



Masyarakat Moluska Indonesia

ISSN 2087-8532

63

Jurnal

MOLUSKA INDONESIA

Volume 2 • Edisi 2 • Desember 2011



Niken T. M. Pratiwi, Ristiyanti M. Marwoto, Majariana Krisanti, Pungki Kumaladewi Tingkat Konsumsi Keong Murbei (<i>Pomacea canaliculata</i>) terhadap <i>Vallisneria spiralis</i> serta Potensinya dalam Penanggulangan Gulma Air	59-66
Etty Riani Gangguan Reproduksi akibat Pencemaran Logam Berat pada Kerang Hijau (<i>Perna viridis</i>) yang Dibudidaya di Perairan Muara Kamal, Teluk Jakarta	67-74
Safar Dody Sebaran Tiram Batu (<i>Cellana testudinaria</i> Linn, 1758) di Perairan Kepulauan Bandanaira, Maluku	75-80
Fredinan Yulianda dan Yonvitner Laju Pertumbuhan dan Penempelan Kerang Hijau (<i>Perna viridis</i> , Linn, 1789)	81-88
Delianis Pringgenies Uji Aktivitas Mikroba Bakteri Simbion Moluska	89-98
Yunizar Ernawati, Nurlisa A. Butet, Siti Marlina Wahyuningtias Analisis Beberapa Aspek Biologi Reproduksi pada Kerang Darah (<i>anadara granosa</i>) Di Perairan Bojonegara, Teluk Banten, Banten	99-106
Dersy Kardova Utami, Fredinan Yulianda, Yusli Wardiatno Studi Bioekologi Siput Gonggong (<i>Strombus turturella</i>) di Desa Bakit, Teluk Klabat, Kabupaten Bangka Barat, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung	107-116

Jurnal
MOLUSKA INDONESIA
Volume 2 • Edisi 2 • Desember 2011



GANGGUAN REPRODUKSI AKIBAT PENCEMARAN LOGAM BERAT PADA KERANG HIJAU (*Perna viridis*) YANG DIBUDIDAYA DI PERAIRAN MUARA KAMAL, TELUK JAKARTA
(Reproduction Disorders by Heavy Metal Wastes on Cultured Green Mussels (Perna viridis) in Muara Kamal, Jakarta Bay)

Etty Riani^{1*}

¹Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK – IPB

*etty_riani_harsono@yahoo.com

ABSTRAK

Teluk Jakarta banyak dicemari oleh limbah organik maupun anorganik. Salah satu dari limbah anorganik tersebut adalah limbah logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati sejauh mana limbah logam berat tersebut berpengaruh terhadap reproduksi dari kerang hijau pada budidaya kerang hijau di Muara Kamal. Pengamatan kualitas air serta pengukuran logam berat seperti Hg, Pb, Cd, Cr, dan Sn yang didapat dari tubuh kerang hijau dilakukan selama tujuh bulan. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa kualitas air di Muara Kamal tergolong baik, namun persentase logam berat yang terkandung melebihi ambang batas normal. Kerang hijau yang diteliti terbukti mengandung logam berat dalam jumlah yang tinggi, dimana 20-40% dari sampel kerang hijau tersebut mengalami malformasi pada cangkangnya. Para peneliti menduga bahwa logam berat yang mengakibatkan malformasi adalah salah satu jenis logam berat, yakni Pb.

Kata kunci: Polusi, logam berat, kerang hijau, generasi, malformasi, Pb.

ABSTRACT

Jakarta bay is a contaminated by organic as well as inorganic waste. One of the inorganic wastes is heavy metal. The objectives of this research is to observe the impact of heavy metals pollution on green mussels to reproductive disorder, based on malformation on the new generation of green mussels culture at Muara Kamal, Jakarta bay. The monitoring of water quality as well as measurement of the heavy metal Hg, Pb, Cd, Cr, and Sn in the water have been done in the green mussel's body for seven months. We can also examine the presentation of malformation in researched green mussel. The result showed that water quality in Muara Kamal area is quite good, but the heavy metals' percentage exceeds the threshold. Those researched green mussels accumulate high contamination of heavy metal, moreover 20-40% of them have the malformation in the shell. We think the malformation at Muara Kamal area is mostly caused by one of the heavy metal, Pb.

