBUKA PROMOSI GELAR DOKTOR MAHASISWA PROGRAM DOKTOR (S3) ILMU LINGKUNGAN PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA A.N. LILIS SURYANI TANGGAL 16 SEPTEMBER 2013;
- Pertama : Membentuk susunan tim sidang ujian terbuka promosi gelar Doktor mahasiswa Program Doktor (S3) Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya atas nama Lilis Suryani;
- Kedua : Segala biaya yang timbul sebagai akibat dari diterbitkannya Surat Keputusan ini dibebankan pada anggaran yang tersedia pada Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya;
- Ketiga : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan, dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan/atau diperbaiki sebagaimana mestinya apabila terdapat kekeliruan dalam keputusan ini.

Ditetapkan di : Palembang
pada Tanggal : 11 September 2013
Direktur,

Prof. Dr. Hilda Zulkifli, M.Si., DEA.
NIP. 19530414 197903 2 001

- Tembusan :
1. Rektor (sebagai laporan)
 2. Asdir 1 & Asdir 2
 3. Ketua Program Doktor (S3) Ilmu Lingkungan
 4. Dosen Penguji
 5. Yang bersangkutan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
PROGRAM PASCASARJANA

Jalan Padang Selasa 524, Bukit Besar Palembang 30139
Telepon (0711) 352132, 354222 Faksimili (0711) 317202, 320310
Homepage: www.pps.unsri.ac.id Email: ppsunsri@mail.pps.unsri.ac.id

Lampiran: Keputusan Direktur Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya
Nomor : 233 /UN9.2/DT/2013
Tanggal : 11 September 2013

SUSUNAN TIM SIDANG UJIAN TERBUKA PROMOSI GELAR DOKTOR
MAHASISWA PROGRAM DOKTOR (S3) ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA
A.N. LILIS SURYANI TANGGAL 16 SEPTEMBER 2013

I. SIDANG UJIAN TERBUKA

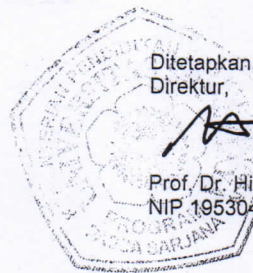
Penanggung Jawab : Prof. Dr. Badia Perizade, MBA. (Rektor)
Wakil Penanggung Jawab : Prof. Dr. Hilda Zulkifli, M.Si., DEA. (Direktur)
Koordinator : Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S. (KPS)

II. PENGUJI

Promotor : Dr. Ir. M. Faizal, DEA.
Co-Promotor : 1. Dr. -phil. Dipl. -Ing. Agr. Ir. Arinafril
2. Dr. Moh. Rasyid Ridho, M.Si.
Anggota Penguji : 1. Prof. Dr. dr. HMT. Kamaluddin, M.Sc., SpFK.
2. Dr. Salni, M.Si.
3. Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng.
4. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.

III. PENGUJI TAMU

Prof. Dr. Sri Juari Santosa (Universitas Gadjah Mada)



Ditetapkan di : Palembang
Direktur,

Prof. Dr. Hilda Zulkifli, M.Si., DEA.
NIP. 19530414 197903 2 001

Tembusan :

1. Rektor (sebagai laporan)
2. Asdir 1 & Asdir 2
3. Ketua Program Doktor (S3) Ilmu Lingkungan
4. Dosen Penguji
5. Yang bersangkutan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
PROGRAM PASCASARJANA

Jalan Padang Selasa 524 Bukit Besar Palembang 30139
Telepon (0711) 352132, 354222 Faksimili (0711) 317202, 320310
Homepage: www.pps.unsri.ac.id Email: ppsunsri@mail.pps.unsri.ac.id

Nomor : 823 /UN9.2/KM/2013
Lampiran : 1 (satu) berkas
Perihal : Undangan Ujian Akhir Disertasi (Terbuka)
Program Studi Doktor (S3) Ilmu Lingkungan PPs Unsri

Kepada Yth : Tim Penguji Ujian Akhir Disertasi (Terbuka)

1. Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA
2. Dr.-phil. Dipl.-Ing.Agr. Ir. Arinafril
3. Dr. Moh. Rasyid Ridho, M.Si.
4. Prof. Dr. dr. H.M.T. Kamaluddin, M.Sc,Sp.FK.
5. Prof. Dr. Sri Juari Santosa (UGM)
6. Dr. Salni, M.Si.
7. Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M. Eng.
8. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.

di

Tempat

Mohon dengan hormat kesediaan Bapak untuk hadir menjadi penguji pada Ujian Akhir Disertasi (Terbuka) mahasiswa Program Doktor Bidang Ilmu Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya:

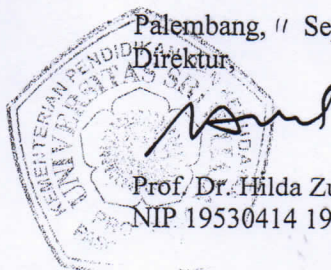
Hari/Tanggal : Senin/ 16 September 2013
Waktu : 09.00 WIB s.d selesai
Tempat : Gedung Doktor, PPs Unsri
Jln. Padang Selasa No. 524 Bukit Besar, Palembang 30139
Acara : Ujian Akhir Disertasi (Terbuka)
Promovendus : Lilis Suryani
NIM : 20093602006
Bidang Ilmu : Lahan Basah
Judul Disertasi : Toksisitas Polutan Merkuri terhadap Perubahan Histokimia dan Histopatologis Organ Insang (Gill), Hati (Hepar), Ginjal (Renal) dan Otot (Muscle) pada Ikan Gabus (*Channa Strata*), Lele (*Clarias batrachas*), Mas (*Cyprinus carpio L*), Nila (*Oreochromis niloticus*), dan Patin (*Pangasius hypoptalmus*)
Promotor : Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA
Co-Promotor : 1. Dr.-phil. Dipl.-Ing.Agr. Ir. Arinafril
2. Dr. Moh. Rasyid Ridho, M.Si.

Sebagai bahan ujian, kami sertakan berkas ujian dan draft disertasi mahasiswa yang bersangkutan.

Demikianlah, atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami ucapkan terima kasih.

Palembang, 11 September 2013

Direktur,



Prof. Dr. Hilda Zulkifli, M.Si., DEA.
NIP 19530414 197903 2 001

Tembusan:

1. Asdir I PPsUnsri (sebagai laporan)
2. Asdir II PPs Unsri (sebagai laporan)
3. KPS Program Studi Ilmu Lingkungan PPs Unsri

**TOKSISITAS POLUTAN MERKURI TERHADAP PERUBAHAN
HISTOPATOLOGIS ORGAN INSANG (GILL), HATI (LIVER), GINJAL
(KIDNEY) DAN OTOT (MUSCLE) PADA IKAN GABUS (*Channa striata* Bloch
LELE (*Clarias batrachus* L), MAS (*Cyprinus carpio* L), NILA (*Oreochromis
niloticus* L), DAN PATIN (*Pangasius hypophthalmus* Sauvage)**

DISERTASI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Doktor (Dr.)**

pada

**Program Studi Doktor (S3) Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya**

Oleh:

**LILIS SURYANI
NIM 20093602006**



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
JANUARI 2014**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Disertasi : Toksisitas Polutan Merkuri Terhadap Perubahan Histopatologis Organ Insang (*Gill*), Hati (*Liver*), Ginjal (*Kidney*) Dan Otot (*Muscle*) Pada Ikan Gabus (*Channa striata*), Lele (*Clarias batrachus*), Mas (*Cyprinus carpio*), Nila (*Oreochromis niloticus*), Dan Patin (*Pangasius hypophthalmus*).

Nama Mahasiswa : Lilis Suryani

NIM : 2009 360 2006

Program Studi : Ilmu Lingkungan

Bidang Kajian Utama : Lahan Basah

Menyetujui,

Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA
Promotor

()

Dr.-phil. Dipl.-Ing.agr. Ir. Arinafril
Co-Promotor I

()

Dr. Ir. Moh. Rasyid Ridho, M.Si.
Co-Promotor II

()

Ketua Program Studi S3
Ilmu-Ilmu Lingkungan,

()

Prof. Dr. Eddy Ibrahim, M.S
NIP 19621122 199102 1 001



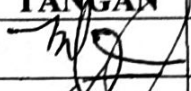



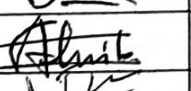
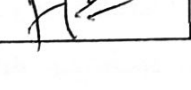


Direktur Pascasarjana
Universitas Sriwijaya

()

