EKOTOKSIKOLOGI AKUATIK

Kontaminasi polutan di perairan tidak hanya berdampak negatif bagi manusia, tetapi juga bagi organisme akuatik. Organisme akuatik merupakan organisme yang paling berisiko terpapar polutan. Pada tingkat akut, paparan polutan dapat mengakibatkan kematian massal, sedangkan pada tingkatan kronik dapat mengganggu kinerja fisiologis seperti pencernaan, pernapasan, sistem saraf, sistem hormonal dan reproduksi. Saat ini, organisme akuatik telah digunakan sebagai bioindikator untuk menilai kesehatan lingkungan perairan. Di samping itu, organisme akuatik juga digunakan sebagai media untuk menentukan konsentrasi batas aman polutan yang akan dibuang ke perairan.

Saat ini, kehidupan organisme akuatik di Indonesia masih diselubungi berbagai tekanan, salah satunya berupa tekanan kerusakan ekosistem akibat pencemaran. Buku ini berusaha mengulas teori toksisitas dan teknik pengukurannya, serta pengaruh paparan berbagai polutan terhadap kondisi fisiologis ikan. Buku ini diharapkan dapat menghadirkan tambahan pengetahuan terutama bagi para mahasiswa, dosen, dan praktisi lingkungan terkait toksisitas polutan terhadap organisme perairan.

PT Penerbit IPB Press

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: penerbit.ipbpress@gmail.com

Penerbit IPB Press @IPBpress ipbpress www.ipbpress.com

EKOTOKSIKOLOGI AKUATIK

Muliari, S.Kel, M.Si
Ilham Zulfahmi, S.Kel, M.Si
Drh. Yusrizal Akmal, M.Si

EKOTOKSIKOLOGI AKUATIK

EKOTOKSIKOLOGI AKUATIK

EKOTOKSIKOLOGI AKUATIK

Muliari, S.Kel, M.Si

Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian,
Universitas Almuslim
Matang Glumpang Dua, Peusangan,
Bireuen, 24267
Email: *muliari86@gmail.com*

Ilham Zulfahmi, S.Kel, M.Si

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
Kota Pelajar dan Mahasiswa,
Darussalam Banda Aceh, 23111
Email: *ilhamgravel@yahoo.com*

Drh. Yusrizal Akmal, M.Si

Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian,
Universitas Almuslim
Matang Glumpang Dua, Peusangan,
Bireuen, 24267
Email: *drh.yusrizal.akmal.msi@gmail.com*

Penerbit IPB Press

Jalan Taman Kencana No. 3,
Kota Bogor - Indonesia

C.01/10.2019

Judul Buku:

EKOTOKSIKOLOGI AKUATIK

Penulis:

Muliari, S.Kel, M.Si

Ilham Zulfahmi, S.Kel, M.Si

Drh. Yusrizal Akmal, M.Si

Penyunting Bahasa:

Nopiona Dwi Andari

Penata Isi dan Desain Sampul:

Makhhub Khoirul Fahmi

Korektor:

Dwi M Nastiti

Jumlah Halaman:

138 + 16 hal romawi

Edisi/Cetakan:

Cetakan 1, Oktober 2019

PT Penerbit IPB Press

Anggota IKAPI

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: penerbit.ipbpress@gmail.com

www.ipbpress.com

ISBN: 978-602-440-932-6

Dicetak oleh Percetakan IPB, Bogor - Indonesia

Isi di Luar Tanggung Jawab Percetakan

© 2019, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang dengan berkat, rahmat dan karuniaNya, Penulis dapat menyelesaikan buku berjudul “Ekotoksikologi Akuatik”. Kontaminasi polutan di perairan tidak hanya berdampak negatif bagi manusia, tetapi juga bagi organisme akuatik. Organisme akuatik merupakan organisme yang paling berisiko terpapar polutan. Pada tingkat akut, paparan polutan dapat mengakibatkan kematian massal, sedangkan pada tingkatan kronik dapat mengganggu kinerja fisiologis seperti pencernaan, pernapasan, sistem saraf, sistem hormonal dan reproduksi. Saat ini, organisme akuatik telah digunakan sebagai bioindikator untuk menilai kesehatan lingkungan perairan. Di samping itu, organisme akuatik juga digunakan sebagai media untuk menentukan konsentrasi batas aman polutan yang akan dibuang ke perairan.

Indonesia merupakan negara berpenduduk terbesar keempat di dunia. Badan Pusat Statistik mencatat bahwa, pada tahun 2017 mencapai lebih dari 262 juta jiwa (3,54% dari penduduk dunia). Tingginya jumlah penduduk akan berdampak pada meningkat berbagai kebutuhan, baik kebutuhan primer, sekunder, maupun tersier. Upaya-upaya untuk memenuhi berbagai kebutuhan masyarakat Indonesia tersebut berpotensi mengganggu keseimbangan lingkungan perairan apabila tidak dikelola dengan baik.

Buku ini mengulas tentang kondisi pencemaran perairan di Indonesia, teori toksisitas dan teknik pengukurannya, serta pengaruh paparan berbagai polutan terhadap kondisi fisiologis ikan. Kondisi fisiologis yang dijabarkan meliputi kondisi pernapasan, pencernaan, hematologi hingga reproduksi. Buku ini diharapkan dapat menghadirkan tambahan pengetahuan terutama bagi para mahasiswa, dosen, dan praktisi lingkungan terkait toksisitas polutan terhadap organisme perairan.

Pada kesempatan ini, Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Ristekdikti yang telah membiayai penulisan dan penerbitan buku ini melalui skim penelitian kerja sama antar perguruan tinggi tahun 2018 dan 2019. Ucapan terima juga Penulis haturkan kepada Universitas Almuslim, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, dan Institut Pertanian Bogor yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada Penulis dalam rangka penyelesaian buku ini. Terima kasih juga kepada Dekan Fakultas Sains dan Teknologi (FST) UIN Ar-Raniry, Ketua program studi Biologi FST UIN Ar-Raniry, dan Ketua program studi Budidaya Perairan Universitas Almuslim yang telah memfasilitasi penggunaan laboratorium. Kepada orang tua, istri, dan anak Penulis, terima kasih atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang telah diberikan. Penulis berharap semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca sekalian.

Banda Aceh, September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1 PENGANTAR EKOTOKSIKOLOGI AKUATIK	1
1.1 Pengantar	1
1.2 Pencemaran Perairan di Indonesia	3
BAB 2 UJI TOKSISITAS.....	7
2.1 Pengertian dan Ruang Lingkup Toksisitas.....	7
2.2 Uji Pendahuluan	9
2.3 Uji Toksisitas Akut	11
2.4 Uji Toksisitas Sub-Kronik.....	13
2.5 Parameter Pengamatan pada Uji Toksisitas Sub-Kronik	14
BAB 3 KADMIUM (Cd).....	17
3.1 Pengantar	17
3.2 Toksisitas Kadmium terhadap Ikan.....	18
3.3 Pengaruh Kadmium terhadap Hematologi Ikan	19
3.4 Pengaruh Kadmium terhadap Kinerja Hormonal Ikan	23
3.5 Pengaruh Kadmium terhadap Kinerja Pencernaan Ikan.....	25
3.6 Pengaruh Kadmium terhadap Kinerja Enzimatis Ikan	28

BAB 4	MERKURI (Hg)	33
4.1	Pengantar	33
4.2	Toksisitas Merkuri terhadap Organisme Perairan.....	35
4.3	Toksisitas Akut Merkuri terhadap Ikan.....	37
4.4	Pengaruh Merkuri terhadap Kondisi Hati dan Empedu Ikan.....	39
4.5	Pengaruh Merkuri terhadap Kinerja Insang Ikan	43
4.6	Pengaruh Merkuri terhadap Keragaan Reproduksi Ikan.....	44
BAB 5	PESTISIDA	47
5.1	Pengantar	47
5.2	Pengaruh Pestisida terhadap Kinerja Hormonal Ikan.....	49
5.3	Pengaruh Pestisida terhadap Imunitas Ikan.....	52
5.4	Pengaruh Pestisida terhadap Reproduksi Ikan.....	56
5.5	Pengaruh Pestisida terhadap Kinerja Pencernaan dan Penyerapan Makanan Ikan.....	60
BAB 6	LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT	63
6.1	Pengantar	63
6.2	Toksisitas Limbah Cair Kelapa Sawit terhadap Komunitas Plankton	66
6.3	Toksisitas Akut Limbah Cair Kelapa Sawit terhadap Ikan	68
6.4	Toksisitas Kronik Limbah Cair Kelapa Sawit terhadap Ikan	70
BAB 7	TIMBAL (Pb).....	79
7.1	Pengantar	79
7.2	Toksisitas Timbal terhadap Ikan	81
7.3	Pengaruh Timbal terhadap Hematologi Ikan	82
7.4	Pengaruh Kadmium terhadap Kinerja Enzimatik Ikan	85
7.5	Pengaruh Timbal terhadap Tingkah Laku Ikan.....	88
7.6	Pengaruh Timbal terhadap Abnormalitas Larva Ikan	92