Key words: Pollution, heavy metal, green mussel, generation, malformation, Pb.

PENDAHULUAN

Saat ini teknologi mengalami kemajuan yang cukup pesat, namun perkembangan teknologi ini sering kali menimbulkan tekanan terhadap lingkungan sehingga menimbulkan ketimpangan yang lebih jauh dan kemerosotan kualitas lingkungan baik darat, laut, maupun udara yang pada akhirnya mengakibatkan terjadinya gangguan terhadap fungsi

lingkungan. Kondisi tersebut terjadi karena teknologi seringkali diikuti penggunaan bahan-bahan yang tidak ramah lingkungan, yang pada akhirnya mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan terutama yang diakibatkan oleh limbah yang berlebihan. Adapun jenis limbah yang banyak dihasilkan akibat dari perkembangan teknologi ini adalah bahan berbahaya dan beracun (B3). Di lain pihak, B3 merupakan

bahan yang perlu diwaspadai karena jika B3 tidak dikelola dengan baik, maka akan berakibat terhadap berbagai masalah yang berujung pada munculnya kerugian ekonomi.

Tercemarnya air laut oleh bahan pencemar umumnya disebabkan masuknya limbah dan sampah ke dalam perairan. Adapun salah satu perairan yang mempunyai potensi sangat besar oleh limbah B3 adalah Teluk Jakarta. Hal ini disebabkan maraknya pembangunan dan industrialisasi yang terjadi di Provinsi DKI Jakarta dan daerah *hinterland*-nya. Adapun kegiatan-kegiatan pembangunan yang dapat menimbulkan pencemaran perairan di Teluk Jakarta diantaranya adalah pemukiman, industri, transportasi, pelabuhan laut, rumah sakit, industri perikanan, perdagangan, jasa, dan sebagainya. Terbatasnya usaha pengolahan limbah dan sampah pada berbagai kegiatan tersebut dapat menyebabkan konsentrasi limbah yang dihasilkan melebihi kemampuan menetralsirnya (Riani 2010). Kondisi ini dapat terjadi di seluruh perairan Teluk Jakarta, seperti di Muara Kamal yang merupakan perairan yang banyak dimanfaatkan untuk melakukan budidaya kerang hijau.

Hasil penelitian Riani (2004) di Muara Kamal teridentifikasi bahwa akumulasi bahan pencemar yang termasuk ke dalam limbah B3 yang paling besar terjadi pada biota laut yang hidup sesil (menetap) salah satunya yakni kerang hijau. Menurut Riani (2009) logam berat tersebut terakumulasi lebih banyak pada hepatopankreas dan insang kerang hijau. Di lain pihak, logam berat dapat pula bersifat sebagai teratogenik yakni menimbulkan

cacat bawaan pada embrio yang dilahirkannya. Hal ini sesuai dengan pendapat Frazier (1979); Gregory *et al.* (1995); Feraro *et al.* (2006) dan Weber (2006) yang mengatakan bahwa limbah B3 terutama logam berat akan terakumulasi pada tubuh organisme laut yang hidup di dalamnya. Selanjutnya menurut Gooding *et al.* (2003); Horiguchi *et al.* (2006); Feraro *et al.* (2006) dan Lugowska (2007) berbagai jenis logam berat tersebut dapat mengakibatkan terjadinya cacat bawaan pada embrio yang dilahirkan.

Berdasarkan pernyataan-pernyataan di atas, maka bukan tidak mungkin pada kerang hijau yang dibudidayakan di Teluk Jakarta yang tercemar logam berat, akan terjadi kecacatan pada embrionya. Adapun salah satu bentuk kelainan pada kerang hijau adalah terjadinya kecacatan pada cangkang kerang hijau yang dikenal dengan istilah malformasi atau deformasi, seperti berubahnya bentuk cangkang kerang hijau menjadi mengembung.