Prof. Dr. Hilda Zulkifli, M.Si., DEA.
NIP 19530414 197903 2 001

20 Januari 2014

PERSETUJUAN KOMISI PENGUJI

NO	DOSEN PENGUJI	JABATAN	TANDA TANGAN	TANGGAL
1.	Dr. Ir. M. Faizal, DEA	Promotor		2/10-13
2.	Dr. -phil. Ir. Arinafril	Co Promotor		20/11-2014
3.	Dr. Ir. Moh. Rasyid Ridho, M.Si	Co Promotor		2/10-13
4.	Prof. Dr. Sri Juari Santosa	Penguji Tamu		2/10-13
5.	Prof. Dr. dr. H.M.T. Kamaluddin, M.Sc.Sp.FK	Penguji		10/9-13
6.	Dr. Ir. M. Hatta Dahlan, M.Eng	Penguji		24/9-13
7.	Dr. Salni, M.Si	Penguji		29/10-13
8.	Hermansyah. S.Si. M.Si. Ph.D	Penguji		24/9-2013

Menerangkan :

Nama : Lilis Suryani

N I M : 20093602006

Judul Disertasi : Toksisitas Polutan Merkuri Terhadap Perubahan Histopatologis Insang (*Gill*), Hati (*Liver*), Ginjal (*Kidney*) dan Otot (*Muscle*), Gabus (*Channa striata*), Lele (*Clarias batrachus*), Mas (*cyprinus carpio L*), Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Patin (*Pangasius hypophthalmus*)

Palembang, September 2013
Ketua Program Studi Ilmu Lingkungan,



Prof. Dr. Ir. Eddy Ibrahim, M.S.
NIP. 196211221991021001

ABSTRACT

The existence of pollution in aquatic ecosystems will harm the source of life, living conditions, and the production process. One of the dangerous contaminants of the waters is mercury. Mercury is a potent toxin to aquatic biota such as fish. In this study, trials of mercury contamination are conducted on five kinds of fish, namely snakehead fish, pangasius fish, tilapia fish, goldfish and catfish. The objectives of this research are (1) to study the effect of the absorption of a certain magnitude of mercury on the organs of gills, liver, kidney, and muscle, at various times of exposure each day up to day ten; (2) to reveal histopathological damage of the organs of gills, liver, and kidneys of the snakehead fish, pangasius fish, tilapia fish, goldfish and catfish with concentrations ranging from 0.312 to 1.247 mg/L. The results of the observations show that mercury is a very influential pollutant to the organ of gills where mucus accumulation or clumping occurs because the enzymes existing in the gills, called carbonic dehydratase, cannot function properly because the position of Zn contained in this enzyme has been replaced of the mercury. Consequently, it will disturb the respiratory system of the fish. In addition, lamella degradation, namely an inflammatory process, also occurs in the gills. The highest absorption of mercury in the organ of gills occurs in pangasius fish at 0.0549 mg Hg/g of gills, while the lowest occurs in tilapia at 0.0054 mg Hg/g of gills. In the kidneys of the fish occurs bleeding, necrosis, stromal edematic, and hyperplasia. The highest absorption of mercury in the kidneys occurs in pangasius fish at 0.0541 mg Hg/g of kidney, while the lowest occurs in tilapia at 0.0015 mg Hg/g kidney. The damage to the kidneys occurs in tilapia and pangasius, by 80 % respectively, and in catfish and snakehead fish by 100% respectively. The highest uptake of mercury in the liver occurs in goldfish at 0.0596 mg Hg/g of liver, whereas the lowest occurs in tilapia at 0.0134 mg Hg/g of liver. The cell structure in the organ of liver experiences destruction and the cells undergo 80% changes in the liver of snakehead and tilapia fish respectively. Whereas in the goldfish occurs pyknotic nuclei, stromal edematic, and necrosis. In the liver of catfish occurs fatty degeneration, necrosis, lysis and hypertrophy. And in the liver of the pangasius fish occurs stromal edematic and necrosis, and each of which experiences 100% damage.

Keywords: *mercury, snakehead fish, pangasius fish, tilapia fish, goldfish, catfish, gills, liver, kidneys*

ABSTRAK

Pencemaran pada ekosistem perairan dapat menimbulkan kerugian pada sumber kehidupan, kondisi kehidupan dan pada proses produksi. Salah satu bahan pencemar perairan yang berbahaya adalah logam berat merkuri. Merkuri bersifat toksin kuat terhadap biota air seperti ikan. Pada penelitian ini dilakukan uji kontaminasi logam merkuri terhadap lima jenis ikan yaitu ikan mas, lele, gabus, patin dan nila. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mempelajari pengaruh besarnya penyerapan polutan Hg pada organ insang, hati, ginjal dan otot, pada berbagai waktu paparan setiap hari sampai hari ke sepuluh; (2) mengetahui kerusakan histopatologis pada organ insang, hati dan ginjal ikan gabus, patin, nila, mas dan lele dengan konsentrasi merkuri berkisar antara 0,312 sampai 1,247mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa merkuri sangat berpengaruh pada organ insang karena menyebabkan penumpukan atau penggumpalan lendir. Enzim yang terdapat pada insang yaitu karbonik anhidrase tidak bisa berfungsi dengan baik karena unsur Zn yang terdapat dalam enzim tersebut sudah diganti kedudukannya dengan unsur Hg. Akibatnya akan mengganggu sistem pernapasan pada ikan, pada insang juga terjadi degredasi lamela yaitu suatu proses peradangan pada insang. Penyerapan merkuri pada organ insang tertinggi terjadi pada ikan patin sebesar 0,0549 mg Hg/g insang, sedangkan yang paling rendah terjadi pada ikan nila, sebesar 0,0054 mg Hg/g insang. Pada organ ginjal ikan terjadi pendarahan, nekrosis, stroma edematik dan hiperplasia. Penyerapan merkuri pada organ ginjal tertinggi terjadi pada ikan patin sebesar 0,0541 mg Hg/g ginjal, sedangkan yang paling rendah terjadi pada ikan nila, sebesar 0,0015 mg Hg/g ginjal. Kerusakan pada ginjal terjadi pada ikan nila dan patin masing-masing sebesar 80%, sedangkan pada ikan lele dan gabus masing-masing mencapai 100%. Penyerapan merkuri pada organ hati tertinggi terjadi pada ikan mas sebesar 0,0596 mg Hg/g hati, sedangkan yang paling rendah terjadi pada ikan nila, sebesar 0,0134 mg Hg/g hati. Pada organ hati ikan gabus dan nila, struktur sel hancur dan mengalami perubahan masing-masing sebesar 80%. Pada hati ikan mas terjadi inti piknotik, stroma edematik dan nekrosis sedangkan pada hati ikan lele terjadi degenerasi lemak, nekrosis, lisis dan hipertrofi dan pada hati ikan patin terjadi stroma edematik dan nekrosis masing-masing mencapai kerusakan sebesar 100%.

Kata Kunci: mercury, ikan mas, lele, gabus, patin, nila, insang, hati, ginjal

KATA PENGANTAR

Penulis bersyukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena dengan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Disertasi berjudul "Toksistas Polutan Merkuri terhadap Perubahan Histopatologis Organ Insang (*Gill*), Hati (*Liver*), Ginjal (*Kidney*) dan otot (*Muscle*) pada Ikan Gabus (*Channa striata*), Lele (*Clarias batrachas*), Mas (*Cyprinus carpio L*), Nila (*Oreochromis niloticus*), dan Patin (*Pangasius hypophthalmus*)".

Disertasi ini disusun untuk melengkapi persyaratan guna memperoleh gelar Doktor pada Program Studi Ilmu Lingkungan Pascasarjana Universitas Sriwijaya. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi dunia ilmu pengetahuan khususnya bidang Pendidikan. Penelitian dan penulisan disertasi ini dapat diselesaikan berkat bantuan semua pihak, dari proses awal perkuliahan sampai selesainya tahap akhir disertasi. Oleh karenanya secara khusus penulis ingin menyampaikan ucapan dan penghargaan kepada Dr. M. Faizal, DEA, sebagai Promotor dan Dr.-Phil. Dipl.-Ing. Ir. Arinafril, serta Dr. Ir. Moh. Rasyid Ridho, M.Si. sebagai Ko-Promotor yang telah memberikan saran, bimbingan serta petunjuk ilmiah dalam penulisan proposal, penelitian lapangan dan penyusunan hasil penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terimakasih dan penghargaan yang setulusnya kepada:

1. Rektor Universitas Sriwijaya, Direktur Pascasarjana, Ketua Program Studi S3 Ilmu Lingkungan, dosen pengajar serta karyawan Program Studi S3 Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya atas bantuan dan perhatiannya.

2. Dosen-dosen penguji selama ujian kandidasi, seminar proposal, seminar kemajuan, seminar hasil, ujian tertutup dan ujian terbuka yaitu Prof. Dr. Ir. Robiyanto H. Susanto, M.Agr. Sc., Prof. Dr. dr.H. M.T. Kamaluddin, M.Sc.Sp.FK, Prof. Zulkifli Dahlan, M.Si, Prof. Dedik Budianta, Dr. Marsi, Dr. Ir. Hatta Dahlan, Dr. Hermansyahyang telah memberikan arahan dan saran-saran dalam penyempurnaan penulisan disertasi.
3. Dosen penguji tamu Bapak Prof. Sri Juari Santosa, dari Fakultas MIPA Kimia Universitas Gajah Mada Yogyakarta atas kesediaan meluangkan waktu untuk hadir pada ujian terbuka dan sidang promosi gelar doktor.
4. Kepala Pusdiklat Kementerian Agama Jakarta dan Kepala Balai Diklat Keagamaan Palembang atas kesempatan untuk mendapatkan bantuan pendidikan Doktor dari Kementerian Agama Republik Indonesia.
5. Suami dan anak-anak, serta saudara-saudaraku atas dorongan dan pengertiannya selama menempuh studi.
6. Rekan-rekan kuliah, khususnya angkatan 2009 yang telah memberikan dukungan moril, selama menempuh pendidikan doktor.