DAFTAR PUSTAKA	95
GLOSARIUM	121
INDEKS	127
PROFIL PENULIS	127

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Kandungan polutan pada berbagai kawasan perairan di Indonesia.....	5
Tabel 2.1	Contoh penyajian data mortalitas ikan nila pada uji nilai pendahuluan toksisitas merkuri klorida	10
Tabel 2.2	Penyajian data mortalitas ikan nila pada uji toksisitas akut	13
Tabel 2.3	Penentuan Tingkat Kematangan Gonad (TKG) ikan secara morfologi berdasarkan pendekatan Effendi (1979)	16
Tabel 6.1	Karakteristik limbah cair kelapa sawit.....	65
Tabel 6.2	Kelimpahan, indeks keragaman dan indeks pemerataan fitoplankton pada sungai yang tercemar limbah cair kelapa sawit	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Contoh bagan alir prosedur kerja uji pendahuluan.....	10
Gambar 2.2	Contoh bagan alir prosedur kerja uji toksisitas akut.....	12
Gambar 3.1	Gambaran eritrosit ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>) yang terpapar kadmium (a: malformasi, b: sitoplasma vakuolisasi, c: pembengkakan inti, d: hemolisis)	20
Gambar 3.2	Konsentrasi (A) vitellogenin; (B) total reseptor estrogen; (C) total testosteron; (D) total estradiol pada ikan yang dipapar kadmium	24
Gambar 3.3	Peningkatan akumulasi kadmium pada kelenjar lambung ikan <i>Mytilus edulis</i>	26
Gambar 3.4	Aktivitas cholinesterase dan glutathione s-transferase setelah paparan berbagai konsentrasi kadmium (Cd^{2+}) secara invivo pada ikan <i>Monodonta lineata</i> dan <i>N. lapillus</i> ...	30
Gambar 4.1	Mortalitas kumulatif ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) setelah paparan $HgCl_2$ selama 96 jam.....	38
Gambar 4.2	Pengaruh merkuri terhadap nilai HSI ikan nila.....	40
Gambar 4.3	Perubahan struktur histologis hati ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) akibat paparan merkuri pada hari ke-56 masa paparan	41
Gambar 4.4	Pengaruh merkuri terhadap volume empedu relatif ikan nila.....	42
Gambar 4.5	Persebaran diameter telur pada perlakuan kontrol (atas), dan perlakuan yang dipaparkan merkuri (tengah dan bawah)	46

Gambar 5.1	Perubahan tingkat plasma (A) T: Testosteron, (B) E2: 17-estradiol, dan (C) VTG: Vitalogenin pada ikan zebra yang dipapar pestisida jenis butachlor selama 30 hari.....	51
Gambar 5.2	Aglutinasi antibodi (Ab) anti-SRBCs pada ikan mas (<i>C. auratus</i>) setelah pemaparan herbisida jenis atrazine, simazine, diuron, and isoproturon (ASDI).....	55
Gambar 5.3	Fekunditas kumulatif ikan zebra yang terpapar pestisida jenis butachlor selama 30 hari.....	59
Gambar 5.4	Aktivitas glutathione-s-transferase (GST) dan katalase pada hati <i>Prochilodus lineatus</i> yang terpapar pestisida berbasis glikopospat	61
Gambar 6.1	Nilai indeks saprobik pada sungai yang tercemar limbah cair kelapa sawit	68
Gambar 6.2	Mortalitas komulatif ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) setelah pemaparan limbah cair kelapa sawit pada uji toksisitas akut	69
Gambar 6.3	Pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap nilai indeks hepatosomatik ikan nila	71
Gambar 6.4	Histopatologi hati ikan nila yang dipapar limbah cair kelapa sawit.....	72
Gambar 6.5	Pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap nilai IKG	73
Gambar 6.6	Pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap ukuran rata-rata diameter telur	74
Gambar 6.7	Perubahan struktur histologis gonad ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) akibat paparan limbah cair kelapa sawit untuk setiap perlakuan	76
Gambar 6.8	Pengaruh limbah cair kelapa sawit terhadap hormon estradiol	77
Gambar 7.1	Grafik jumlah ikan mujair (<i>Oreochromis mossambicus</i>) yang hidup pada paparan timbal dengan beberapa konsentrasi yang berbeda	82

Gambar 7.2	Aktivitas enzim katalase hati (CAT) dan enzim Na, K-ATPase pada ikan <i>O. niloticus</i> yang terpapar logam selama 14 hari.....	86
Gambar 7.3	Aktivitas spontan pada ikan <i>Fundulus heteroclitus</i> yang terpapar timbal pada berbagai konsentrasi.....	90
Gambar 7.4	Performa renang ikan <i>Fundulus heteroclitus</i> yang terpapar timbal pada berbagai konsentrasi	90
Gambar 7.5	Abnormalitas larva ikan lele dumbo (<i>Clarias gariepinus</i>) akibat paparan timbal	93

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad R. 2004. *Kimia Lingkungan*, Edisi 1. Andi Offset: Yogyakarta.
- Achyani R, Prartono T, & Riani E. 2017. Hidrokarbon aromatik polisiklik dalam air dan sedimen laut serta akumulasinya pada ikan nomei, *Harpodon nehereus* (Hamilton, 1822) perairan Tarakan. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 15(3): 267–282.
- Adhim MH, Zainuddin A, Putranto TWC, Irawan B, Soegianto A. 2017. Effect of sub-lethal lead exposure at different salinities on osmoregulation and hematological changes in tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Archives of Polish Fisheries*. 25(3): 173–185.
- Adriyani R, Mahmudiono T. 2009. Kadar logam berat kadmium, protein dan organoleptik pada daging bivalvia. *Jurnal Penelitian Medis Esakta*. 8(2): 152–161.
- Affandi R, Tang, Usman M. 2001. *Biologi Reproduksi Ikan*. Pusat Penelitian Kawasan Pantai dan Perairan Universitas Riau: Pekanbaru Riau.
- Ahmad AL, Ismail S, Bhatia S. 2003. Water recycling from palm oil mill effluent (POME) using membrane technology. *Desalination*. 157(1–3): 87–95.
- Ahmad F. 2012. Kandungan Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) di Teluk Jakarta (Polycyclic Aromatic Compounds Hydrocarbons (PAH) Content in Jakarta Bay). *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*. 17(4): 199–208.
- Ahmed MK, Mamun HA, Parvin E, Akter MS, Khan MS 2013. Arsenic induced toxicity and histopathological changes in gill and liver tissue of freshwater fish, tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Experimental and Toxicologic Pathology*. 65(6): 903–909.

- Al-Rudainy AJ, Mustafa SA, Abdulaziz MA. 2015. Toxic effects of mercuric chloride on DNA damage, hematological parameters and histopathological changes in common carp *Cyprinus carpio*. *Iraq Journal Veterinary*. 38: 87–94.
- Alabaster J, Lloyd. 1980. *Water Quality Criteria for Fish*. FAO of United Nations European Inland Fisheries Advisor Commision. Butterworth London: Boston, Pp.297.
- Alamanda IE, Handajani NS, Budiharjo A. 2007. Penggunaan metode hematologi dan pengamatan endoparasit darah untuk penetapan kesehatan ikan lele dumbo (*Clarias Gariepinus*) di kolam budidaya desa Mangkubumen Boyolali. *Jurnal Biodiversitas*. 8(1): 34–38.
- Albergoni V, Viola, A. 1995. Effects of cadmium on lymphocyte proliferation and macrophage activation in catfish, *Ictalurus melas*. *Fish & Shellfish Immunology*. 5(4): 301–311.
- Ali T, Abdel-Aziz S, El-Sayed AE, Zeid S. 2017. Effects of nonylphenol on plasma steroids, vitellogenin synthesis and sex reversal in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*. 46: 52–528.
- Alquezar R, Markich SJ, Booth DJ. 2006. Effects of metals on condition and reproductive output of the smooth toadfish in Sydney estuaries, south-eastern Australia. *Environmental Pollution*. 142(1): 116–122.
- Amalia R, Taqwa FH. 2013. Kelangsungan hidup, pertumbuhan dan tingkat konsumsi oksigen ikan patin (*Pangasius* sp.) yang terpapar limbah cair pabrik kelapa sawit. *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. 1(2): 203–215.
- Amalia WR, Halang B, Naparin A. 2016. Kandungan kadmium (Cd) pada air, daging serta mikroanatomi insang ikan kelabau (*Osteochillus melanopleurus*) di Muara Sungai Martapura. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. 2016: 84–92.
- American Public Health Assosiation (APHA). 1980. Standard Methods for The Examination Of Water and Waste Water. American Water Works Assosiation dan Water Pollution Control Federation. APHS, AWWA, WPCF. 15th edition: 388–399.

