



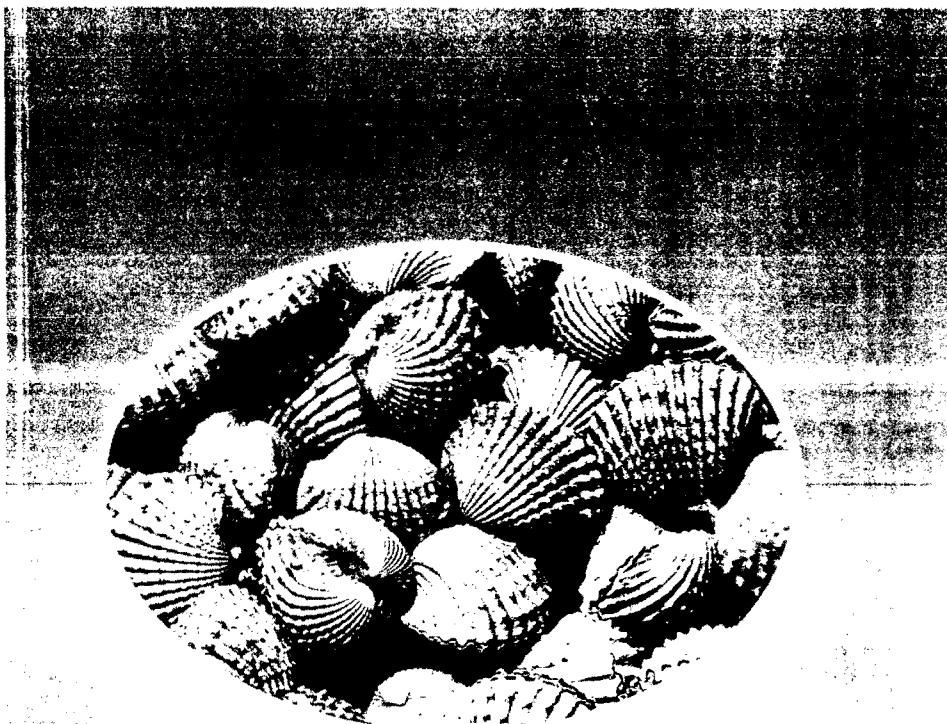
ISSN 2087-8532

Masyarakat Moluska Indonesia

Jurnal

MOLUSKA INDONESIA

Volume 2 • Edisi 1 • Juni 2011



ISSN 2087-8532

Jurnal

MOLUSKA INDONESIA

Volume 2 • Edisi 1 • Juni 2011

Diterbitkan oleh:



Masyarakat Moluska Indonesia

JURNAL MOLUSKA INDONESIA

Volume 2 Edisi 1, Juni 2011

Terbitan ilmiah berkala berisi tulisan yang berkaitan dengan kekerangan (moluska) nasional maupun internasional. Terbit pada bulan Juni dan Desember.

ISSN 2087-8532

SUSUNAN DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab

Ketua Masyarakat Moluska Indonesia

Pemimpin Redaksi

Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc

Anggota

Prawira Atmaja Tampubolon

Rini Enggraini

Yofi Mayalanda

Penelaah Ilmiah

Prof. Ir. Farnis B. Boneka, M.Sc (Universitas Sam Ratulangi)

Prof. Dr. Ir. GJ. Fontje Kaligis, M.Sc (Universitas Sam Ratulangi)

Dr. Ir. Delianis Pringgenies, M.Sc (Universitas Diponegoro)

Dr. Ir. Eddy Soekendarsi, M.Sc (Universitas Hasanuddin)

Dr. Ir. Etty Riani (Institut Pertanian Bogor)

Dr. Ir. Isdradjad Setyobudiandi, M.Sc (Institut Pertanian Bogor)

Dr. Ir. Retno Hartati (Universitas Diponegoro)

Dr. Ir. Safar Dody, M.Si (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)

Dr. Ir. Yuliana Natan, MS (Universitas Pattimura)

Dr. Ir. Yusni Ikhwan Siregar, M.Sc (Universitas Riau)

Dr. Majariana Krisanti, S.Pi., M.Si (Institut Pertanian Bogor)

Ir. Zairion, M.Si (Institut Pertanian Bogor)

Alamat Redaksi

Lab. Ekobiologi Perairan (Lt IV) Gd FPIK, IPB. Jl Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680. Surel: moluska.indonesia@gmail.com. Laman: www.moluskaindonesia.com

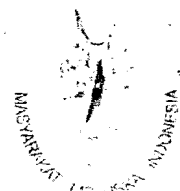
JURNAL MOLUSKA INDONESIA diterbitkan oleh MASYARAKAT MOLUSKA INDONESIA (MMI)

Redaksi menerima tulisan yang belum pernah diterbitkan dalam media lain. Naskah diketik dengan format seperti tercantum dalam Pedoman Bagi Penulis untuk Jurnal Moluska Indonesia. Naskah yang masuk akan dievaluasi dan disunting untuk keseragaman format, istilah dan tata cara lainnya.