Informasi tentang kerang hijau di Muara Kamal masih sangat minim. Oleh karena itu, penulis merasa perlu melihat resiko yang terjadi pada embrio kerang hijau akibat tingginya pencemaran logam berat dengan melihat kejadian malformasinya pada cangkang kerang hijau. Penelitian ini bertujuan untuk melihat dampak dari pencemaran logam berat terhadap gangguan reproduksi yang diturunkan kerang hijau yang dibudidayakan di Perairan Muara Kamal, Teluk Jakarta.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Perairan Teluk Jakarta, tepatnya di Muara Kamal, Propinsi DKI Jakarta, pada periode April-Mei 2006. Pada penelitian ini juga dikumpulkan kerang hijau yang diambil dari kegiatan budidaya di Perairan Muara Kamal. Kerang hijau yang diambil tersebut adalah kerang hijau berbagai ukuran dair lokasi-lokasi budidaya yang dapat mewakili wilayah Perairan Muara Kamal secara keseluruhan. Adapun titik pengambilan sampel penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Titik-titik pengambilan sampel pada beberapa stasiun

Stasiun	S	E
1 (1000 m)	06° 05' 12.0"	106° 43' 51.9"
2 (2000 m)	06° 05' 01.9"	106° 45' 10.2"
3 (3000 m)	06° 04' 26.6"	105° 45' 11.6"
4 (4000 m)	06° 04' 13.2"	106° 45' 10.2"
5 (P. Onrust)	06° 02' 05.7"	106° 44' 05.7"

Contoh air yang diambil dari setiap lokasi unit contoh dimasukkan ke dalam botol sampel dan diawetkan terlebih dahulu dengan menggunakan HNO₃ untuk sample logam berat serta pengawetan pada suhu < 4⁰ C untuk parameter lainnya. Selanjutnya sampel air dianalisis di Laboratorium Limnologi FPIK-IPB dan pemeriksaan logam berat dilakukan di Laboratorium Lingkungan TIN-Fateta-IPB dengan menggunakan metode standar dan dibaca dengan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Data parameter kualitas air yang diperoleh pada penelitian ini diahalisa dengan membandingkannya dengan baku mutu

yang tertera pada PP Nomor 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air serta dengan hasil dari kajian ilmiah.

Contoh sampel kerang hijau yang diambil dari setiap lokasi unit contoh yang mewakili secara keseluruhan perairan dimasukkan ke dalam plastik sampel dan diawetkan pada suhu < 4⁰ C. Selanjutnya sampel kerang hijau dianalisis dengan cara melakukan pengukuran terhadap ukuran cangkang kerang hijau dengan menggunakan jangka sorong. Untuk keperluan ini setiap individu kerang hijau diukur tingginya (tebalnya). Selanjutnya ukuran tinggi kerang akan dibandingkan terhadap ukuran tinggi kerang normal. Jika mencapai 1,5 kali ukuran normal maka kerang dikategorikan mengalami mal-formasi. Ukuran fisik ketebalan cangkang kerang hijau yang didapat pada penelitian ini selanjutnya dibandingkan dengan kerang hijau normal yang didapat dari studi literatur. Selanjutnya dianalisis kandungan logam beratnya dan prosentase kerang yang mengalami malformasi yang ada dalam populasi kerang tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini terlihat bahwa beberapa parameter kualitas air yakni suhu air, salinitas, pH, nitrat, posfat, amoniak mulai dari stasiun I sampai dengan stasiun V (Tabel 2) memperlihatkan bahwa kualitas air di lokasi penelitian masuk dalam kategori cukup baik, sehingga akan cukup mendukung kehidupan yang ada di dalam Perairan Muara Kamal. Oleh karenanya maka kualitas air perairan tersebut juga

akan mendukung kehidupan kerang hijau yang dibudidaya di dalamnya.