- American Public Health Association (APHA). 1985. Standard methods for the examination of water and waste water. Apha, WWA, WPCF, Washington.
- Asian Development Bank. 1987. *Handbook on the Use of Pesticides in the Asia Pasific Region*. Asian Development Bank.
- Ates B, Orun I, Talas ZS, Durmaz G, Yilmaz I. 2008. Effects of sodium selenite on some biochemical and hematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) exposed to Pb 2+ and Cu 2+. *Fish physiology and biochemistry*. 34(1): 53–59.
- Atli G, Canli M. 2007. Enzymatic responses to metal exposures in a freshwater fish *Oreochromis niloticus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacolog*. 145(2): 282–287.
- Aunurohim, Yulaipi S. 2013. Bioakumulasi logam berat timbal (Pb) dan hubungannya dengan laju pertumbuhan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2(2): 2337–3520.
- Ay Ö, Kalay M, Tamer L, Canli M. 1999. Copper and lead accumulation in tissues of a freshwater fish *Tilapia zillii* and its effects on the branchial Na+/K+-ATPase activity. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*. 62(2): 160–168.
- Ayoola SO. 2008 Histopathological effects of glyphosate on juvenile african catfish (*Clarias gariepinus*). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 4(3): 367–367.
- Aziz F, Hanif M, Siregar MF, Sitanggang N. 2011. Analisis histopatologi (*Cyprinus carpio*) yang terpapar pestisida dan logam berat. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran.
- Badan Pusat Statistik, Volume dan Nilai Ekspor Indonesia Komoditi Crude Palm Oil (CPO) tahun 1980–2005; Laporan Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Barannikova IA, Dyubin VP, Bayunova LV, Semenkov TB. 2002. Steroids in the control of reproductive function in fish. *Neuroscience and Behavioral physiology*. 32(2): 141–148.

- Barton BA. 2002. Stress in fishes, a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Journal Integrative and Comparative Biology*. 4(2): 517–525.
- Bertram MG, Saaristo M, Baumgartner JB, Johnstone CP, Allinson M, Allinson G, Wong BB. 2015. Sex in troubled waters: widespread agricultural contaminant disrupts reproductive behaviour in fish. *Horm. Behav.* 70: 85–91.
- Bhanu AP. (2016). Studies on the influence of heavy metals on antioxidant system in the tissue of fresh water fish *Cyprinus carpio*. *Int. J. Adv. Res. Eng. Appl. Sci.* 6: 2249–3905.
- Björnsson BTh, Haux C, Bern HA, Deftos LJ. 1989. 17 β -estradiol increases plasma calcitonin levels in salmonid fish. *Endocrinology*. 125: 1754–1760.
- Bleau H, Daniel C, Chevalier G, Van Tra H, Hontela A. 1996. Effects of acute exposure to mercury chloride and methyl mercury on plasma cortisol, T3, T4, glucose and liver glycogen in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquatic Toxicology*. 34: 221–235.
- Bunton TE, Frazier JM. 1994. Extrahepatic tissue copper concentrations in white perch with hepatic copper storage. *Journal of Fish Biology*. 45(4): 627–640.
- Cahaya I. 2009. *Ikan Sebagai Alat Monitor Kesehatan*. Makalah Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sumatra Utara.
- Campbell NA, Reece JB, Mitchell LG. 2010. *Biologi*. Edisi ke-8. Terj. Dari: *Biology*. 8th ed. oleh Manulu, W. Jakarta: Erlangga.
- Carnevali O, Santangeli S, Forner-Piquer I, Basili D, Maradonna F. 2018. Endocrine-disrupting chemicals in aquatic environment: what are the risks for fish gametes? *Fish physiology and biochemistry*. 44(6): 1561–1576.
- Chambers JE, Levi EP. 1992. *Organophosphates: Chemistry, Fate, and Effects*. Academic Press, New York.

- Chang J, Liu S, Zhou S, Wang M, Zhu G. 2013. Effects of butachlor on reproduction and hormone levels in adult zebrafish (*Danio rerio*). *Experimental and toxicologic pathology*. 65(1–2): 205–209.
- Chrismadha T, Ali F. 2007. Dinamika komunitas fitoplankton pada kolam sistem aliran tertutup berarus deras. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. (3): 325–33.
- Clark R. 2001. *Marine pollution*. Oxford University Press. New York. 231p.
- Clarkson TW, Magos L. 2006. The toxicology of mercury and its chemical compounds. *Critical Reviews in Toxicology*. 36(8): 609–662.
- Clarkson TW. 2002. The three modern faces of mercury. *Environmental Health Perspectives*. 110(1): 11–23.
- Connell DW. 1995. *Bioakumulasi Senyawaan Xenobiotik*. Jakarta: UI Press.
- Costa DDM, Neto FF, Costa MDM, Morais RN, Garcia JRE, Esquivel BM, Ribeiro CAO. (2010). Vitellogenesis and other physiological responses induced by 17- β - estradiol in males of freshwater fish *Rhamdia quelen*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 151: 248–257.
- Costa LG, Giordano G. 2007. Developmental neurotoxicity of polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants. *Neurotoxicology*. 28: 1047–1067.
- Costa. 2008. *Toxicology, The basic Science of Poisons*. 7th ed. Macmillan Publishing Company: New York, pp. 883–930.
- Cunha I, Mangas-Ramirez E, Guilhermino L. 2007. Effects of copper and cadmium on cholinesterase and glutathione S-transferase activities of two marine gastropods (*Monodonta lineata* and *Nucella lapillus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 145(4): 648–657.
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Penerbit Universitas Indonesia: Jakarta, pp.68.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI Press: Jakarta.
- Darmono. 2008. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran: Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI-Press: Jakarta. 136 hlm

- Das RC. 1988: Cadmium toxicity to gonads in freshwater fish, *Labeo bata* (Hamilton). *Arch. Hydrobiol.* 112: 467–474.
- Díaz-Resendiz KJG, Toledo-Ibarra GA, Girón-Pérez MI. 2015. Modulation of immune response by organophosphorus pesticides: fishes as a potential model in immunotoxicology. *Journal of Immunology Research.* 10(1): 1–10.
- Díez S. 2009. Human health effects of methylmercury exposure. *Reviews Environmental Contamination Toxicology.* 198: 111–132.
- Dijkstra M, Havinga R, Vonk RJ, Kuipers F. 1996. Bile secretion of cadmium, silver, zinc and copper in the rat. Involvement of various transport systems. *Life Sciences.* 59(15): 1237–1246.
- Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia. 2008. Kepala Sawit (Minyak Sawit), Retrieved from www.ditjenbun.deptan.go.id, on 8th April 2009.
- Dutta HM, Misquitta D, Khan S. 2006. The effects of endosulfan on the testes of bluegill fish, *Lepomis macrochirus*: a histopathological study. *Arch Environ Contam Toxicol.* 51(1): 149–56.
- Ebrahimi M, Taherianfard M. 2011. The effects of heavy metals exposure on reproductive systems of cyprinid fish from Kor River. *Iranian Journal of Fisheries Sciences.* 10(1): 13–24.
- Edward. 2015. Kandungan dan Sumber Asal Senyawa Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) dalam Sedimen di Perairan Pakis Jaya, Kabupaten Karawang. *Jurnal Akuatika.* 6(2): 95–106.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius: Yogyakarta.
- Effendi, 1997. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara: Yogyakarta.
- Fairolzukry AR, Marsin SM, Wan AWI, Ahmedy AN. 2008. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in palm oil mill effluent by soxhlet extraction and gas chromatography-flame ionization detection. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences.* 12(1): 16–21.

- Fatima M, Mandiki SNM, Dourfils J, Silvestre F, Coppe P, Kestemont P. 2007. Combined effects of herbicides on biomarkers reflecting immune–endocrine interactions in goldfish: immune and antioxidant effects. *Aquatic Toxicology*. 81(2): 159–167.
- Fauzan M, Rosmaidar, Sugito, Zuhrawati, Muttaqin & Azhar. 2017. Pengaruh Tingkat Paparan Timbal (Bp) Terhadap Profil Darah Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *JIMVET*. 1 (4): 5–18.
- Feist S, Stentiford GD, Kent ML, Ribeiro-Santos A, Lorence P. 2015. Histopathological assessment of liver and gonad pathology in continental slope fish from the northeast Atlantic Ocean. *Mar. Environ. Res.* 106: 42–50.
- Figueiredo-Fernandes AA, Ferrera-Cardoso JV, Garcia-Santos S, Monteiro SM, Carrola J, Matos, Fontainhas-Fernandes. 2007. Histopathological changes in liver and gill epithelium of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, exposed to waterborne copper. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 27(3): 103–109.
- Finney DJ. 1971. *Probit analysis*. Cambridge University Press: New York.
- Firat O, Cogun HY, Yüzereroğlu TA, Gök G, Firat O, Kargin F, Kötemen Y. 2011. Comparative study on the effects of a pesticide (cypermethrin) and two metals (copper, lead) to serum biochemistry of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Physiology and Biochemistry*. 3(7): 657–666.
- Fletcher T, White A. 1986. Nephrotoxic and haematological effects of mercuric chloride in the plaice (*Pleuronectes platessa*). *Aquat. Toxicol.* 8: 77–84.
- Fujaya Y. 2004. *Fisiologi Ikan. Dasar Pengembangan dan Teknik Perikanan*. Rineka Cipta: Jakarta, pp. 179.
- Fujiki M. & Tajima S. 1992. The pollution of Minamata Bay by mercury. *Water Science and Technology*. 25(11): 133–140.
- Gadhawe PD, Brar RS, Banga HS, Dhawan A. 2014. λ -cyhalothrin induced genotoxicity in freshwater fish *Labeo rohita*. *Veterinary World*. 7(10): 412–415.
- Ganiswara GS. 1995. *Farmakologi dan Terapi*. Gaya Baru: Jakarta.