Gambar sampul : *Anadara granosa* oleh Dr. Fredinan Yulianda

Desain sampul : M. Reza Cordova

Muhammad Reza Cordova, Neviaty P. Zamani, Fredinan Yulianda Akumulasi Logam Berat pada Kerang Hijau (<i>Perna viridis</i>) di Perairan Teluk Jakarta	1-8
Etty Riani Kemampuan Reproduksi Keong Mas (<i>Pomacea</i> sp.) Daging Kuning dan Daging Hitam	9-13
Yonvitner, Isdrajad Setyobudiandi, Yuli Ekawati Pertumbuhan dan Reproduksi Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i> Linn, 1758) di Perairan Teluk Lada, Labuan, Banten	15-22
Ratna Komala, Fredinan Yulianda, Djamar T. F Lumbanbatu, Isdrajad Setyobudiandi Peranan Moluska Dalam Membentuk Struktur Komunitas Makrozoobentos Di Teluk Lada Perairan Selat Sunda	23-32
Delianis Pringgenies Morfologi dan Anatomi Cumi-cumi <i>Loligo duvauceli</i> yang Dapat Memancarkan Cahaya	33-38
Ristiyanti M. Marwoto Keong Darat dan Air Tawar dari Pulau Nusa Kambangan (Moluska, Gastropoda)	39-47
Sandi Setiawandi, Fredinan Yulianda, Zairion Pertumbuhan Cumi-cumi Sirip Besar (<i>Sepioteuthis lessoniana</i>) di Perairan Karang Congkak, Karang Lebar, dan Semak Daun, Kepulauan Seribu, Jakarta	49-58



AKUMULASI LOGAM BERAT PADA KERANG HIJAU (*Perna viridis*) DI PERAIRAN TELUK JAKARTA (*Heavy Metals Accumulation on Green Mussel (*Perna viridis*) in Jakarta Bay*)

Muhammad Reza Cordova^{1*}, Neviaty P. Zamani¹, Fredinan Yulianda²

¹ Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, FPIK IPB

² Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK IPB

*mrezacordova@gmail.com

ABSTRAK

Jakarta merupakan pusat ekonomi serta politik dan salah satu kota terpadat di dunia. Selain itu, Jakarta juga memiliki kawasan industri yang sangat luas. Seluruh aktivitas tersebut kerap menghasilkan limbah yang umumnya dibuang tanpa adanya pengolahan limbah yang efisien dan terbuang mengikuti arus sungai. Hal ini menyebabkan terciptanya polusi. Perairan Jakarta yang terpolusi, khususnya oleh logam berat, memberikan dampak tersendiri bagi organisme-organisme yang hidup di lingkungan sekitarnya, salah satu dari mereka adalah kerang hijau (*Perna viridis*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur akumulasi logam berat seperti Hg, Cd, Pb yang terdapat pada tubuh kerang hijau. Parameter yang diamati adalah indikator polusi perairan, akumulasi logam berat, serta malformasi pada kerang hijau. Hasil yang didapat berdasarkan beberapa parameter yang diuji menunjukkan bahwa tingkat polusi melebihi ambang batas aman. Hal ini dapat dicegah melalui kegiatan serta implementasi pengolahan air limbah untuk mengurangi kadar polutan sebelum dibuang ke alam.

Kata kunci: Bioakumulasi, logam berat, *Perna viridis*, Teluk Jakarta

ABSTRACT

Jakarta is Indonesia's economy and government center and the most populated city. Besides that, Jakarta is also a home for many industries. All of these activities produce large number of waste and waste water that are usually discharged without any further treatment into the river streams, and cause heavy pollution. Polluted water at Jakarta Bay, especially from heavy metal, affect the organisms that live in this area, especially green mussel (*Perna viridis*). The objectives of the research were to examine the bioaccumulation of heavy metal (Hg, Cd, Pb) on green mussel. The observed parameters were water pollution indicator, heavy metal accumulation and percentage of green mussel malformation. The result of several water pollution parameters indicated that they were higher than the allowed limit. This situation could be avoided by the development and implementation of the Waste Water Treatment Plant to treat the waste water before being discharged to the river stream.

Key words: Bioaccumulation, heavy metals, *Perna viridis*, Jakarta Bay

PENDAHULUAN

Teluk Jakarta merupakan tempat bermuaranya 13 sungai dan tempat membuang limbah cair dari kegiatan pemukiman, perkotaan, transportasi, wisata, dan industri, sehingga kawasan ini mengalami tekanan yang sangat tinggi. Kondisi ini mengakibatkan terjadinya penurunan kualitas air di Teluk Jakarta sehingga fungsi air tidak lagi sesuai

peruntukannya. Teluk Jakarta tidak lagi menjadi habitat yang aman dan memenuhi syarat kesehatan bagi biota yang hidup di dalamnya.