Akhirnya, kritik dan saran untuk penyempurnaan penulisan disertasi ini penulis harapkan, semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi ilmu pengetahuan, khususnya bagi bidang pendidikan dan pengembangan Ilmu Lingkungan. Amin.

Palembang, Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
SUMMARY	vii
RINGKASAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
DAFTAR SINGKATAN DAN ISTILAH	xxiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	6
C. Hipotesis Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
E. Kerangka Penelitian	8
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	9

A. Kualitas Ekosistem Perairan	9
B. Dampak Polutan terhadap Biota Air	12
1. Efek Fisik	12
2. Efek Oksidasi	13
3. Efek Zat Kimia Toksik	13
4. Efek Pupuk Kimia	14
5. Efek Patogonik	14
6. Efek Radionuktida	14
C. Merkuri	15
D. Toksisitas Merkuri	16
1. Toksisitas Merkuri pada Ikan	16
2. Toksisitas Merkuri pada Manusia	20
E. Tingkat Toksisitas Merkuri	29
F. Mekanisme Akumulasi Merkuri pada Organ Ikan	33
1. Akumulasi Merkuri pada organ Ikan	33
2. Faktor-faktor yang Berpengaruh dalam Proses Akumulasi Logam	39
G. Sitokrom P450 GST dan Mekanisme Pertahanan Tubuh	40
1. Sitokrom P450	40
2. Glutation S-Transferase	41
3. Peran Sitokrom P450 dan GST dalam Metabolisme Xenobiotik	43
H. Ikan Air Tawar Sebagai Hewan Uji	46
1. Ikan Gabus	48
2. Ikan Patin	49

3. Ikan Lele	50
4. Ikan Mas	51
5. Ikan Nila	52
I. Toksikinetik	54
1. Absorpsi	56
2. Distribusi	57
3. Metabolisme Merkuri	58
4. Eksresi	59
BAB III. METODE PENELITIAN	60
A. Tempat dan Waktu Penelitian	60
B. Alat dan Bahan	60
C. Prosedur Penelitian	61
1. Prosedur Pembiakan Preparat Histopatologi.....	62
2. Proses Pewarnaan	63
D. Pengukuran Konsentrasi Hg Menggunakan AAS.....	64
E. Metode Analisis.....	66
1. Analisis Regresi Linier Sederhana.....	66
2. Uji Koefisien Regresi (Uji F).....	66
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	68
A. Penyerapan Hg pada OtotIkan	68
1. Ikan Gabus (<i>Channa striata</i>)	71
2. Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	74
3. Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	76

4. Ikan Patin (<i>Pangasius hypophthalmus</i>)	77
5. Ikan Lele (<i>Clarias batrachus</i>)	79
B. Penyerapan Merkuri pada insang Ikan.....	81
C. Penyerapan Merkuri pada Hati Ikan.....	85
D. Penyerapan Merkuri pada Ginjal Ikan.....	87
E. Kadar Merkuri Meningkat Mengikuti Lamanya Waktu Pemaparan	93
F. Perubahan Histopatologi	96
1. Ginjal (<i>Renal</i>) Ikan Mas.....	98
2. Ginjal (<i>Renal</i>) Ikan Nila	102
3. Ginjal (<i>Renal</i>) Ikan Lele.....	105
4. Ginjal (<i>Renal</i>) Ikan Patin	108
5. Ginjal (<i>Renal</i>) Ikan Gabus.....	111
6. Hati (<i>Hepar</i>) Ikan Mas.....	114
7. Hati (<i>Hepar</i>) Ikan Gabus.....	117
8. Hati (<i>Hepar</i>) Ikan Nila.....	119
9. Hati (<i>Hepar</i>) Ikan Lele.....	122
10. Hati (<i>Hepar</i>) Ikan Mas Patin	124
11. Insang Ikan Gabus.....	126
12. Insang Ikan Nila.....	128
13. Insang Ikan Mas.....	134
14. Insang Ikan Patin.....	136
15. Insang Ikan Lele.....	139
G. Sebaran Merkuri dalam Hati Ikan.....	143

H. Sebaran Merkuri dalam Ginjal Ikan	146
I. Sebaran Merkuri dalam Insang Ikan	149
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	154
A. Kesimpulan	154
B. Saran	155
DAFTAR PUSTAKA	156
LAMPIRAN	167

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran merupakan perubahan fisik, kimia dan biologi yang tidak dikehendaki pada ekosistem perairan yang akan menimbulkan kerugian pada sumber kehidupan, kondisi kehidupan dan pada proses produksi. Bahan pencemar (Polutan) bisa berupa gas, bahan-bahan terlarut dan partikulat. Salah satu bahan pencemar yang memberikan dampak negatif bagi kehidupan mikroorganisme dan ekosistem adalah Merkuri (Hg) (Odum, 1971; Arinafril and Müller, 1996).

Pencemaran logam berat merkuri (Hg) pada tanah dan air sangat membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia. Senyawa merkuri dalam bentuk Hg (II) dapat terikat pada sistein protein atau enzim yang terdapat dalam tubuh manusia dan binatang sehingga protein atau enzim akan kehilangan aktivitasnya. Senyawa merkuri yang paling berbahaya bagi kesehatan manusia adalah senyawa organo merkuri, khususnya metil merkuri $\text{Hg}(\text{CH}_3)_2$ dan fenil merkuri $\text{Hg}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$. Saluran pencernaan manusia dapat menyerap sekitar 95% senyawa metil merkuri (Rugh *et al.*, 2000), senyawa ini juga dapat menyerang syaraf manusia melalui peredaran darah. Senyawa metil merkuri mengalami biomagnifikasi melalui jaringan makanan (Bizily *et al.*, 2000).

Pencemaran merkuri yang sangat fatal terjadi di Jepang yang dikenal sebagai kasus Minamata, akibat limbah industri yang mengandung merkuri dibuang di perairan teluk Minamata (Parvaneh, 1979). Tahun 1960-an kasus terbesar terjadi di Irak lebih dari 6.500 orang, dibawa ke rumah sakit karena keracunan metil merkuri dan lebih dari

450 orang penderita meninggal dunia. Wabah tersebut terjadi karena penduduk mengkonsumsi roti produksi rumah tangga, padahal bahan baku roti tersebut berasal dari gandum yang diawetkan dengan fungisida yang mengandung metil merkuri (Palar, 2008).

Di Indonesia di perairan Teluk Buyat Provinsi Sulawesi Utara akibat tempat pembuangan *tailing* (limbah hasil tambang emas) oleh PT. Newmont Minahasa Raya (PT NMR). Efek dari aktivitas tersebut diduga bukan hanya terjadi pada teluk itu sendiri tetapi pada daerah sekitarnya (Teluk Totok dan Kotabunan). Pencemaran merkuri di perairan juga pernah terjadi di sungai Tiku Kabupaten Musirawas pada tahun 1996 akibat eksplorasi penambangan emas dan perak di bukit Tambang Karang Jaya maka banyak ikan yang mati. Masyarakat yang mandi di sungai tersebut gatal-gatal dan timbul koreng yang sulit disembuhkan. Hasil penelitian Swetra (2013), menunjukkan sungai Rupit Kabupaten Musirawas tersebut sudah tercemar logam berat merkuri (Hg) dengan kandungan merkuri diatas 0,002 mg/L.

Portmann (1976) mengatakan bahwa beberapa sumber polutan yang menyebabkan penimbunan merkuri di lingkungan laut adalah industri penambangan logam, industri biji besi, termasuk *metal plating*, industri yang memproduksi bahan kimia, baik organik maupun anorganik, dan *offshore dumping* sampah domestik, lumpur dan lain-lain. Merkuri telah digunakan untuk menambang emas selama bertahun-tahun karena harganya murah, mudah digunakan dan relatif efisien. Demikian luasnya pemakaian merkuri mengakibatkan semakin mudah pula organisme mengalami keracunan merkuri. Sumber pencemaran merkuri juga dapat disebabkan oleh proses geologi dan biologi. Senyawa merkuri yang terdapat pada batu dan tanah dikikis oleh hujan dan angin.

Meskipun demikian, hal itu tidak sebanding jumlahnya bila dibandingkan dengan pencemaran merkuri yang disebabkan oleh aktivitas manusia.