- Gao X, Song J. 2005. Phytoplankton distribution and their relationship with the environment in the Cahngjiang Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin*. (50): 327–335.
- Gerbron M, Geraudie P, Fernandes D, Rotchell JM, Porte C, Minier C. 2014. Evidence of altered fertility in female roach (*Rutilus rutilus*) from the River Seine (France). *Environ. Pollut.* 191: 58–62.
- Ghiasi F, Miszargar SS, Badakhsahn H, Shamsi S. 2010. Effect of low concentration of cadmium on the level of lysozyme in serum, leukocyte count and phagocytic index in *Cyprinus carpio* under the wintering condition. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 5(2): 113–119.
- Giguère A, Campbell PG, Hare L, McDonald DG, Ramussen JB. 2004. Influence of lake chemistry and fish age on cadmium, copper, and zinc concentrations in various organs of indigenous yellow perch (*Perca flavescens*). *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 61(9): 1702–1716.
- Golovanova IL, Kuzmina VV, Gobzhelian TE, Davlov DE, Chuiko GM. 1999. In vitro effects of cadmium and DDVP dischlorovos on intestinal carbohydrase and protease activities in fresh water teleost. *Comp. Biochem. Physiol.* 122(1): 21–25.
- Gormley KL, Teather KL. 2003. Developmental, behavioral, and reproductive effects experienced by Japanese medaka (*Oryzias latipes*) in response to short term exposure to endosulfan. *Ecotox Environ Saf.* 54: 330–38.
- Grosell M, O'Donnell MJ, Wood CM. 2000. Hepatic versus gallbladder bile composition: in vivo transport physiology of the gallbladder in rainbow trout. *American Journal of Physiology: Regulatory Integrative and Comparative Physiology*. 278: 1674–1684.
- Guedenon P, Edorh AP, Hounkpatin ASY, Alimba CG, Ogunkanmi A, Nwokejiege EG, Boko M. 2012. Acute toxicity of mercury (HgCl_2) to african catfish, *Clarias gariepinus*. *Research Journal of Chemical Sciences*. 2(3): 41–45.
- Gunawan L, Setiani O, Suhartono. 2013. Hubungan kadar kadmium dalam darah dengan jumlah leukosit, trombosit dan aktifitas *Superoxide Dimutase* (SOD). *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 12(2): 106–110.

- Gupta A, Rai KD, Pandey RS and Sharma B. 2010. *Analysis of Some Heavy Metals in The Riverine Water, Sediments and Fish from River Ganges at Allahad*. Springer online Environmental Monitoring Assess.
- Halang B. 2007. *Kandungan Cu dan Pb Pada Air dan Ikan Puyau (Puntius huguenini) Di Bendungan Sungai Tabaniao Desa Bajuin Kecamatan Pelaihari Kabupaten Tanah Laut*. UI Press: Jakarta.
- Halang, B. 2004. Toksisitas Air Limbah Deterjen terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Bioscientiae*. 1: 39–49.
- Hamed HS. 2015. Impact of a short-term malathion exposure of nile tilapia, (*Oreochromis niloticus*): the protective role of selenium. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*. 3 (5): 30–37.
- Hananingtyas I. 2017. Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus* sp.) di Pantai Utara Jawa. *Biotropic: The Journal of Tropical Biology*. 1(2): 41–50.
- Haque R, Falco J, Cohen S, Riordan, C. 1980. *Role Of Transport and Fate Studies In The Exposure Assessment And Screening Of Toxic Chemicals*. In R. Haque (eds) dynamic, Exposure, and Hazard Assessment of Toxic Chemicals. Ann Arbor Science, Ann Arbor: Michigan, p. 47–67.
- Harrison PR, Wichest JW. 1971. *Area Wide Distribution of Lead, Copper, and Cadmium In Air Particulates From Chicago and Norwest Indiana*. *Atmos Environ*. 5: 863–880.
- Heiden TCK, Struble CA, Rise ML, Hessner MJ, Hutz RJ, Carvan MJ. 2008. Molecular targets of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) within the zebrafish ovary: Insights into TCDD-induced endocrine disruption and reproductive toxicity. *Reproductive Toxicology*. 25(1): 47–57.
- Hikmawati A, Sulistyorini L. 2006. Perubahan kadar merkuri (Hg) pada ikan tongkol (*Euthynnus* sp.) dengan perlakuan perendaman larutan jeruk nipis dan pemasakan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 3(1): 67–76.
- Hinckley S. 1990. Variation in egg size of walleye pollock *Theragra chalcogramma* with a preliminary examination of egg size on larva size. *Fish. Bull*. 88: 471–483.

- Hinton DE, Lauren OJ. 1990. *Liver Structural Alterations Accompanying Chronic Toxicity In Fishes: Potential Biomarkers Of Exposure*. Biomarkers of Environmental Contamination. Lewis Publishers, pp. 12–68.
- Hollis L, McGeer JC, McDonald DG, Wood CM. 1999. Cadmium accumulation, gill Cd binding, acclimation, and physiological effects during long term sublethal Cd exposure in rainbow trout. *Aquatic Toxicology*. 46(2): 101–119.
- Holm G, Norrgren L, Lindén O. 1991. Reproductive and histopathological effects of long-term experimental exposure to bis (tributyltin) oxide (TBTO) on the three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* Linnaeus. *J. Fish Biol.* 38: 373–386.
- Hutagalung HP, Manik J. 2002. *Kandungan logam berat di air dan sediment di perairan muara Sungai Digul dan Laut Arafura. Pesisir dan Pantai Indonesia VII*, P2O- LIPI, Jakarta.
- Hutagalung HP, Razak H. 1982. Pengamatan pendahuluan kadar Pb dan Cd dalam air dan biota di Estuari Muara Angke. *Oseanologi di Indonesia*. 15: 1–10.
- Hutagalung HP. 1984. *Logam Berat Dalam Lingkungan Laut*. Majalah Oseanologi di Indonesia. Volume IX: 11–20. Lembaga Oseanologi Indonesia. LIPI: Jakarta.
- Jalius D, Djokosetiyanto D, Sumantadinata K, Riani E, Ernawati Y. 2008. Akumulasi logam berat dan pengaruhnya terhadap spermatogenesis kerang hijau (*Perna viridis*). *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 15(1): 77–83.
- Jamin J, Erlangga E. 2016. Pengaruh insektisida golongan organofosfat terhadap benih ikan nila gift (*Oreochromis niloticus*, Bleeker): analisis histologi hati dan insang. *Acta Aquatica: Aquatic Sciences Journal*. 3(2): 46–53.
- Kadarsan S. 1977. *Pengaruh Samping Pestisida terhadap Hewan Vertebrata Bukan Sasaran. Aspek Pestisida di Indonesia*. Lembaga Pusat Penelitian Pertanian Bogor. Edisi Khusus No. 3: 401–418.

- Kaoud HA, Zaki MM, El-Dahshan AR, Saeid S, El Zorba HY. 2011. Amelioration the toxic effects of cadmium-exposure in nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by using Lemnagibba L. *Life Science Journal*. 8: 185–195.
- Kasper D, Palermo EFA, Dias ACM, Ferreira GL, Leitão RP, Branco CWC, Malm O. 2009. Mercury distribution in different tissues and trophic levels of fish from a tropical reservoir. *Neotropical Ichthyology*. 7(4): 751–758.
- Kennedy L. 2014. Evaluasi Tingkat Pencemaran Logam Berat Di Perairan Sekitar Area Industri Galangan Kapal Batam Provinsi Kepulauan Riau. Tesis. Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau. 127 hal.
- Khoshbavar-Rostami HA, Soltani M, Hassan HMD. 2006. The immune response of the large sturgeon (*Huso huso*) undergoes long-term exposure to the sublethal concentration of organophosphates, diazinón. *Aquaculture*. 256 (1–4): 88–94.
- Kime DE. 1995. The effects of pollution on reproduction in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 5(1): 52–95.
- Kime DE. 1999. A strategy for assessing the effects of xenobiotics on fish reproduction. *Science of the Total Environment*. 225: 3–11.
- Koesoemadinata S. 2000. Toksisitas akut formulasi insektisida endosulfan, klorpirifos, dan klorfluazuron pada tiga jenis ikan air tawar dan udang galah. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 4 (3–4): 36–43.
- Koesumadinata S, Sutrisno. 1997. Toksisitas herbisida pada ikan nila. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 3(2): 23–28.
- Komalasari A, Afriyansyah B, Ihsan M, & Nugraha MA: 2019. Bioakumulasi Logam Berat Pb dan Cu terhadap *Penaeus merguensis* di Perairan Teluk Kelabat Bagian Dalam. *Jurnal Kelautan Tropis*. 22(1): 1–8.
- Krebs CJ. 1978. *The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper & Row Publisher, New York.