Limbah cair yang masuk ke Teluk Jakarta seringkali membawa zat yang berbahaya dan beracun seperti logam berat. Logam berat bersifat bioakumulatif terutama pada biota laut yang bersifat sesil seperti kerang hijau (*Perna viridis*). Jika jumlahnya melebihi ambang batas dapat

berakibat pada kematian, menimbulkan efek karsinogenik, teratogenik dan mutagenik (Klassen *et al.* 1991).

Kerang hijau merupakan komoditi budidaya di Teluk Jakarta yang dapat mengakumulasi logam berat dalam jumlah yang tinggi sehingga disebut sebagai *vaccum cleaner* pada perairan yang tercemar logam berat oleh Riani (2009). Kerang hijau juga merupakan bioindikator yang tepat dan efisien (Phillips 1980).

Penelitian pencemaran logam berat di perairan Teluk Jakarta sudah cukup banyak dilakukan, mulai tahun 1979 hingga tahun 2008. Setidaknya ada lima penelitian mengenai akumulasi logam berat sejak tahun 2002 hingga 2008 yang memperlihatkan kenaikan konsentrasi logam berat pada tubuh kerang hijau; dan lima penelitian mengenai kapasitas asimilasi di Teluk Jakarta sejak 1999 hingga 2006 yang memperlihatkan semakin banyak parameter berada di luar kapasitas asimilasinya. Penelitian akumulasi dan kelainan pada embrio kerang dilakukan oleh Viarengo *et al.* (1981), Dixon (1982), Phillips (1985), Viarengo (1989), Fichet *et al.* (1998), Nagarajappa (2000), Wong *et al.* (2000), Neff (2002), Verlecar *et al.* (2006a), Verlecar *et al.* (2006b) yang memperlihatkan bahwa logam berat dapat mengakibatkan kelainan pada kerang.

Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa logam berat yang masuk ke dalam perairan Teluk Jakarta semakin tinggi dan telah melebihi batas pulih diri sehingga logam berat terakumulasi dalam tubuh kerang hijau. Oleh karena itu, maka bioakumulasi logam berat pada kerang hijau perlu diteliti kembali. Penelitian ini

bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang bioakumulasi logam berat pada kerang hijau di Teluk Jakarta.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di muara Sungai Angke dan perairan Muara Angke, Jakarta Utara dan di Laboratorium Balai Pengujian Mutu dan Pengolahan Hasil Perikanan dan Kelautan, Provinsi DKI Jakarta dari November 2010 sampai Februari 2011. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *ekman grab*, *vandorn water sampler*, botol contoh volume 500 dan 300 ml; pH meter, GPS, refraktometer dan AAS. Bahan yang digunakan adalah pengawet sampel logam berat dan reagen untuk analisa oksigen terlarut.

Data yang diambil pada penelitian ini adalah kualitas air yang diukur *insitu* yaitu suhu, pH, salinitas dan oksigen terlarut, dan yang diukur di laboratorium yakni BOD, COD, nitrat, ortofosfat, logam berat Hg, Cd dan Pb serta organ tubuh kerang hijau. Analisis terhadap kandungan Hg, Cd dan Pb organ kerang hijau pada kerang berumur 1-2, 3-4, 5-6 dan 7 bulan berdasarkan metoda standar APHA (2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi kualitas perairan Muara Angke, yang diwakili oleh kualitas perairan Kali Angke dan di lokasi budidaya kerang hijau dapat dilihat pada Tabel 1. Suhu, salinitas dan pH cukup mendukung kehidupan, namun oksigen terlarut sungai, BOD, COD, nitrat, fosfat serta logam berat Hg, Cd dan Pb kurang mendukung kehidupan yang ada di dalamnya. Tingginya bahan organik di Kali Angke diduga berasal dari hulu dan dari kegiatan antropogenik di

sekitarnya. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Abowei & George (2009), Adedokun *et al.* (2008) dan Adeyemo *et*

al. (2008) yang dilakukan di sungai-sungai di Nigeria.