Tabel 2. Kualitas air di Perairan Muara Kamal

No	Parameter	Satuan	Stasiun Pengamatan					P. Onrust
			Muara	1000 m	2000 m	3000 m	4000 m	
1	Kekeruhan	NTU	38,3	2,2	5,5	3,8	3,1	3,3
2	Salinitas	‰	28	33	35	35	34,5	30
3	Suhu	°C	28	28	29	29	29	28
4	COD	mg/l	26	93,73	118,18	122,26	81,51	24
5	pH		8	8	7,5	7	7	8
6	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	0,030	0,030	0,025	0,023	0,021	0,031
7	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	0,008	<0,001	0,002	0,001	0,002	0,006
8	Amoniak (NH ₃ -N)	mg/l	0,548	0,443	0,498	0,043	0,042	0,178
9	Fosfat (PO ₄)	mg/l	0,0434	0,039	0,042	0,021	0,020	0,014

Berbeda dengan parameter kualitas air lainnya, ternyata kandungan logam berat yang ada dalam perairan, baik timbal, air raksa, krom dan kadmium (Tabel 3), memperlihatkan bahwa konsentrasinya menurut PP Nomor 82 tahun 2001, sudah melebihi ambang batas yang ditentukan. Namun demikian stanum kandungannya sangat rendah dalam perairan sehingga tidak

terdeteksi oleh alat yang digunakan pada penelitian ini. Oleh karena itu maka kandungan logam berat tersebut diduga akan dapat mengganggu kehidupan biota yang ada di dalamnya termasuk kehidupan kerang hijau, baik yang hidup secara alami maupun yang dibudidaya di perairan di Muara Kamal.

Tabel 3. Kandungan logam berat di Perairan Muara Kamal

No	Logam Berat	Satuan	Konsentrasi pada Stasiun					P. Onrust
			Muara Sungai	1000 m	2000 m	3000 m	4000 m	
1	Timbal (Pb)	ppm	0,109	0,012	0,018	0,012	0,008	0,006
2	Raksa (Hg)	ppb	0,108	0,119	0,220	0,130	0,100	0,087
3	Khrom Total (Cr)	ppm	0,042	0,042	0,038	0,040	0,024	0,020
4	Kadmium (Cd)	ppm	0,016	0,110	0,005	0,013	0,007	0,007
5	Stannum (Sn)	ppm	0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Kandungan logam berat pada kerang hijau di muara kamal pada usia budidaya tujuh bulan sangat tinggi, jauh lebih tinggi dibanding kandungannya dalam air seperti yang terlihat pada Tabel 4. Pada penelitian ini, selain tingginya kandungan logam berat

pada kerang hijau, juga didapatkan adanya kerang hijau yang sudah mengalami kelainan bentuk tubuh seperti yang terlihat pada Tabel 5. Adapun kelainan bentuk tubuh yang terjadi pada kerang hijau adalah ukuran tebal cangkangnya yang lebih besar

dibandingkan lebar cangkang kerang hijau yang dikenal dengan istilah malformasi atau deformasi. Malformasi atau deformasi ini pada dasarnya merupakan cacat bawaan

yang terjadi pada kerang hijau sejak kerang hijau tersebut lahir (ditetaskan dari telur). Adapun hasil analisis kecacatan pada kerang hijau dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Kandungan logam berat pada kerang hijau yang dibudidayai di Perairan Muara Kamal

Stasiun	Kandungan logam berat kerang hijau 7 bulan (ppm)				
	Hg	Pb	Cd	Cr	Sn
1000 m	9,362	45,483	0,104	2,27	7,849
2000 m	7,123	40,407	0,097	1,195	7,305
3000 m	6,226	46,517	0,124	1,066	3,639
4000 m	6,210	4,150	0,117	1,038	7,327
P. Onrust	8,017	0,00	0,233	7,663	7,468
BM FDA	0,5	2,0	0,2	0,4	0