- Kudo A, Fujikawa Y, Miyahara S, Zheng J, Takigami H, Sugahara M, & Muramatsu T. 1998). Lessons from Minamata mercury pollution, Japan-after a continuous 22 years of observation. *Water Science and Technology*. 38(7): 187–193.
- Kunz YW. 2004. *Developmental Biology of Teleost Fishes*. Springer, 636 hlm.
- Lagler KF, Bardach JE, Miller RR, Passiono DRM. 1977. *Ichthyology*. John Wiley and Sons Inc, New York-London. 506 hal.
- Lam SH, Winata CL, Tong Y, Korzh S, Lim WS, Korzh V. 2006. Transcriptome kinetics of arsenic induced adaptive response in zebrafish liver. *Physiological Genomics*. 27(3): 351–61.
- Landis WG, Solfield RM. 2011. *Intoduction of Environmental Toxycology Molecular Substructure to Ecological Landscape 4th Edition*. CRC Press Taylor & Franciss Group.
- Lindqvist O, Johnasson K, Aastrup M, Andersson A, Bringmark L, Hovsenius G, Hakanson L, Iverfeldt A, Meili M, Timm B. 1991. Mercury in the Swedish environment: Recent research on causes, consequences and corrective methods. *Water, Air and Soil Pollution*. (55): 1–251.
- Louiz I, Attia MB, Ben-Hassinea OK. 2009. Gonadosomatic index and gonad histopathology of *Gobius niger* (*Gobiidea*, Teleost) from Bizerta lagoon (Tunisia): evidence of reproduction disturbance. *Fish. Res.* 100: 266–273.
- Lu FC. 1995. *Toksikologi Dasar: Asas, Organ Sasaran, Dan Penilaian Resiko* (Edisi kedua). Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press): Jakarta.
- Lu FC. 2006. *Toksikologi Ginjal. Dalam Toksikologi Dasar*. Jakarta: Universitas Indonesia Press. Pp. 224–235.
- Lubis HS. 2002. *Toksisitas Merkuri dan Penanganannya*. USU digitalized Library. 198 hlm.
- Mahalina W, Tjandrakirana, Purnomo T. 2016. Analisis Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dalam Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) yang Hidup di Sungai Kali Tengah, Sidoarjo. *LenteraBio*. 5(1): 43–47.
- Manuaba IP. 2007. Cemaran Pestisida Klor-Organik Dalam Air Danau Buyan Buleleng Bali. *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*. 1(1): 39–46.

- Mason C. 2002. *Biology of Freshwater Pollution Fourth Edition*. Prentice Hall: England.
- Mathan R, Kurunthachalam SK, Priya M. 2010. Alterations in plasma electrolyte levels of a freshwater fish *Cyprinus carpio* exposed to acidic pH. *Toxicological Environmental and Chemistry*. 92(1): 149–157.
- Mekkawy IA, Hassan AA. 2011. Some reproductive parameters of *Synodontis schall* (Bloch and Schneider, 1801) from the River Nile. Egypt. *J. Fish. Aquat. Sci.* 6(4): 456–471.
- Minarti FA. 2015. Hubungan paparan timbal dengan kejadian gangguan fungsi hati pada pekerja pengecoran logam di CV. Sinar Baja Cemerlang Desa Bakalan, Ceper Kabupaten Klaten. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 14(1): 1–6.
- Mishra AK, Mohanty B. 2008. Acute toxicity impacts of hexavalent chromium on behavior and histopathology of gill, kidney and liver of the freshwater fish, *channa punctatus* (Bloch). *Environmental Toxicology and Pharmacology*. (26): 136–141.
- Mlambo SS, Van-Vuren JHJ, Barnhoorn IEJ, Bornman MS. 2009. Histopathological changes in the reproductive system (ovaries and testes) of *Oreochromis mossambicus* following exposure to DDT. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 28: 133–139.
- Molina AM, Lora AJ, Blanco A, Monterde JG, Ayala N, Moyano R. 2013. Endocrineactive compound evaluation: aualitative and quantitative histomorphological assessment of zebrafish gonad after bisphenol-A exposure. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 88: 155–162.
- Morozov DN, Vysotskaya RU. 2007. Comparative study of bile acid composition of bile of the European vendace *Coregonus albula* L. and the European whitefish *Coregonus lavaretus* L. under conditions of technogenic water reservoir pollution. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*. 43(5): 490–494.
- Mostakim GM, Zahangir MM, Mishu MM, Rohman MK, Islam MS. 2015. Alteration of blood parameters and histoarchitecture of liver and kidney of silver barb after chronic exposure to quinalphos. *Journal of Toxicology*. 2015: 1–8.

- MPOB Malaysia. Malaysian Oil Palm Statistics 2008: World major producers of palm oil 1999–2008, 2008 Retrieved from <http://econ.mpob.gov.my/economy>, on 25th June 2009.
- Mugahi MHN, Zahra H, Hamidreza MS, Mohammad B. 2003. Effects of chronic lead acetate intoxication on blood indices of male adult rat. *Daru*. 11(4): 147–51.
- Muliari, Zulfahmi I. 2016. Impact of palm oil mill effluent towards phytoplankton community in Krueng Mane River, North Aceh. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 6(2): 137–146.
- Murphy CA, Rose KA, Thomas P. 2005. Modeling vitellogenesis in female fish exposed to environmental stressors: predicting the effects of endocrine disturbance due to exposure to a PCB mixture and cadmium. *Reproductive toxicology*. 19(3): 395–409.
- Murthy KS, Kiran BR, Venkateshwarlu M. 2013. A review on toxicity of pesticides in Fish. *International Journal of Open Scientific Research*. 1(1): 15–36.
- Musthapha I, Sunarno MTD. 2006. Dampak Polutan Timbal Pada Ikan Dan Manusia. *Seminar Nasional Limnologi Widya Graha Lipi Jakarta*, pp. 1–12.
- Neves RLS, Oliviera TF, Ziolli RL. 2007. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in fish bile (*Mugil liza*) as biomarkers for environmental monitoring in oil contaminated areas. *Marine Pollution Bulletin*. 54(1): 1818–1824.
- Nikinmaa, M. 2014. *An introduction to aquatic toxicology*. Oxford: Elsevier.
- Nirmal SS, Bhattacharya L. 2017. Effect of cadmium chloride on ovarian histology of *Heteropneustes fossilis*. *International Journal of Research in Biosciences*. 6(1): 4–11.
- Nirmala K, Sekarsari J & Suptijah P. 2006. Efektivitas Khitosan Sebagai Penghelat Logam Timbal dan Pengaruhnya Terhadap Perkembangan Awal Embrio Ikan Zebra (*Danio rerio*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 5 (2): 157–165.

- Nugroho BYH, Wulandari SY, & Ridlo A. 2015. Analisis residu pestisida organofosfat di perairan Mlonggo Kabupaten Jepara. *Journal of Oceanography*. 4(3): 541–544.
- Nuray C, Teslime Ö, Fahri, Özcan A, Sahire K, Bedii C. 2013. Effects of cadmium and cadmium-chitosan mixture on some blood arameters of *Oreochromis niloticus*. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 7(21): 169–175.
- Nurdin M. 2008. Pengaruh pestisida paraquat noxone 297 as terhadap kelangsungan hidup, pertumbuhan dan histologi hati benih ikan mas (*Cyprinus Carpio*). Skripsi. Jurusan Budidaya Perairan. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Nursanti D. 2006. Bioakumulasi logam cadmium dan pengaruhnya terhadap struktur histologis saluran pencernaan *Megabalanus Sp* dari Pantai Bale Kambang. *Universitas Brawijaya: Malang*.
- Ojaveer H, Tomkiewicz J, Arula T, Klais R. 2015. Female ovarian abnormalities and reproductive failure of autumn-spawning herring (*Clupea harengus membras*) in the Baltic Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 72: 2332–2340.
- Olaleye VF, Adedeji AA. 2005. Water and planktonic quality of palm oil effluent impacted river in Ondo State Nigeria, *International Journal of Zoological Reseacrh*. 1(1): 15–20.
- Orbayinah S, Kartyanto A. 2008. Efikasi Binahong (*Anredera cordifolia* (Tenore) Steenis) terhadap Kadar Alkaline Phosphatase. *Mutiara Medika*. 2: 89–95.
- Oruç EO. 2010. Oxidative stress, steroid hormone concentrations and acetylcholinesterase activity in *Oreochromis niloticus* exposed to chlorpyrifos. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 9(6): 160–166.
- Osman Alaa GM, Wuertz Sven, Mekrawy imam A, Hans-Jurgen Exner, Frank Kirschbaum. 2007. *Lead Induced Malformations in Embryos of The African Catfish Clarias gariepenus*.
- Palar H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta. 152 hlm.