Merkuri masuk kedalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan, yaitu saluran pernapasan, pencernaan dan penetrasi melalui kulit. Merkuri dalam tubuh organisme air tidak dapat dicerna dan dapat larut dalam lemak, mampu melakukan penetrasi pada membran sel, sehingga akhirnya ion-ion logam merkuri menumpuk (terakumulasi) di dalam sel dan organ lain. Akumulasi tertinggi biasanya dalam organ detoksifikasi (hati) dan organ ekskresi (ginjal) (Palar, 2008).

Randall (1970) menyatakan bahwa salah satu jenis hewan yang direkomendasikan oleh EPA (*Environmental Protection Agency*) sebagai hewan uji adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*), karena ikan tersebut memenuhi persyaratan yaitu penyebaran cukup luas, banyak dibudidayakan, mempunyai kemampuan yang tinggi dalam mentolerir lingkungan yang buruk dan mudah dipelihara di laboratorium. Ikan pada umumnya mempunyai kemampuan menghindarkan diri dari pengaruh pencemaran air, namun demikian pada ikan yang hidup dalam habitat yang terbatas (seperti sungai, danau, dan teluk).

Ikan dalam kondisi normal berinteraksi dengan lingkungan, dalam interaksi ini semua sistem tubuh (pencernaan, osmoregulasi, respirasi, reproduksi dan metabolisme) bekerja, apabila kondisi perairan tempat ikan hidup mengalami perubahan karena polutan (dalam hal ini logam berat) yang masuk secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama, akan menyebabkan perubahan pada sistem imun, struktur organ atau jaringan pada ikan (uji histopatologi). Hal ini terjadi karena darah berfungsi mengalirkan semua zat yang dibutuhkan oleh tubuh seperti zat-zat makanan, hormon

dan nutrient keseluruhan tubuh. Terjadinya proses akumulasi merkuri di dalam tubuh hewan air dikarenakan kecepatan pengambilan merkuri (*up take rate*) oleh organisme air lebih cepat dibandingkan dengan proses ekskresi (Sanusi, 1980). Widodo (1980) mengatakan bahwa akumulasi merkuri dalam tubuh biota laut juga terpusat pada organ tubuh yang berfungsi untuk reproduksi, sehingga akan berpengaruh terhadap perkembangan kehidupan biota laut terutama di dalam mengembangkan keturunannya.

Histopatologi menggambarkan perubahan sel, jaringan bahkan organ tubuh ikan baik karena gangguan penyakit maupun karena adanya gangguan polutan dalam media hidupnya, sehingga tepat apabila pendekatan biologi tersebut dijadikan acuan untuk melihat kesehatan lingkungan. Analisa histopatologi dapat digunakan sebagai biomarker untuk mengetahui kesehatan ikan melalui perubahan struktur yang terjadi pada organ-organ yang menjadi sasaran utama seperti insang, ginjal, hati dan lain-lain (Setyowati dkk, 2012).

Pada penelitian ini dilakukan analisis kerusakan jaringan organ insang, hati dan ginjal tubuh ikan mas, nila, lele, gabus dan patin serta besarnya kandungan merkuri pada organ insang, hati dan ginjal kelima jenis ikan air tawar selama sepuluh hari. Kelima jenis ikan tersebut merupakan ikan yang banyak dibudidayakan dan dikonsumsi masyarakat Indonesia.

Secara taksonomi ikan mas tergolong dalam genus *Cyprinus*. Sentra budidaya ikan mas ada di provinsi Jawa Barat, Sumatera Barat dan Sumatera Utara. Ketiga provinsi tersebut merupakan penghasil utama ikan mas di Indonesia sedangkan untuk daerah Sumatera Selatan kebutuhan komoditi ikan mas sebanyak 27.185.87 ton (Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Sumatera Selatan, 2010). Ikan nila dapat juga

dibudidaya di perairan air payau. Sentra budidaya ikan nila terdapat di provinsi Jawa Barat, Sumatera Barat, Sumatera Utara, Kalimantan Selatan dan Jawa Tengah. Untuk daerah Sumatera Selatan, kebutuhan komoditi ikan nila sebesar 34,804.18 ton. Ikan yang termasuk dalam marga *Clarias* ini, mudah untuk dibudidayakan dan dipelihara dengan padat tebar yang tinggi (Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Sumatera Selatan, 2010).

Ikan lele dalam bahasa Inggris disebut *catfish* tergolong ikan yang lincah dan kuat. Ikan lele dibudidayakan untuk dikonsumsi dan terkadang untuk menjaga kualitas air yang sudah tercemar. Sentra budidaya ikan lele terdapat di Pulau Jawa atau tepatnya di Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur dan Jawa Tengah juga terdapat di Sumatera Selatan dengan kebutuhan komoditi sebesar 28.435.96 ton (Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Sumatera Selatan, 2010).

Ikan patin saat ini dapat dibudidayakan di wadah kolam, karamba atau pun jaring apung. Ikan patin di Jambi dibudidayakan dengan baik di dalam kolam dan jaring apung yang tersebar di sepanjang Sungai Batang Hari, tidak semua daerah di Indonesia mengembangkan budidaya ikan patin, padahal pemeliharaan ikan ini tidaklah rumit, karena termasuk golongan ikan pemakan segalanya. Sentra budidaya ikan patin terletak di Provinsi Jawa Barat, Sumatera Selatan dan Jambi, di Sumatera Selatan sebesar 48,336.34 ton (Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Sumatera Selatan, 2010).

Ikan gabus merupakan ikan yang hidup di perairan tawar. Ikan ini di Kalimantan dikenal dengan nama ikan *haruan*. Daerah Kalimantan yang dikenal berawa-rawa merupakan tempat hidup yang cocok untuk ikan ini. Oleh karena itu, tidak mengherankan jika yang pertama kali membudidayakannya adalah provinsi yang ada di

Kalimantan. Sentra budidaya ikan gabus teletak di Provinsi Kalimantan Timur dan Kalimantan Selatan. Komoditi ikan gabus di Sumatera-Selatan sebesar 19.382.59 ton (Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Sumatera Selatan, 2010).

Penelitian Suryani (2010) pengaruh garam merkuro nitrat sebagai terhadap kehidupan biota air bersifat langsung maupun tidak langsung. Konsentrasi yang dapat membahayakan kehidupan ikan air tawar yaitu pada ikan mas 1,247 ppm, ikan patin 1,135 ppm, ikan gabus 0,645 ppm, ikan lele 0,996 ppm dan ikan nila 0,312 ppm. Kondisi konsentrasi yang berbahaya bagi kelangsungan hidup ikan ini sudah diketahui, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk melihat bagaimana perubahan histopatologis pada ke lima jenis ikan air tawar.

B. Tujuan Penelitian :

1. Menganalisis besarnya penyerapan merkuri pada organ insang, hati, ginjal dan otot pada ikan air tawar.
2. Menganalisis kerusakan histopatologis organ insang, hati dan ginjal pada kelima jenis ikan air tawar yaitu ikan mas, ikan patin, ikan lele, ikan nila dan ikan gabus.