Tabel 5. Kecacatan yang terjadi pada kerang hijau yang dibudidayai

No	Stasiun	Kecacatan*
1	1000m	41
2	2000m	40
3	3000m	42
4	4000m	20
5	P. Onrust	12

*: Kecacatan pada kerang hijau yang dibudidayai 7 bulan (%)

Pada Tabel 4 terlihat bahwa kandungan logam berat Pb pada kerang hijau dibandingkan pada air terutama pada stasiun 1 (1000 m), stasiun 2 (2000 m), dan stasiun 3 (3000 m) sangat tinggi, yakni berturut-turut mencapai 3790 kali lipat, 2245 kali lipat dan 2584 kali lipat dibanding kandungannya dalam air. Hal ini memperlihatkan bahwa pada kerang hijau yang berumur tujuh bulan memperlihatkan terjadi akumulasi yang sangat hebat pada kerang hijau. Hal ini sesuai dengan pendapat Frazier (1979); Gregory *et al.* (1996); Feraro *et al.* (2006) dan Weber

(2006) yang mengatakan bahwa limbah B3 terutama logam berat akan terakumulasi pada tubuh organisme laut yang hidup di dalamnya.

Terjadinya kecacatan pada kerang hijau tersebut diduga terjadi karena tingginya kandungan logam berat yang terdapat pada tubuh kerang hijau. Hal ini terjadi karena logam berat merupakan bahan berbahaya dan beracun dalam tubuh makhluk hidup, dan apabila terakumulasi pada telur kerang hijau akan mempengaruhi perkembangan embrionya, dan pada embrio akan bersifat sebagai teratogenik. Adapun yang dimaksud dengan teratogenik di sini adalah kemampuan logam berat dalam mencetuskan terjadinya cacat bawaan pada embrio yang dilahirkan atau dengan kata lain bahan yang dapat mengakibatkan terjadinya cacat bawaan pada embrio. Hal ini sesuai dengan pendapat Gooding *et al.* (2003); Horiguchi *et al.* (2006); Feraro *et al.* (2006) dan Lugowska (2007) yang mengatakan bahwa berbagai jeins logam berat dapat mengakibatkan terjadinya cacat

bawaan pada embrio yang dilahirkan. Selanjutnya menurut Horiguchi *et al.* (2006) kecacatan tersebut terutama akan terjadi pada biota yang bersifat sesil seperti moluska. Hal tersebut juga sesuai dengan pendapat Heath (1987) yang mengatakan bahwa sejumlah racun metabolik dapat menghasilkan sejumlah efek teratogenik, pada tahapan perkembangan yang pertama sebelum pembentukan *blastula*. Selanjutnya dikatakan bahwa pada berbagai tahapan dari perkembangan embrio diduga akan memperlihatkan sensitifitas yang berbeda atau bahkan efek kualitatif yang berbeda dari suatu gangguan polutan. Oleh karena itu maka dapat dikatakan bahwa terjadinya kecacatan pada cangkang kerang hijau diduga karena tingginya logam berat pada tubuh kerang hijau yang direpresentasikan dengan tingginya kecacatan pada cangkang kerang hijau yang dibudidaya selama 7 bulan.

Pada penelitian ini ada data yang sangat menarik untuk diperhatikan, dalam hal ini pada Tabel 4 dan 5 terlihat bahwa terjadinya kecacatan pada kerang hijau (Tabel 5) ada indikasi seiring dan sejalan dengan konsentrasi logam berat Pb yang terakumulasi pada tubuhnya (Tabel 4). Dalam hal ini pada jarak 1000, 2000, dan 3000 m dari pantai dengan konsentrasi Pb yang hampir mirip yakni 40 – 46 ppm, diduga menimbulkan cacat bawaan (malformasi) yang tinggi dengan nilai yang hampir sama yakni 40-42% pada kerang hijau yang dibudidaya selama 7 bulan di lokasi penelitian. Pada kerang hijau yang dibudidaya pada jarak 4000 m, konsentrasi Pb dalam tubuhnya jauh lebih rendah, yakni hanya 4 ppm, ternyata kecacatan bawaan