- Palar H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta. Rineka Cipta.
- Palar H. 2004. *Pencemaran dan toksikologi logam berat*. Rineka Cipta: Jakarta.
- Pandey S, Kumar R, Sharma S, Nagpure NS, Srivastava SK, Verma MS. 2005. Acute toxicity bioassays of mercuric chloride and malathion on air-breathing fish *Channa punctatus* (Bloch). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 61(1): 114–120.
- Paraso MGV, Morales JK, Clavecillas AA, Lola MS. 2017. Estrogenic effects in feral male common carp (*Cyprinus carpio*) from Laguna de Bay, Philippines. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. 98: 638–642.
- Patiño R, Sullivan CV. 2002. Ovarian follicle growth, maturation, and ovulation in teleost fish. *Fish Physiol. Biochem*. 26: 57–70.
- Pelling D. 1991. Toxicology—A primer on toxicology principles and applications: Edited by MA Kamrin. Lewis Publishers, Inc. Michigan
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 1973. Tentang Pengawasan Atas Peredaran, Penyimpanan dan Penggunaan Pestisida.
- Permatasari S. 2015. Evaluasi penambahan vitamin E pada pakan terhadap status kesehatan dan kinerja pertumbuhan ikan nila *Oreochromis niloticus* yang terpapar timbal (Pb). [Tesis]. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Pikir S. 1993. Sedimen dan kerang sebagai indikator adanya logam berat Cd, Hg, dan Pb dalam pencemaran di lingkungan estuari. [Disertasi]. Pascasarjana, Unair: Surabaya.
- Pinto E, Sigaud-Kutner TCS, Leitao MAS, Okamoto OK, Morse D, Colepicolo P. 2003. Heavy metal-induced oxidative stress in algae. *J. Phycol.* 39: 1008–1018.
- Poleksic V, Lenhardt M, Jaric I, Djordjevic D, Gacic Z, Cvijanovic G, Raskovic B. 2009. Liver, gills, and skin histopathology and heavy metal content of the danube sterlet (*Acipenser ruthenus linnaeus*, 1758). *Environmental Toxicology and Chemistry*. 9999 (12): 1–7.

- Poopal RK, Mathan R, Bheeman D. 2013. Shortterm mercury exposure on Na⁺/K⁺-ATPase activity and ion oregulation in gill and brain of an Indian major carp, *Cirrhinus mrigala*. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 27(1): 70–75.
- Prabowo R, Subantoro R. 2012. Kualitas Air dan Beban Pencemaran Pestisida di Sungai Babon Kota Semarang. *MEDIAGRO*. 8(1): 9–17.
- Pratiwi H, Hayati H, Winarni D. 2016. Pengaruh kadmium terhadap struktur gonat ikan nila pada salinitas yang berbeda. *Artikel Fakultas Sains Dan Teknologi*, Universitas Airlangga: Surabaya.
- Prihantini NB, Wisnu W, Dian H, Arya W, Yuni A, Ronny R. 2008. Biodiversitas Cyanobacteria dari beberapa situ/danau di kawasan Jakarta-Depok-Bogor, Indonesia. *Makara sains*. 12(1): 44–54.
- Prisoeryanto BP, Ersu IM, Tiuria R, Handayani SU. 2010. Gambaran hispatologi insang, usus dan otot ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) yang berasal dari daerah Ciampea, Bogor. *Hemera Zoa*. 2(1): 1–8
- Priyanto N, Dwiytino F, Ariyani. 2008. Kandungan logam berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) pada ikan, air, dan sedimen di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 3(1): 69–78.
- Pudjirahaju A, Bungas K, Yuliany K. 2006. Pengaruh perbedaan suhu kejutan panas terhadap keberhasilan gynogenesis pada ikan mas (*Cyprinus carpio* L.). *Journal of Tropic Fisheries*. 1(2): 126–131.
- Purnomo T, Muchyiddin. 2007. Analisis kandungan timbal (Pb) pada ikan bandeng (*Chanos chanos* Forsk.) di tambak Kecamatan Gresik. *Neptunus*. 14(1): 68–77.
- Puspita AD, Sansoto A, Yulianto B. 2014. Studi akumulasi logam timbal (Pb) dan efeknya terhadap kandungan klofofil daun mangrove *Rhizophora mucronata*. *J. Mar. Res*. 3(1): 44–53.
- Pyle GG, Rajotte JW, Couture P. 2005. Effects of industrial metals on wild fish populations along a metal contamination gradient. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 61(3): 287–312.

- Rachmawatie R, Hidayah Z, Abida IW. 2009. Analisis konsentrasi merkuri (hg) dan cadmium (cd) di muara sungai porong sebagai area buangan limbah lumpur lapindo. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*. 2(2): 125–134.
- Rajamanicham V, Musthuswam N. 2008. Effect of heavy metals induced toxicity on metabolic biomarkers in common carp (*Cyprinus carpio*.L). *Mj. Int. Sci. Tech*. 2(1): 192–200.
- Ram RN, Sathyanesan AG. 1983. Effect of mercuric chloride on the reproductive cycle of the teleostean fish *Channa punctatus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 30(1): 24–27.
- Regnault-Roger C. 2005. *New Insecticides Of Plant Origin For The Third Millenium?* In B.J.R. Regnault-Roger, C. Philogene, and C. Vincent (Eds). *Biopesticides of Plant Origin*. Lavoisier Publishing Inc. pp. 17–35.
- Reid SD, McDondald G. 1988. Effects of cadmium, copper, and low pH on ion fluxes in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 45: 244–253.
- Rizal M. 2014. Bioacumulation heavy metal lead (Pb) and cadmium (Cd) seagrass (*Enhalus acroides*) in Waai and Galala Island Ambon. *J. Mar. Res*. 16: 349–365.
- Robbins SL, Ramzi SC, Kumar V. 1995. *Pocket Companion to Pathologic Basis of Disease*. W. B. Saunders Company. Philadelphia.
- Roberts RJ. 1978. *Fish pathology*. Bailliere Tindal. London. Pp.571.
- Rompas MR. 2010. *Toksikologi Kelautan*. Sekretariat Dewan Kelautan Indonesia: Jakarta Pusat.
- Royan F, Rezeki S, Haditomo AHC. 2014. Pengaruh salinitas yang berbeda terhadap profil darah ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Journal of aquaculture management and technology*. 3(2): 109–117.
- Rudiyanti S, Ekasari AD. 2009. Pertumbuhan dan survival rate ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn) pada berbagai konsentrasi pestisida regent 0,3 g. *Saintek Perikanan*. 5(1): 49–54.

- Rudiyanti S. 2009. Biokonsentrasi kerang darah (*Anadara granosa* linn) terhadap logam berat cadmium (Cd) yang terkandung dalam media pemeliharaan yang berasal dari perairan Kaliwungu, Kendal. Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.
- Sabra FS, Mehana ESE. 2015. Pesticides toxicity in fish with particular reference to insecticides. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*, 03(1): 40–60.
- Sagala EP. 2011. Indek saprobik komunitas dalam menentukan tingkat pencemaran di perairan laut antara muara sungai benu dan pulau betet, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*. (02): 11–18.
- Sahara R, & Puryanti D. 2015. Distribusi Logam Berat Hg dan Pb Pada Sungai Batanghari Aliran Batu Bakauik Dharmasraya, Sumatera Barat. *Jurnal Fisika Unand*. 4(1): 68–77.
- Sahetapy JM. 2011. Toksisitas logam berat timbal (Pb) dan pengaruhnya pada konsumsi oksigen dan respon hematologi juvenil ikan kerapu macan. [Tesis]. Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- Sahetapy JMF. 2011. Toksisitas Logam Berat Timbal (Pb) Dan Pengaruhnya Pada Konsumsi Oksigen Dan Respon Hematologi Juvenil Ikan Kerapu Macan (*Epinephelus fuscoguttatus*). [Tesis]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Sahetapy JMF. 2013. Dampak toksisitas sub kronis logam berat timbal (Pb) terhadap respons hematologi dan pertumbuhan ikan kerapu macan (*Epinephelus Fuscoguttatus*). *Jurnal Triton*. 8(1): 30–39.
- Saiyed H, Dewan A, Bhatnagar V, Shenoy U, Shenoy R, Rajmohan H, Patel K, Kashyap R, Kulkarni P, Rajan B, Lakkad B. 2003. Effect of endosulfan on male reproductive development. *Environ Health Perspect*. 111(16): 1958–1962.
- Sastrawijaya AT. 2000. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta: Jakarta.
- Senarat S, Jiraunkoorskul W, Kettratad J. 2017. Ovarian histology and reproductive health of short mackerel, *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851), as threatened marine fish in Thailand. *Songklanakarin. J. Sci. Technol*. 39(2): 225–235.

- Sheir SK, Handy RD, Henry TB. 2013. Effect of pollution history on immunological responses and organ histology in the marine mussel *Mytilus edulis* exposed to cadmium. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 64(4): 701–716.
- Sidhaye, Aniket R. 2005. Alkaline Phosphatase. Medline/Plus. <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/enc/article/003470.htm>. Diakses 12 April 2018.
- Singh PB, Singh V, Nayak PK. 2008. Pesticide residues and reproductive dysfunction in different vertebrates from north india. *Food Chemical Toxicology*. 46 (7): 2533–2539.
- Singh RN. 2013. Acute Toxicity of an organophosphate, dimethoate to an air breathing fish, *Colisa fasciatus* (Bl.&Schn). *Indian Journal of Scientific Research*. 4 (1): 97–100.
- Siregar, Y. I., Zamri, A., & Putra, H. (2012). Penyerapan timbal (Pb) pada sistem organ Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L). *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 6(1):43–51.
- Sobirin M. 2015. Pengaruh salinitas dan kadmium terhadap osmoregulasi ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Thesis. Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Airlangga: Surabaya.
- Sodiq M. 2000. Pengaruh pestisida terhadap organisme tanah. *Jurnal Pertanian Mapeta*. 2(5): 20–22.
- Soemirat J. 2003. *Toksikologi Lingkungan*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Soraya Y, Syafilla M, Rachmatiah I, Salami S. 2012. Pengaruh temperatur terhadap akumulasi dan depurasi tembaga (Cu) serta kadmium (Cd) pada ikan nila (*Oreochromis Niloticus*). Teknik Lingkungan, ITB.
- Sorensen EM. 1991. *Cadmium*. In *Metal poisoning in fish*. Boca Raton, FL: CRC Press, pp. 175–234.
- Sridevi P, Chaitanya RK, Prathibha Y, Balakrishna S, Dutta-Gupta A, Senthilkumaran B. 2015. Early exposure of 17 α -ethynylestradiol and diethylstilbestrol induces morphological changes and alters ovarian steroidogenic pathway enzyme gene expression in catfish, *Clarias gariepinus*. *Environ. Toxicol.* 30: 439–451.