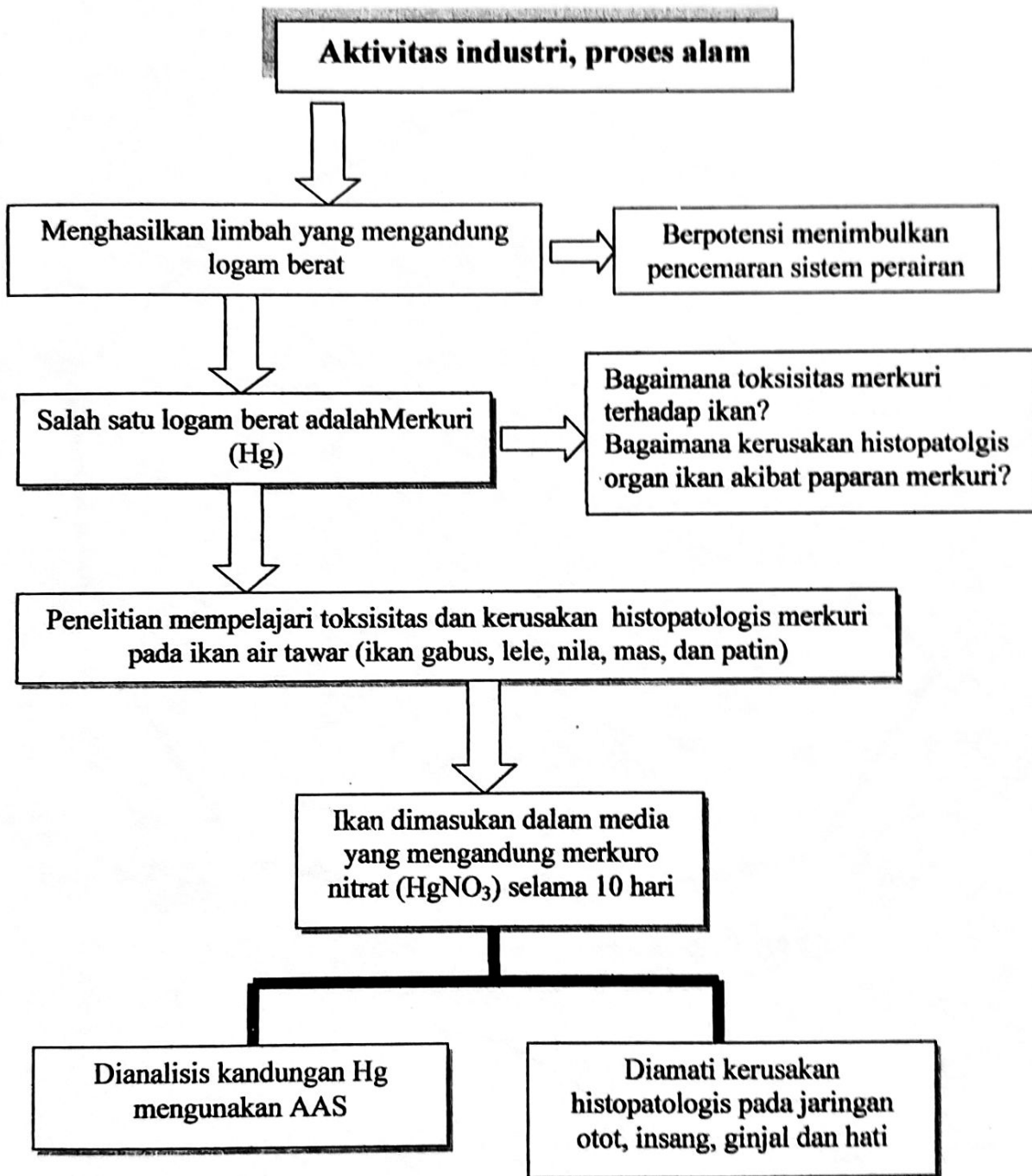
C. Hipotesis Penelitian

Konsentrasi merkuri berupa garam merkuro nitrat (HgNO_3) yang terkandung dalam larutan dapat menyebabkan perubahan histopatologi organ insang, hati dan ginjal pada ke 5 spesies ikan air tawar yaitu ikan gabus, lele, mas, nila dan patin serta dapat menyebabkan kematian pada ikan.

D. Manfaat penelitian

1. Memberi informasi tentang dampak merkuri khususnya merkuro nitrat terhadap kerusakan jaringan pada ikan air tawar
2. Mengetahui besarnya penyerapan merkuri pada masing-masing organ ikan air tawar.

E. Kerangka Penelitian



Gambar 1. Kerangka Penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, H.S. 2002. *Tingkat Akumulasi Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn, dan Ni pada Karang Hijau (Perna viridis) Ukuran < 5 cm di Perairan Kamal Muara Teluk Jakarta*. Thesis. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor.
- Alfian, Z. 1987. *Pengembangan Kaidah Analisis Bagi Unsur Surihan Cadmium, Plumbun, Bismut, Arsenik dan Raksa dengan Menggunakan Spektrofometer Serapan Atom*. Tesis, M.Sc., UKM Bangi. Malaysia.
- Alifia, F dan Djawad, M.I. 2003. Kondisi Histopatologi Insang dan Organ dalam Juvenil Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forskall) yang Tercemar Logam Timbal (Pb). *J Sains & Teknologi* 3:15-20.
- Annabi, A., Khaled, S and Imed, M. 2013. Cadmium: Bioaccumulation, Hispathology and Detoxifying mechanism in Fish. *American Journal of Research Communication* 1(4):60-79
- Amin, Z.L., Elhassani, S., Majeed, M.A., Clarkson, T.W., Doherty, R.A and Greenwood M. 1974. Intra-Uterine Methylmercury Poisoning in Iraq. *Pediatrics* 54(5):587-595.
- Amnan, M. 1994. *Evaluasi Kandungan Logam Berat Hg dan Pb pada Kerang Polymesoda sp Pada Ekosistim Sungai di Kawasan Industri*. Tesis. Program Pasca Sarjana UI, Jakarta.
- Anderson, P.D., and S.D. Apollonia. 1994. *Aquatic Animal*. Department of Biological Sciencies. Ottawa. Canada.
- Anwar, M.S., dan H. Saaludian. 1990. Studi Lingkungan Perairan, Air Sungai di Kecamatan Gambut dan Kertak Hanyur Kalimantan Selatan. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan* 10(3):183-189.
- Arifin. H., Widianingsih dan N. Marusin. 2007. Pengaruh Pemberian Ekstrak Etanol Daub Capo (*Blumea balsamifera* (L) terhadap Gambaran Morfologis dan Histopatologis Hati Mencit Putih Jantan. *Jurnal Saint Teknologi Farmasi* 12(2):82-88.
- Arinafril and P. Muller. 1996. Zur Bestimmung der Konzentration von Metallen aus Musi Fluss, Palembang, Indonesia. *Reson.* 1(2):31-36.
- Arinardi, O.H. 1994. *Dampak Limbah Air Panas Terhadap kelimpahan dan Komposisi Zooplankton di Perairan PLTU Muara Karang Jakarta*. Seminar Pemantauan Pencemaran Laut 7-9 Februari 1994.
- Bachri, M. 1995. *Geologi Lingkungan*. Penerbit CV. Aksara. Malang.
- Bakar, A., dan Arifin, U. 1990. *Pengaruh Limbah terhadap Kualitas Air Batang Arau dan Batang Kuranji di Kodya Padang*. Laporan Penelitian. Universitas Andalas Padang.

- Bardach, J.E., J.H. Ryther and W.O. McLarney. 1972. *Aquaculture. the Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms*. John Wiley & Sons. USA.
- Baker, S.M. 2007. *Who Ignores Individuality Fails the Patient*. International Symposium of the Institute for Functional Medicine, Sag Harbor. New York.
- Bizily, S.P., Rugh, C.H., and Meagher, R.C. 2000. Phytodetoxification of Hazardous Organomercurials by Genetically Engineered. *Plants. Nat. Biotechnol.* 18:213-217.
- Bernard, S., Enayati, A., Binstock, T., Roger, H., Redwood, L., and Mc.Ginnis, W. 2000. *Autism: A Unique of Mercury Poisoning*. ARC Research Cranford, NJ 07016.
- Blackmore, G and Wang, W.X. 2004. Relationships Between Metallothioneins and Metals Accumulation in the Whelk Thais Clavigera. 2004. *Marine Ecology Prog. Ser* 277:135-145
- Boran, M and Ilhan, A. 2010. A Review of Heavy Metals in Water, Sediment and Living Organisms in the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and aquatic science* 10:565-572.
- Boyd, C.E., and Lichkoppler, F.L. 1982. *Water Quality Management in Pond Culture*. Research and Development Series No. 22 Project AID/Desangoo. Infis Manual Seri No. 36. Ditjenkan. Jakarta.
- Braz, J. 2001. Influence of Season and Pollution on the Antioxidant Defenses of the Cichlid Fish Acará (Geophagus brasiliensis). *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 34(6):719-726
- Brodie, K.C.1979. *Analysis of Arsenic, Mercury and Other Trace elements by Vapour Generation*. Intern. Lab ; July/August, 40-46.
- Budiono, A. 2003. *Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air (Influenced of Mercury Pollution on Water Biota)*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Cahyono, B. 2000. *Budidaya Ikan Air Tawar*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Chen Wei-Yu and Chung-Min Liao. 2012. Toxicokinetics/Toxicodynamics Links Bioavailability for Assessing Arsenic Uptake and Toxicity in Three Aquaculture Species. *Environ Sci Pollut Res* 10-19.
- Chamid, C., Neni, Y., dan Puti, R. 2010. *Kajian Tingkat Toksisitas Merkuri pada Rambut Masyarakat Kota Bandung, Jawa Barat*. Prosiding SNPP 107-115.
- Christian, G.D., and F.J. Feldemen. 1970. *Atomic Absorption Spectroscopy Application in Agriculture, Biology and Medicine*. New York
- Coche, A.Q.G. 1982. *Cage Culture of Tilapia*, dalam R.S.V. Pulin and R.H. Lowe Mc.Connel (Eda). *The Biology and Culture of Tilapias*. ICLARM.
- Connel, D.W. and Miller, G.J. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. Terjemahan Yanti Koestoer. Cetakan Pertama. IU Press. Jakarta