yang ditimbulkannya hanya setengahnya. Berdasarkan data tersebut di atas diduga bahwa Pb merupakan logam berat yang relative lebih bertanggung jawab dalam menimbulkan kecacatan pada kerang hijau yang dibudidaya di Perairan Muara Kamal. Hal ini sesuai dengan pendapat Heath (1987) yang mengatakan bahwa pada konsentrasi racun melebihi nilai maksimum yang dapat diterima (*Maximum Acceptable Toxicant Concentration/MATC*) akan menimbulkan terjadinya cacat bawaan. Menurut Grosell *et al.* (2006) dalam Kamjarova (2009) Pb^{2+} diserap melalui tegangan independen kalsium channel yang mirip dengan cara masuknya ion Ca^{2+} sehingga dapat mengganggu metabolisme Ca. Bahkan menurut Ferraro (2009) bentuk ion Pb^{2+} mampu menggantikan keberadaan ion Ca^{2+} yang terdapat dalam jaringan tulang, padahal Pb (timbal) dapat memberikan efek racun dan bersifat kumulatif.

Adanya dugaan pada penelitian ini bahwa Pb relatif lebih bertanggung jawab dalam menimbulkan malformasi pada cangkang kerang hijau sesuai dengan pendapat Fichet *et al.* (1998) yang mengatakan bahwa pada organisme tingkat tinggi serta pada larva moluska, bahan berbahaya dan beracun seperti Pb dapat mengakibatkan terjadinya mutasi pada sel. Sel-sel yang mengalami mutagen tersebut diekspresikan pada fenotip dalam bentuk tubuh yang tidak sempurna (malformasi). Adapun terjadinya kerusakan permanen dan mutasi pada DNA tersebut, salah satunya dapat diakibatkan karena Pb (Garza *et al.* 2006). Menurut Ferraro (2009) Pb juga mempengaruhi sistem reproduksi, terutama akan menjadi gametotoksitas atau kecacatan yang ada

kaitannya dengan tulang. Berdasarkan hal tersebut, maka cacat bawaan yang terjadi pada cangkang kerang hijau yang kaya akan kalsium seperti pada tulang diduga terjadi karena adanya mutasi pada DNA yang diikuti oleh substitusi kalsium pada tulangnya oleh unsur Pb. Oleh karena itu maka terjadinya malformasi pada cangkang kerang hijau diduga disebabkan oleh Pb yang jumlahnya sangat tinggi pada kerang hijau, atau dengan kata lain maka pencemaran logam berat Pb, diduga relatif bertanggung jawab terhadap terjadinya malformasi pada kerang hijau di Muara Kamal.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, Perairan Teluk Jakarta, terutama di Perairan Muara Kamal cukup mendukung kehidupan yang ada di dalamnya. Namun begitu, kandungan logam berat yang ditemukan pada sedimen di perairan tersebut telah melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Hal ini dibuktikan oleh terakumulasinya logam berat di dalam tubuh kerang hijau yang berperan sebagai bioindikator lingkungan. Kerang hijau yang dibudidayakan selama tujuh bulan di Perairan Muara Kamal Teluk Jakarta mengalami kecacatan pada cangkangnya (malformasi) sebesar 20-40%, dan penyebab malformasi ini diduga didominasi oleh logam berat Pb.

A. Saran

Saran yang dapat disampaikan adalah perlunya dilakukan penelitian skala laboratorium untuk membuktikan apakah Pb merupakan penyebab utama terjadinya malformasi pada kerang hijau, serta untuk

melihat akumulasi dan dampak yang ditimbulkan oleh logam berat Hg, Pb, Cd, Cr, Sn dan logam berat lainnya pada kerang hijau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menghaturkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, khususnya kepada Kepala Bapeda dan stafnya yang telah memberikan kepercayaan kepada penulis untuk melaksanakan penelitian ini. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Mega S.Pi yang telah membantu pengambilan dan analisa data.