- Srivastava AP, Mishra D, Shrivastava S, Srivastav SK, Srivastav AK. 2010. Acute toxicity and behavioural responses of *Heteropneustes fossilis* to an organophosphate insecticide, dimethoate. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 1(4): 359–363.
- Sturm A, De Assis HDS, Hansen PD. 1999. Cholinesterases of marine teleost fish: enzymological characterization and potential use in the monitoring of neurotoxic contamination. *Marine Environmental Research*. 47(4): 389–398.
- Sudarso, Y, Yoga GP, & Suryono T. 2009. Pengaruh aktivitas an tropogenik di sungai cikaniki (jawa barat) terhadap komunitas fauna makrobentik. *Jurnal Limnotek*. 16 (2): 153–166.
- Sulaksono IC. 2001. Kajian jenis dan tingkat residu insektisida serta pengaruhnya terhadap komunitas makrozoobentos. *Tesis*. Program Pascasarjana, IPB. Bogor. hal 98.
- Supriyono E, Budiyaniti B, Budiardi T. 2012. Respon fisiologi benih ikan kerapu macan *Epinephelus fuscoguttatus* terhadap penggunaan minyak sereh dalam transportasi tertutup dengan kepadatan tinggi. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal Of Marine Sciences*. 15(2): 103–112.
- Susanto, D. 2008. Gambaran histopatologi organ insang, otot dan usus ikan mas (*Cyprinus carpio*) di desa cibanteng. [Skripsi]. Fakultas Kedokteran Hewan Institut Pertanian Bogor.
- Suseno H, Hudiyono S, Budiawan, Wisnubroto DS. 2010. Effects of Concentration, Body Size and Food Type on the Bioaccumulation of Hg in Farmed Tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 4(5): 792–799.
- Sutomo. 1988. Peranan Hipofisa Dlam Produksi Benih Ikan. *Jurnal Oseana*, 13(3): 109–123.
- Svobodová ZL, Dusek, Hejtmánek M, Vykusová B, Smíd R. 1999. Bioaccumulation of mercury in various fish species from Orlík and Kamýr Reservoirs in the Czech Republic. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 43: 231–240.
- Takashima F, Hibiya T. 1995. *An Atlas of Fish Histology Normal and Pathological Feature. Second Edition*. Kondasha LTD: Tokyo.

- Tandjung SD. 1995. *Toksikologi Lingkungan*. Fakultas Biologi UGM: Yogyakarta.
- Tandjung SD. 1995. *Toksikologi Lingkungan*. Fakultas Biologi UGM: Yogyakarta.
- Tarwotjo U, Situmorang J, Soesilohadi RCH, Martono, E. 2014. Monitoring resistensi populasi *plutella xylostella*, L terhadap residu emamektin benzoat di sentra produksi tanaman kubis Propinsi Jawa Tengah. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 21(2): 202–212.
- Taufik I. 2005. Pengaruh lanjut bioakumulasi insektisida endosulfan terhadap pertumbuhan dan kondisi hematologis ikan mas (*Cyprinus carpio*). Tesis. Sekolah Pascasarjana, Program Studi Ilmu Perairan, IPB.
- Taufik IE, Supriyono, Nirmala K. 2009. Pengaruh bioakumulasi endosulfan terhadap pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio* Linn). *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 8(1): 59–65.
- Teta C, Naik YS. 2017. Vitellogenin induction and reduced fecundity in zebrafish exposed to effluents from the City of Bulawayo, Zimbabwe. *Chemosphere*. 167: 282–290.
- Thomas P, Budiantara L. 1995. Reproductive life history stages sensitive to oil and naphthalene in Atlantic croaker. *Marine Environmental Research*. 39: 147–150.
- Thongraar W, Parkpian P, Tang A. 2003. Toxicity of mercury to growth and survival of seabass larvae, *Lates calcarifer* and the modifying effects of salinity. *Research Article in Science Asia*. 29: 209–219.
- Tilton SC, Fora CM, Benson HW. 2003. Effects of cadmium on the reproductive axis of Japanese medaka (*Oryzias latipes*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 136(3): 265–276.
- Tolussi CE, Gomes ADO, Kumar A, Ribeiro CS, Nostro FLL, Bain PA, De-Souza GB, Cuña RD, Honji RM, Moreira RG. 2018. Environmental pollution affects molecular and biochemical responses during gonadal maturation of *Astyanax fasciatus* (Teleostei: Characiformes: Characidae). *Ecotoxicol. Environ. Saf*. 147: 926–934.

- Torre DFR, Salibian A, Ferrari L. 2000. Biomarkers assessment in juvenile *Cyprinus carpio* exposed to waterborne cadmium. *Environmental Pollution*. 109(2): 277–282
- Tort L, Madsen L. 1991. The effects of the heavy metals cadmium and zinc on the contraction of ventricular fibres in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology*. 99(3): 353–356.
- Triadayani AE, Aryawati R, Diansyah G. 2010. Pengaruh logam timbal (Pb) terhadap jaringan hati ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*). *Maspari Journal*. 01: 42–47.
- Triadayani AE, Aryawaty R, Diansyah G. 2010. Pengaruh logam timbal (pb) terhadap jaringan hati ikan kerapu bebek (*Cromileptes altivelis*). *Maspari Journal*. 1(1): 42–47.
- Tyler CR, Eerden BV, Jobling S, Panter G, Sumpter JP. 1996. Measurement of vitellogenin, a biomarker for exposure to oestrogenic chemicals in a wide variety of cyprinid fish. *The Journal of Comparative Physiology*. 166: 418–426.
- Tyor AK, Pahwa K. 2017. Pollutants induced oxidative stress, DNA damage and cellular deformities in *Clarias gariepinus* (Burchell), from River Yamuna in Delhi Region, India. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*. 99: 33–38.
- Ubong G, Etim IN, Ekanim MP, Akpan, Monica K. 2015. Toxix effect of crude oil on hatchery reared *Oreochromis niloticus* fingerlings. *Journal of Academia and Industrial Research*. 11(3): 573–576.
- Ullrich SM, Tanton TW, Abdrashitova SA. 2001. Mercury in the aquatic environment: a review of factors affecting methylation. *Critical Reviews in Environment Science and Technology*. 31(3) :241–93.
- Wallace RA, Begovac PC. 1985. Phosvitin in fundulus oocytes and eggs. *Journal of Biological Chamistry*. 260: 11268–11274.
- Weis JS, Weis P. 1998. Effects of exposure to lead on behavior of mummichog (*Fundulus heteroclitus* L.) larvae. *Journal of experimental marine biology and ecology*. 222(1–2): 1–10.

- Willey JB, Krone PH. 2001. Effects of endosulfan and nonylphenol on the primordial germ cell population in pre-larval zebrafish embryos. *Aquat Toxicol.* 54(1-2): 113-23.
- Witeska M, Wakulesk M. 2006. The Effect of Heavy Metal Blood Cells In Vitro. *Alternatives to Lab Animals.* 35(1): 87-92.
- Wolfe JC, Wolfe MJ. 2005. A brief overview of nonneoplastic hepatic toxicity in fish. *Toxicologic Pathology.* 33: 75-85.
- Yamamoto FY, Garcia JRE, Kupsco A, Ribeiro CAO. 2017. Vitellogenin levels and others biomarkers show evidences of endocrine disruption in fish species from Iguaçú River-Southern Brazil. *Chemosphere.* 186: 88-99.
- Yamin M, Palinggi NN, Syah R. 2008. Aktivitas enzim protease dalam lambung dan usus ikan kerapu macan setelah pemberian pakan. *Media akuakultur.* 3(1): 40-44.
- Yanbo W, Wenju Z, Weifen L, Zirong X. 2006. Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations. *Fish Physiology and Biochemistry.* 32(1): 49-54.
- Yanto H, Hastiadi, Sunarto. 2015. Studi hematologi untuk diagnosa penyakit ikan secara dini di sentra produksi budidaya ikan air tawar Sungai Kapuas Kota Pontianak. *Jurnal Akuatik.* 4(1): 11-20.
- Yosmaniar. 2009. Toksisitas niklosamida terhadap pertumbuhan, kondisi hematologi dan histopatologi juvenil ikan mas (*Cyprinus carpio*). [Tesis]. Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Younis EM, Abdel-Warith AA, Al-Asgah NA, Ebaid H, Mubarak M. 2013. Histological changes in the liver and intestine of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, exposed to sublethal concentrations of cadmium. *Pakistan J. Zool.* 45(3): 833-841.
- Yousif AN, Abright LJ, Evelyn TPT. 1994. In vitro evidence for the antibacterial role of lysozyme in salmonid eggs. *Diseases of Aquatic Organisms.* 19: 15-19.
- Yudha IG. 2009. Tingkat kerusakan sel darah merah ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) yang dipaparkan endosulfan pada konsentrasi subletal. *Jurnal Perikanan.* 8(1): 129-133.