- Cowan, J.A. 1993. *Inorganic Biochemistry an Introduction*. New York. VCH Publication. New York.
- Casarett and Doull's. 2001. *Toxicology the Basic Science of Poissons*. McGraww- Hill Medical Publishing Division. New York.
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press. Jakarta.
- Darmono. 2008. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI-Press, Jakarta.
- Direktorat Jendral Perikanan. 1982. *Petunjuk Teknis Budidaya Laut*. DIT- JEN PERIKANAN. Jakarta.
- Duffus, H.J. 1980. *Environment Toxicology. Department of Brewing and Biological Science*. Hariot-Watt. University Edinburgh.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air, bagi pengelolaan Sumber daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- EIFAC. 1980. *Water Quality Criteria for European Freshwater Fish*. FAO of the United Nations. Rome.
- Eisler, R. 2006. *Cyanide Hazards to Fish, Wildlife and Invetrebates: A Synoptic Review*. Laurel, Maryland: Patuxent Wildlife Research Center.
- Ellenhorn. M.J., Schonwald. S., Ordog. G. And Wasserberger. J.E. 1997. *Medical Toxicity Diagnosis and Treatment of Human Poisoning*. Second Ed. Williams and Wilkins Baltimore. Germany.
- Evan, M., Idris, M dan Sabilu, K. 2013. Akumulasi Nikel (Ni) Dalam Darah Ikan Bandeng (*Chanos chanos* Forskal) yang Dibudidayakan di Sekitar Area Tambang *Jurnal Mina Laut Indonesia* 01(01): 84 - 92
- FAO. 1971. *Pollution an International Problem For Fisheries*. Fishery Resources Division, Rome.
- Faramobi, E.O., Adewole, O.A and Ajimoko, Y.R., 2007. Biomarkers of Oxidative Stress and Heavy Metal levels as Indicator of Environmental Pollution in African CatFish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 4(2):158-165
- Fisher, N.S. 2003. *Executive Summary "CIESM Workshop Monographs 19, CIESM Worshop Monographs Metal and Radionuclides Bioaccumulation in Marine Organism*. Monaco.
- Forstner, U and G.T.W. Wittman. 1983. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Second revised Edition. Springerverlag, Heidelberg. New York. Tokyo
- Fujaya, Y. 2004. *Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknik Perikanan*. Cetakan pertama. Rineka Putra. Jakarta.
- Geonarso, D. 1988. *Perubahan Faal Ikan sebagai Indikator Kehadiran Insektisida dan Detergen dalam Air*. Disertasi. ITB. Bandung

- Gad, S. Nahed. 2011. Oxidative Stress and Antioxidant Enzymes in *Oreochromis Niloticus* as Biomarkers of Exposure to Crude Oil Pollutant. *International Journal of Environmental Science and Engineering (IJESE)*. 1:49-58
- Gatot, W. 2010. *Merkuri, Bahayanya dan Ppengukurannya*. Divisi Jasa Teknologi Kostranda. Jakarta.
- Ginting, A.R.1999. *Perkimiaan pada Ekstraksi Emas dan Detoksifikasi Limbah*. Proceeding Penempatan Tailing di Dasar Laut. Kantor Wilayah Dep. Pertambangan dan Industri Prop. Sulawesi Utara Bekerjasama dengan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNSTRAT.
- Gerez, F. 2002. Influence of Metal Expore on Metallothionein Synthesis and Lipid Peroxidation in Two Bivalve Mollusks ; the Oyster (*Cassotrea gigas*) and the Mussel (*Mytilus edulis*) Aquatic. *Living Resource* 15:61-66
- Gonzales, F.J. 1989. The Molecular Biology of Cytochrome P450s. *Pharmacol. Rev.* 40(4): 243-288
- Guilherme, S., Preiera, M.E., M.A. Santos and M. Pachecho. 2010. Mercury Distribution in Key Tissues of Caged Fish (*Liz aurata*) along an Environmental Mercury Contaminant Gradient. *Interdisciplinary Studies on Enveronmental Chemistry-Biological Response to Contaminant* 2:165-173
- Hari, P., and Neeraja. 2012. Ambient Ammonia Stress on Certain Detoxifying Enzymes in Kidney Tissue of Fish, *Crypnus Carpio*. *International Journal of Pharma and Bio Science* 2: 23-30.
- Harjamulia. 1994. *Masalah Pencemaran Perairan dan Hubungannya dengan Konservasi Perikanan*. Jakarta.
- Hatch W.R and Ott W.L. 1968. Determination of Sub-Microgram Quantities of Mercury by Atoomic Absorption Spectrophotometry. *Anal Chem*; 40:2085- 2087.
- Heath, A.G. 1987. *Water Pollution and Fish Physiology*. CRC Press, Inc. Florida.
- Henson, K. L. Stauffer, Gregory, Evan P. 2001. Induction of Glutathione S-Transferase Activity and Protein Expression in Brown Bullhead (*Ameiurus nebulosus*) Liver by Ethoxyquin. *Toxicology Sciences* 62:54-60.
- Hinton, D.E. and D.J. Lauren. 1990. Integrative Histopathological Approaches to Detecting Effects of Environmental Stressors on Fishes. *Am. Fish. Soc. Symp* 8: 51-66.
- Huboyo, H.S dan Badrus Z. 2007. Analisis Sebaran Temperatur dan salinitas Air Limbah PLTU-PLTGU Berdasarkan Sistem Pemataan Spasial (Studi Kasus PLTu-PLTGU Tambak Lorok Semarang. *Jurnal Presipitasi* 3(2) 41-50.
- Hutagalung, H.P dan H. Razak. 1982. *Pengamatan Pendahuluan Kadar Pb dan Cd dalam Air dan Biota di Estuari Muara Angke*. Oseanologi. Indonesia.
- Husin, Y. dan Eman, K. 1991. *Metoda Teknik Analisisi Kualitas air Penelitian Lingkungan Hidup*. Lembaga Penelitian. IPB. Bogor.

- Irving, F., and Curaham. J. 1975. *Ammoniate Mercury Toxicity in Cattle*. *Can. Vet*; 260-264.
- Javed, M. R. 2007. *Kandungan Logam Berat dalam Tiga Ikan (Catla Catla, Labeo Rohita, dan Cirrhina Mrigala) dari Sungai Ravi, Pakistan*. Fisheries Research Farms, Department of Zoology & Fisheries. University of Agriculture. Faisalabad. Pakistan.
- Ji, Wong. 2012. Biochemical Responses of Freshwater Fish *Carassius auratus* to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Pesticides. *Water Science and Engineering* 5(2):145-154
- Jourmi, El.L., Abdessamd, A., Meryem, M.A., Said, L., Abdelaziz, H and Said, E.A. 2012. Assesment of Water Quality in Coastal Environment of Mohammedia Applying Responses of Biochemical Biomarkers in Brown Mussel *Perna Perna*. *International Journal of Comuter Science* 9:505-510.
- Kantor Menteri Negara Kependudukan Dan Lingkungan Hidup. 1984. Bahan Penyusunan RPP Baku Mutu Air Laut untuk Mandi dan Renang, Biota Laut, dan Budidaya Biota Laut; *Lokakarya Buku Mutu Lingkungan Laut*, Bogor, 23 – 25 Februari 1984.
- Key. Youn. Choe., Gill G.A., Lehman R.D., Han. S., Haein W.A., dan Coale K.H. 2004. Sediment Water Exchange of Total Mercury in the San Fransisco by Delta. *J Limnol Oceanogr*. 49(5):1512-1527.
- Kostowny, A.L., Hirano, T., Grau, E.G. 2008. *Developmental Changes in Na⁺, K⁺-ATPase Activity in Mozambique Tilapia (Oreochromis mossambicus) embryos and Larvae in Various Salinity*. Proceeding of 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Egypt 12-14 October 2008.
- Kurniasih. 1999. *Deskripsi Histopatologi dari Beberapa Penyakit Ikan*. Pusat Karantina Pertanian, Jakarta.
- Kusumahadi, K.S. 1998. *Konsentrasi Logam Berat Pb, Cr dan Hg dalam Badan Air dan Sedimen Serta Hubungannya dengan Keanekaragaman Plankton, Benthos dan Ikan di Sungai Ciliwung*. IPB. Bogor.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller, and D.R.M. Passino 1977. *Ichthyology*. Second edition. John Wiley and Sons, Inc., New york.
- Lasut, M.T. 2002. Methallotionin: Suatu Parameter Kunci yang Penting Dalam Penetapan Baku Mutu Air Laut Indonesia. *Ekoton* 2(1): 61-68
- Laurent, S.M., G. Springs, R.N. Sanders, and B. Rouge. 1985. *Feeding of Zeolite A to Poultry*. United States Patent.
- Larson, A, B.E. Bengston., dan O. Svaberg. 1976. *Effect of Cadmium for Hematologys and Biochemis on Fiss*. Chambridge University Press. London. New York Melbourn.
- Lewis, D.F.W., Ioannides. C., and Parke. D.V. 1998. Cytochromes P450 and Species Differences in Xenobiotic Metabolism and Activation of Carcinogen. *Enviromental Health Perspective* 106(10):633-641.