DAFTAR PUSTAKA

- Feraro M.V.M., A.S. Fenocchio, M.S. Mantovani, C.O. Ribeiro and M.M. Cestari 2006. Mutagenic Effect of Tributyltin and Inorganic Lead (Pb II) on Fish *H. malabaricus* as Evaluated Using The Comet Assay and The Piscine Micronucleus and Chromosome Aberration Test. *Genetic and Molecular Biology* 27, 1. p: 103 - 107
- Ferraro M.V.M dan M.Vicinus 2009, *Genotoxic Evaluation of Different Doses of Inorganic Lead (Pb II) in *Hosplias malabaricus**, *Environ Monit Asses* (2009) 158:77-85.
- Fichet D., G. Radenac, P. Miramand 1998. Experimental Studies of Impact of Harbor Sediment Resuspension to Marine Invertebrate Lava: Bioavailability of Cd, Cu, Pb and Zn and Toxicity. *Mar Pollut Bull* 36: 509-518

- Frazier J.M. 1979. Bioaccumulation of Cadmium in Marine Organisms. *Environmental Health Perspectives* Vol 28, p: 75 – 79. February 1979
- Garza A., R.Vega, E.Soto 2006. Cellular Mechanisms of Lead Neurotoxicity. *Med Sci Monit* 12: 57 -65
- Gooding M.P., V.S. Wilson, L.C. Folmar, D.T. Marcovich and G.A. Leblanc 2003. The Biocides Tributyltin Reduces The Accumulation of Testosterone as Fatty Acid Esters in The Mud Snail (*Ilanassa obsoleta*). *Environmental Health Perspectives* Vol 111, No. 4. p: 426-430. April 2003
- Gregory I.D, H. Pinochet, N. Gras and L. Munoz 1995. Variability of Cadmium, Copper and Zinc Level in Molluscs and Associated Sediments from Chile. *Environmental Pollution* Vol 92 No 3. p: 359 – 368. Elsevier Science Ltd. Printed in Great Britain.
- Heath A.G. 1987. Water Pollution and Fish Physiology. CRC Press Inc. Florida. 245 p.
- Lugowska K. 2007. The Effect of Cadmium and Cadmium/Copper Mixture During The Embrionic Development on Deformation of Common Carp Larvae. *Electronic Journal of Ichthyology*. November, 2007, 2. p: 46 - 60
- Horiguchi T., M. Kojima, F. Hamada, A. Kajikawa, H. Shiraishi, M. Morita and M. Shimizu, 2006. Impact of Tributyltin and Triphenyltin on Ivory Shell (*Babylonia japonica*) Populations. *Environmental Health Perspectives* Vol 114, Supplement I. April 2006
- Kamjarova I. 2009. Uptake of Trace Metals in Aquatic Organism: a Stable Isotopes Experiment. Dissertation for the academic degree of Doctor of Science at the University of Antwerp, Faculty of Science Departement of Biology Research Group Ecophysiology, Ecophysiology, Biochemistry and Toxicology, Antwerpen.
- Riani E. 2004. Utilization of Green Mussel as a Biofilter of a Heavy Metals on Jakarta Bay. LPPM IPB and DKI Jakarta Province.
- Riani, E. 2009. Kerang Hijau (*Perna viridis*) Ukuran Kecil sebagai "Vacuum Cleaner" Limbah Cair. . *Jurnal Alami,, Air, Lahan, Lingkungan dan Mitigasi Bencana*. Vol.14., No. 3. Desember. 2009. p: 24 – 30
- Riani, E. 2010. Kontaminasi Merkuri (Hg) dalam Organ Tubuh Ikan Petek (*Leignathus equulus*) di Perairan Ancol, Teluk Jakarta. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. BPPT. Mei 2010. Vol 11 (2): 313-322
- Weber N. 2006. Dose Dependent Effect of Developmental Mercury Exposure on C-start Escape Responses of Larval Zebrafish *Danio rerio*. *Journal of Fish Biology*. Volume 69 Issue 1. p: 75 - 94