- Yulaipi S, Aunurohim A. 2013. Bioakumulasi logam berat timbal (Pb) dan hubungannya dengan laju pertumbuhan ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*). *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 2(2): 166–170.
- Yulintine E, Harris D, Jusadi R, Affandi, Alimuddin. 2012. Perkembangan aktifitas enzim pada saluran pencernaan larva ikan betok *Anabas testudineus* bloch. *Bionatura J. Ilmu- ilmu Hayati dan Fisik*. 14(1): 59–67.
- Yulintine E. Harris D, Jusadi, Affandi R. Alimuddin. 2012. Perkembangan aktifitas enzim pada saluran pencernaan larva ikan betok *Anabas testudineus* bloch. *Bionatura J. Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*. 14(1): 59–67.
- Yusnidar Y. 2011. Analisa kadar logam timbal (Pb) pada ikan mas hasil persilangan yang dibudidayakan pada keramba jaring apung Waduk Cirata Jawa Barat. *Jurnal Riset Sains Dan Kimia Terapan*. 1(2): 98–110.
- Zhang QF, Li YW, Liu ZH, Chen QL. 2016. Exposure to mercuric chloride induces developmental damage, oxidative stress and immunotoxicity in zebrafish embryos-larvae. *Aquat. Toxicol*. 181: 76–85.
- Zhang Y, Zhang S, Lu H, Zhang L, Zhang W. 2014. Genes encoding aromatases in teleosts: evolution and expression regulation. *General and Comparative Endocrinology*. 205(1): 151–158.
- Zulfahmi I. 2014. Toksisitas merkuri dan pengaruhnya terhadap histopatologi ikan nila (*Oreochromis niloticus*). [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Zulfahmi I, Ridwan A, Djamar TFL. 2014. Kondisi biometrik ikan nila, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) yang terpapar merkuri [Biometric condition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1758) after mercury exposure]. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. 14: 37–48.
- Zulfahmi I, Ridwan A, Djamar TFL. 2015. Perubahan struktur histologis insang dan hati ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) yang terpapar merkuri [Histological changes of liver and Gill of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) after mercury exposure]. *Jurnal Edukasi dan Sains Biologi*. 4: 35–36.

- Zulfahmi, I., Muliari, Akmal, Y., 2017. Indeks hepatosomatik dan histopatologi hati ikan nila (*Oreochromis niloticus* linnaeus 1758) yang dipapar limbah cair kelapa sawit [Hepatosomatic Index anf Liver Histopathology of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) Exposed to Palm Oil Mill Effluent]. *Prosiding Semdi-Unaya*. 1(2017): 301–314.
- Zulfahmi I, Muliari, Mawaddah I. 2017. Toksisitas limbah cair kelapa sawit terhadap ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linneus 1758) dan ikan bandeng (*Chanos chanos* Froskall 1755) [Toxicity of palm oil mill effluent on nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linneus 1758) and milk fish (*Chanos chanos* Froskall 1755)]. *Agricola*. 7: 44–55.
- Zulfahmi I, Muliari, Akmal Y, Batubara AS. 2018. Reproductive performance and gonad histopathology of female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus 1758) exposed to palm oil mill effluent. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*. 44(4): 327–332.

PROFIL PENULIS

Muliari dilahirkan di Desa Kede Bayu, Kabupaten Aceh Utara, Provinsi Aceh pada 23 Juli 1986. Pada tahun 2004 menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Bireuen, pada tahun yang sama Penulis melanjutkan pendidikan sarjana pada program studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Syiah Kuala. Tahun 2011 Penulis menyelesaikan magister pada program studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Riwayat bekerja Penulis di antaranya sebagai salah satu tim peneliti Sosial Ekonomi Perikanan di Flora Fauna internasional pada tahun 2009. Sejak tahun 2012 hingga sekarang Penulis bekerja sebagai dosen tetap pada program studi Budidaya Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim. Dalam bidang penelitian, Penulis telah sering memenangkan beberapa hibah baik ditingkat lokal maupun nasional di antaranya Penelitian Dosen Pemula 2016 & 2017 (Ristekdikti) dan Penelitian Kerjasama Perguruan Tinggi 2018 dan 2019 (Ristekdikti). Alamat kantor penulis: Program Studi Budidaya Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Almuslim Bireuen, Jalan Almuslim Kec. Pusangan, Kode pos 24267, Telepon (0644) 442166. Alamat rumah: Jalan Pente Lheng 2, Desa Blang Panjoe, Kec. Peusangan, Kab. Bireuen, Aceh. Kode pos 24267. Alamat email: muliari86@gmail.com.

Ilham Zulfahmi dilahirkan di Desa Dayah Mesjid, Kecamatan Gandapura, Kabupaten Bireuen, Provinsi Aceh pada 16 Juli 1988. Setelah menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Bireuen, Penulis melanjutkan pendidikan sarjana pada program studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Syiah Kuala dan magister pada program studi Pengelolaan Sumberdaya Perairan,

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Sejak tahun 2016, Penulis bekerja sebagai salah satu dosen tetap pada program studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Bidang keahlian Penulis adalah ekologi perairan.

Di samping mengajar, Penulis aktif melakukan berbagai kegiatan penelitian terkait bidang keahlian yang ditekuni. Beberapa hibah penelitian yang dimenangkan oleh Penulis adalah Penelitian Dosen Pemula 2016 & 2017 (Ristekdikti), Penelitian Kerjasama Riset Institut Teknologi dan Sains Bandung 2017, Penelitian Pemula 2017 (UIN Ar-Raniry), Penelitian Kerjasama Perguruan Tinggi 2018 dan 2019 (Ristekdikti), Penelitian Pembinaan/Peningkatan Kapasitas 2018 (UIN Ar-Raniry), Penelitian Forum Konservasi Leuser 2018 serta Penelitian Dasar Pengembangan Program Studi 2019 (UIN Ar-Raniry). Penulis juga aktif melakukan publikasi hasil penelitian pada jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional terindeks. Selain menghasilkan karya tulis ilmiah, ragam tulisan dalam bentuk opini terkait pengelolaan sumberdaya perikanan dan kelautan juga telah diwartakan oleh beberapa surat kabar. Buku ini merupakan buku kedua penulis. Penulis dapat dihubungi melalui surel: Ilhamgravel@yahoo.com.

Yusrizal Akmal dilahirkan di Gampong, Raya Dagang pada tanggal 22 Januari 1987. Tahun 2003 Penulis melanjutkan studi ke Sekolah Menengah Atas Negeri 01 Bireuen dan tamat tahun 2005. Di tahun yang sama, Penulis diterima di Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala (UNSYIAH) Banda Aceh. Penulis mendapatkan gelar sarjana

kedokteran hewan (S.KH) pada tahun 2009, melanjutkan Program Profesi Dokter Hewan (PPDH) dan tamat pada tahun 2011 serta mendapat gelar Dokter Hewan (Drh). Pada tahun 2012 Penulis mendapatkan kesempatan melanjutkan dengan menerima bantuan beasiswa selama dua tahun dari BU DIKTI pascasarjana S-2 di Prodi Anatomi dan Perkembangan Hewan, Departemen Anatomi Fisiologi dan Farmakologi Institut Pertanian Bogor (IPB) dan tamat pada tahun 2014 serta mendapat gelar Magister Sains (M.Si).

Di sela-sela kesibukannya, Penulis aktif dalam melakukan penelitian dan publikasi terutama yang terfokus pada ilmu anatomi, histologi dan perkembangan hewan. Berbagai karya ilmiah Penulis telah diterbitkan, baik dalam jurnal nasional, nasional terakreditasi dan internasional terindeks. Dalam bidang penelitian, Penulis telah sering memenangkan beberapa hibah baik ditingkat lokal maupun nasional di antaranya Penelitian Dosen Pemula 2018 (Ristekdikti) dan Penelitian Kerjasama Perguruan Tinggi 2018 dan 2019 (Ristekdikti). Buku ini merupakan buku keempat Penulis, setelah sebelumnya Penulis menerbitkan buku ajar ber-ISBN berjudul *Buku Ajar Anatomi dan Fisiologi Manusia* Tahun 2018, *Osteologi Ikan Keureling (Tor Tambroides)* Tahun 2019, dan *Analisis Jalur dan Aplikasi SPSS Versi 25* Tahun 2019. Untuk berdiskusi terkait buku ini Penulis dapat dihubungi pada alamat berikut: Program Studi Budidaya Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Almuslim Bireuen, Jalan Almuslim Kec. Pusangan, Kode pos 24267, Telepon (0644) 442166. Alamat email: drh.yusrizal.akmal.msi@gmail.com.