- Lu, C.F. 1995. *Toksikologi Dasar*. Terjemahan Edi Nugroho. UI Press. Jakarta
- Luoma, S. N., and Rainbow, P. 2005. Why is Metal Bioaccumulation so Variable? Biodynamics as a Unifying Concept Critical Review. *Environmental Science and Technology* 39(7):1921-1931
- Maanan, M. 2007. Biomonitoring of Heavy Metals Using *Mytilus galloprovincialis* in Safi Coastal Water. Morocco.
- Mallya, Y.J. 2007. *The Effect of Dissolved on Fish Growth in Aquaculture*. Fisheries Training Programme. Kingolwira National Fish Centre. Fisheries Division Ministry of Natural Resources and Tourism. Tanzania.
- Manan, S. 1992. *Pengelolaan Hutan Lindung yang Mendukung Pembangunan Berkelanjutan di Pulau Sumatera Rimba Indonesia XXVII* ; 3 – 4 Persatuan Peminat dan Ahli Kehutanan. Jakarta.
- Manahan, S.E. 2003. *Toxicological Chemistry and Biochemistry*. 3th Ed. Boca Raton Lewis. CRC. .
- Mansyur, 2002. *Toksikologi dan Absorpsi Agent Toksis*. USU. Medan.
- Mark, Jr.H.B. 1981. *Water Quality Measurement the Modern Analytical Techniques*. Departments of Chemistry of Cincinnati. Ohio.
- Martaningtyas. 2004. *Bahan Cemar Logam*. Cakrawala. Jakarta.
- Mason, C.F. 1980. *Biological of Fresh Water Pollution*. London. New York.
- Mc. Ewen, F.L and G.R. Stephenson. 1979. *The Use and Significance of Pesticide in The Environment*. Interscience Publications. John Wiley and Sons. New York.
- Muntiha, M. 2001. *Teknik Pembuatan Preparat Histopatologi dari Jaringan Hewan Dengan Pewarnaan Hematoksin dan Eosin*. Temu Teknik Fungsional Non Peneliti. Jakarta.
- Montaser, M., Magdy, E.M., Samir, A.M and El-Shazly. 2010. Toxicity of Heavy Metals on Jeddah Coast KSA: Metallothionein Expression as a Biomarker and Histopathological Study on Liver and Gills. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 2(3):174-185
- Mulyani, S., dan M. Sumatera. 1992. Masalah Residu Pestisida pada Produk Holtikultura. Simposium Entomologi. Malang 25-27 Sseptember 1992.
- Nabib, R., dan Pasaribu, F.H., 1989. *Patologi dan Penyakit Ikan*. Pusat Antar Universitas Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Natawiegena, H., dan G, Satari. 1981. Kecenderungan Penggunaan Pupuk dan Pestisida dalam Intensifikasi Pertanian dan dampak Potensialnya Terhadap Lingkungan. Prosiding Seminar Nasional 19 Maret 1981. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Nirmala, D.P., Lesmono., dan Djokosetiyanto, D. 2005. Pengaruh Teknik Adaptasi Salinitas Terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benih Ikan Patin. *Jurnal Akuakultur Indonesia* 4(1):25-30.

- Nurchayatun, T. 2007. *Pengaruh Pemberian Merkuri Klorida terhadap Struktur Mikroanatomi Insang Ikan Mas*. Program Studi Biologi, MIPA UNNES. Semarang.
- Nuntiya, P., Kerstin G. Helander, Herbert F. H, and Voravit C. 2008. Histopathological Alterations of Hybrid Walking Catfish (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) in Acute and Subacute Cadmium Exposure. Faculty of Science, Burapha University, Chonburi 20131, Thailand. *Environment Asia* 22-27.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders Company Ltd. Philadelphia.
- Olagoke, O. 2008. *Lipid Peroxidase and Antioxidant Defense Enzymes in Clarias gariepinus as Useful Biomarker for Monitoring Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*. MSc Theses. University of Lagos, Lagos, Nigeria
- Olurin. K.B, dkk. 2006. Histopathological Responses of the Gill and Liver Tissues of *Clarias Gariepinus* Fingerlings to the Herbicide, Glyphosate, African. *Journal of Biotechnology Academic Journals* 5 (24):2480-2487.
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Penerbit PT. Rineka Cipta Jakarta.
- Parvaneh, V.1979. An Investigation on The Mercury Contamination of Persian Gulf Fish. *Bull. Environ. Contam. Toxicology* 23:357-359.
- Pena, L.S., M.D. Ferrando., and J.B Penya. 2003. Fish Tolerance to Organophosphate-Induced Oxidative Stress is Dependent on the Glutathione Metabolism and Enhanced by N-acetylcysteine. *Aquat. Toxicology* 65: 337-360.
- Pichart, J.M., Bahadur, A., Fisher., N.S. 2007. Contrasting Uptake Routes and Tissue Distributions of Inorganic and Methylmercury in Mosquitoh Fish (*Gambusia affinis*) and Redear Sunfish (*Lepomis microlophus*). *Environmental Toxicology Chemistry* 25(8):619-582
- Plumb, J.A. 1994. *Health Maintenance of Cultured Fishes: Principal Microbial Diseases*. CRC Press Inc. USA.
- Poels, C.L.M. 1983. *Sub Lethal Effect of RhineWater of Rainbouw Trout. Testing and research Institute of the Netherlands Water Undertakings*. KIWA Ltd. Rijswijk. Netherlands.
- Portmann, J.E. 1976. *Manual And Methods In Aquatic Environment Research*. Part-2, FAO of The United Nations. Rome.
- Price, D.R.H. 1979. *Fish as Indicators of Water Quality*. John Wiley and Sons. Chicester. Toronto.
- Pryde, L.T.1973. *Chemistry of the Water Environment*. Cummings Publishing Co. Inc, California.
- Putranto, T.T. 2011. Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air Tanah. *Jurnal Teknik* 32(1):61-71

- Rahmawati, N., Triwibowo, R., dan Putri, K.A. 2011. Toksisitas Subkronik Glatin Kulit Ikan Patin Sian Terhadap Mencit. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 6(1):1-10.
- Rand. G. M., and S. R. Petrocelli. Fundamentals of Aquatic Toxicology. Hemisphere Publishing Corporation. Washington.
- Randall, D.J. 1970. The Circulatory System, dalam: Hoar WS Randall DJ. (EDS). *Fish Physiology*. Vol IV. Academic Publishing. London.
- Rajeshkumar, S., Jayaprakash, M and Natesan, M. 2012. Impact of Heavy Metals on Oxidant Activity in Different Tissue of Milk Fish *Chanos Chanos*. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology* 4(1): 272—279
- Reebs, S.G. 2009. *Fish Behaviour in the Aquarium and in the Wild*. Cornell University Press. Ithaca.
- Rendall J.P and A.Renton. 1994. Mercury. International Labour Organization. Institut of Health. NewYork
- Riwayati, S.I. 2008. *Respon Pertumbuhan Benih Ikan Nila (Oreochromis niloticus) pada Suhu yang Berbeda-beda*. Thesis. Program Studi Biologi FMIPA UNY. Yogyakarta.
- Robbins, S.L., R.S. Cotran., dan Kumar, V. 1995. *Pocket Companion to Pathologic Basis of Disease*. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- Rugh, D.J. K. E. W., Shelden., dan Mahoney, B. 2000. *Distribution of Beluga Whales in Cook Inlet*. Alaska during June/July 1993 to 1999. *Mar Fish. Rev.*
- Robbins, S.L., Cotran, R.S. and Kumar Vinay, M.D. 2007. *Basic Pathology*. 8th edition. Saunders. London
- Roberts, R.J., 1989. *Fish Pathology*. Third Edition. W.B. Saunders. London.
- Roberts, R.J. 1978. *Fish Pathology*. Bailiere Tindal. London.
- Roger, A.R, Lawrence H.K. 1984 *Water Analysis: In organic Species*. 2nd Ed. Academic Press. Orlando Florida.
- Rodie K.C.1979. *Analysis of Arsenic, Mercury and Other Trace elements by Vapour Generation*. Intern. Lab ; July/August, 40-46.
- Saanin, H. 1984. *Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan*. Bina Cipta. Jakarta.
- Saliu, J.K and Kafilat, A.B.A. 2012. Toxicology Effects of Lead and Zinc on the Antioxidant Enzyme Activities of Post Juvenile *Clarias gariepinus*. *Resources and Environment* 2(1) :21-26
- Sandi, E. 1994. *Pengaruh Padatan Tersuspensi terhadap Tingkat Kematian dan Pertumbuhan Nener Bandeng (Chanos Chanos Forskal) Pada Media Uji*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sanusi, H.S, 1980. *Sifat-sifat Logam Berat Merkuri Di Lingkungan Perairan Tropis*. Pusat Studi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan. Fakultas Perikanan IPB. Bogor.

- Sanusi, H.S, 1985. *Akumulasi Logam Berat Hg dan Cd pada Tubuh Ikan Bandeng (Chanos chanos Forskal)*. Disertasi. Fakultas Perikanan IPB. Bogor.
- Sasso, A. S., Isukapalli, S.W. wang and P.G. Georgopoulos. 2012. *Development of a Physiologically-Based Toxicokinetic (PBTk) Framework for Toxic metals and Applications to Inhalation and Dietary Exposure Pathways*. Environmental and Occupational Health Sciences (EOHSI). Institut of UMDNJ-RW Johnson Medical School and Rutgers. The State University of New Jersey.
- Schultz, I.R and Michael C.N. 1996. Methyl Mercury Toxicokinetics in Channel Catfish (*Ictalurus Punctatus*) and largemouth Bass (*Micropterus Salmoides*) after Intravascular Administration. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16(5):990-996.
- Seixasa, S., Bustamte, P., Pierce, G. 2005. Accumulation of Mercury in the Tissue of the Common Octopus *Vulgaris* (L.) in Two Localities on the Portuguese Coast. *Science of the Total Environment* 340:113-122.
- Selck, H. 1998. Toxicity and Toxicokinetics of cadmium in *Capitella* sp. I : Relative Importance of Water and Sediment as Routes of Cadmium Uptake. *Marine Ecology Progra Series* 164:167-178.
- Setyawati. A.N. 2011. *Metabolisme Xenobiotik*. Jurusan Biokimia. Fakultas Kedokteran. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Setyowati, A., Dewi.H., Awik.P.D.N., dan Nurlita.A. 2012. *Studi Histopatologi Ikan Belanak (Mugil cephalus) Di Muara Sungai Aloo Sidoarjo*. Disertasi. Jurusan Biologi. FMIPA ITS. Suarabaya.
- Shirani, Mehrnoosh., dan Alireza Mirvaghefi. 2012. EROD & GST Responses In Liver of Mudskipper *Periophthalmus Waltoni* at Oil Polluted Areas. *Interantional Conference on Ecological, Environment and Biological Sciences (ICEEBS'2012)* Jan, 7-8. Dubai.
- Siregar, H. 1995. *Fisiologi Ginjal*. Edisi Ketiga. Bagian Ilmu Faal. Fak. Kedokteran. Universitas Hasanuddin. Ujung Pandang.
- Soemarwoto, O. 2001. *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta.
- Sorensen, E.M.B. 1994. *Metal Poisoning in Fish*. CRC Press Boca Ann Arbor, Boston
- Soemirat, J. 2003. *Toksikologi Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sunarsih. 1994. *Model pencemaran Limbah Air Panas Pembangkit Listrik tenaga Uap Tambak Lorok di Kolam Pelabuhan Tanjung Mas Semarang*. Thesis. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Suryani, L. 2008. *Toksitas Polutan Garam Merkuro (HgNO₃) terhadap Perkembangan Berbagai Ikan Air Tawar dan Antisipasinya*. Thesis. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Sutrisno, H., dan D. Salirawati. 1993. Pencemaran Lingkungan oleh Proses Metilasi Logam Berat. *Cakrawala Pendidikan No. 2 Thn. XI. Juni* : 101-109

- Sudarmadi, 1993. Toksikologi Limbah Pabrik Kulit terhadap *Cyprinus Carpio L.* dan Kerusakan Insang. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan* 13(4): 247-260
- Sudarmaji, J., Mukono., dan Corie I.P. 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya terhadap Kesehatan. *Jurnal kesehatan Lingkungan*. 2:34-39
- Suin, M. Nurdin. 1994. *Dampak Pencemaran pada Ekosistem Pengairan*. Proseding Penataran Pencemaran Lingkungan Dampak dan Penanggulangnya. Pemda Kodya TK. II. Padang.
- Susanto, D. 2008. *Gambaran Histopatologi Insang, Otot dan Usus pada Ikan Mas*. Fakultas Kedokteran Hewan. IPB.
- Soemirat, J. 2003. *Toksikologi Lingkungan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Swetra, I.M. 2013. *Kajian Bioakumulasi Metil merkuri pada Ekokompartemen Ekosistem Akuatik Sungai Rupit*. Thesis. Universitas Sriwijaya. Palembang
- Takashima, F and Hibiya, T. 1995. *An Atlas of Fish Histology Normal and Pathological Featur*. Second Edition. Kondasha LTD, Tokyo.
- Taufik, I., Supriyono., dan Nirmala, K. 2009. Pengaruh Bioakumulasi Endosulfan Terhadap Pertumbuhan Ikan Mas. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 8(1):59-65.
- Teugels, G.G., Sudarto, and Laurent, P. 2001. Description of New Clarias Species from Southeast Asia Baesd on Morphological and Genetical Evidence (*Siluriformes. Clariidae*). *Cybium* 25(1): 81-92
- Tewari, H.,T.S. Gill., and J. Plant. 1987. Impact of Chronic Lead Poisoning on the Hematological and Biochemistry Profiles on a Fish *Barbus Chonchonius (Ham)*Bull. Environ.Conta
- Thompson, K.C., and Thomerson, D.R. 1974. Atomic-Absorption Studies on the Selenium, Tellurium and Merkuri by Utilizing the Generation of Covalent Hydrides. *Anal. Chem.* 99: 595-601.
- Tjarta, A. 1992. *Prosedur Baku Pemeriksaan Patologi Anatomik*. Penerbit FKUI. Jakarta.
- Tsai, JuWei, Yun Ru Ju, Ying Huan Huang, Yue Sun Deng, Wei Yu Chen, Chin Ching Wu and Chung Min Lao. 2012. Toxicokinetics of Tilapia Following High Expore to Waterbone and Dietary Copper and Implications fos Coping Mechanism. *Environ Sci Pollut Res*. 1:10
- Tresnati, J., Igbal. M dan Siti. B. 2007. Kerusakan Ginjal Ikan Kembang (*Dasyatis Kuhli*) yang Diakibatkan oleh Logam Berat Timbal. *Jurnal Sains dan Teknologi* 3: 21-26
- Trump, B.F., Jones, RT., and Sahaphong S. 1975. Cellular Effects of Mercury on Fish Kidney Tubules. Di dalam: Ribelin WE, Migaki G, Editor. In the Pathology of Fishes. The University of Wisconsin.
- Tugaswaty, T. 1987. *Metoda Penelitian Kualitas Air*. Penataran Metode Ilmu Lingkungan Lembaga Penelitian Universitas Indonesia. Jakarta.

- Ulfin, I. 2001. Penyerapan Logam Berat Timbal dan Cadmium dalam Larutan oleh Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L). *Majalah KAPPA Vol.2, No. 1 Januari 2001*, Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Van Dyk, J.C., Pieters, G.M. and Van Vuren J.H.J..2005. Histopathological Changes in the Liver of *Oreochromis Mossambicus* (Cichlidae) after Exposure to Cadmium and Zinc. *Ecotoxicology an Environmental Safety* 66:432-440.
- Van Walleghem, J.L.A. Blanchfield, P.J., Hintelman, H. 2007. Elimination of Mercury by Yellow Perch in the Wild. *Environment Science Technology* 41:5895-5901.
- Verlecar, X.N., Jena, K.B., Chainy, G.B.N. 2007. *Biochemical Markers of Oxidative Stress in Perna Viridis Exposed to Mercury and Temperature*. National Institute of Oceanography. Dona Paula. Goa. India.
- Walting, L.J.1997. The Used of Quartz Tube for Determination of Arsenic. Antimony, Selenium and Mercury. *Anaytical Chemistry Acta.*: 94:181-186.
- Wardoyo, S.T.H. 1975. *Panduan Uji Biologi Untuk Evaluasi Minyak dan Dispersion. Proyek Lingkungan Hidup*. Study Group Pencemaran Fakultas Perikanan IPB. Bogor.
- Whicker, F.W and Schultz, V. 1982. *Radioecology: Nuclear Energy and the Environment*. Volume II. CRC Press. Boca Raton. Florida.
- Wheelock, C.E., J.L. Miller, B.M., Phillips, S.J., Gee, R.S., Tjeerdema, B.D., and Hammock. 2005. Influence of Container Adsorption upon Observed Pyrethroid Toxicity to *Ceriodaphnia dubia* and *Hyalella azteca*. *Aquat. Toxicol.* 74: 47-52.
- WHO (World Health Organization). 2000. *Bahaya Bahan Kimia pada Kesehatan Manusia dan Lingkungan*. Penerjemah Widyastuti P. Jakarta.
- Widodo, J. 1980. *Toksistas Biota Laut Disebabkan Oleh Pencemaran Merkuri*. LPPL. Semarang.
- Widodo, F.I. 2012. Dampak Pencemaran Merkuri terhadap Biota Air dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Lingkungan Hidup* 3:23-39
- Widowati, W., Sastiono A., dan Jusup, R. R. 2008. *Efek Toksik Logam. Pencegahan dan Penanggulangan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Widyaningrum, T dan Tutik, S. 2011. Pengaruh Merkuri Klorida Terhadap Pertumbuhan dan Histopatologi Ginjal Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*. Linn) Prosiding Seminar Nasional Biologi 12-14 Maret 2011.
- Wilhelm, Filho, D.1996. Antioxidant Defenses in Fish: a Comparative Approach. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 2(1):234-238.
- Windarti. 2007. *Fisiologi Ikan*. Universitas Riau Press. Pekanbaru
- Zulkifli dan Anuar. 1994. Alternatif Penanggulangan Limbah Pabrik Karet. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan* 14(1): 60 – 67