Tabel 1. Kualitas air di Kali Angke dan lokasi budidaya kerang hijau

No	Parameter	Kali Angke	BM Air Sungai	Budidaya Kerang Hijau	BM Air Laut
Fisika					
1	Suhu (°C)	27,80	Alami	28,60	Alami
2	Salinitas (‰)	0	Alami	32	Alami
3	Debit (m ³ /detik)	9,09	–	–	–
Kimia					
1	pH	6,45	6,00 – 8,50	7,58	7,00 – 8,50
2	Oksigen terlarut (mg/l)	3,7	3,0	5,6	> 5
3	BOD (mg O ₂ /l)	40,06	10,00	35,85	10
4	COD (mg O ₂ /l)	74,03	20,00	176,52	20
5	Nitrat (mg/l)	0,07	10,00	0,04	0,02
6	Ortofosfat (mg/l)	0,056	0,500	0,010	0,008
7	Merkuri/Hg (mg/l)	0,086	0,001	0,043	0,001
8	Kadmium/Cd (mg/l)	0,011	0,010	0,070	0,001
9	Timbal/Pb (mg/l)	0,105	0,100	0,005	0,008

Keterangan:

BM Air sungai: Keputusan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 582 Tahun 1995

BM Air laut: Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut, Kep Men LH No. 51 tahun 2004

Konsentrasi nitrat di Kali Angke lebih rendah dari baku mutu; sedangkan di tempat budidaya kerang hijau lebih tinggi dari baku mutu. Konsentrasi ortofosfat di kedua lokasi penelitian, lebih tinggi dari baku mutu yang ditentukan. Nilai fosfat yang tinggi diduga selain berasal dari hasil penguraian bahan organik, juga akibat masukan deterjen. Hal ini sesuai dengan pendapat Adedokun *et al.* (2008) bahwa ion fosfat dalam air sungai berasal dari limbah pertanian dan dari penggunaan aditif fosfat dalam formulasi deterjen (Na₅P₃O₁₀).

Konsentrasi Hg di air sungai lebih tinggi dibanding kawasan budidaya. Hal ini disebabkan dinamika air di lokasi budidaya relatif tenang, sehingga mempercepat peng-

endapan merkuri, serta adanya absorpsi oleh kerang hijau budidaya.

Konsentrasi Cd di laut cukup tinggi. Tingginya konsentrasi kadmium disebabkan tingginya aktivitas industri (Nordberg *et al.* 1986; Volesky 1990; Paasivirta 2000) di wilayah Jakarta dan sekitarnya. Konsentrasi Pb di Kali Angke dan di sekitar bagan tancap kerang hijau juga telah melebihi baku mutu yang ditetapkan pemerintah. Berdasarkan nilai tersebut, maka perairan Muara Angke telah tercemar oleh logam berat dan akan mengganggu kehidupan biota yang hidup di dalamnya seperti kerang hijau yang dibudidaya di lokasi tersebut.

Beban pencemaran yang masuk ke Teluk Jakarta dari Kali Angke setiap hari dan setiap bulannya dapat dilihat pada Tabel

2. Bahan pencemar yang masuk ke sungai umumnya berasal dari limbah domestik dan industri (Danazumi & Bichi 2010). Adanya pencemaran limbah domestik terbukti dari tingginya beban limbah BOD, nitrat dan fosfat; sedangkan pencemaran dari limbah industri berasal terlihat dari tingginya COD

dan logam berat. Hal ini sesuai dengan penelitian Abowei & George (2009) bahwa kegiatan antropogenik di sepanjang sungai dapat meningkatkan kandungan bahan-bahan pencemar terutama di bagian muara sungai.

Tabel 2. Beban pencemaran dari Kali Angke yang masuk ke perairan Teluk Jakarta

No	Parameter	Konsentrasi (ppm)	Beban (ton/hari)
1	BOD (mg/l)	40,06	31,4772
2	COD (mg/l)	74,03	58,1692
3	Nitrat (mg/l)	0,07	0,0519
4	Ortofosfat (mg/l)	0,06	0,0440
5	Merkuri (mg/l)	0,09	0,0676
6	Kadmium (mg/l)	0,01	0,0086
7	Timbal (mg/l)	0,11	0,0825

Beban pencemar organik pada saat dilakukan penelitian ini sangat tinggi, yakni untuk bahan organik yang terurai oleh mikroorganisme (BOD) jumlahnya mencapai 944,3159 ton/bulan dan bahan organik yang terurai secara kimia (COD) jumlahnya mencapai 1745,0750 ton/bulan dan cenderung naik setiap tahunnya. Hal ini diduga sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dari tahun ke tahun. Beban pencemaran logam berat Hg, Cd dan Pb di lokasi penelitian juga sangat tinggi (Tabel 2). Hal ini sejalan dengan semakin meningkatnya industri di DKI Jakarta. Tingginya logam berat tersebut diduga karena logam berat merupakan bahan suplemen yang harus ada dalam industri terutama industri elektronik.

Kandungan logam berat tersebut akan membahayakan bagi yang mengkonsumsinya dan telah melebihi baku mutu BPOM-

RI, FAO-WHO, *The Codex Committee on Food Additive and Contaminants* (2006), Standar Uni Eropa EC No. 466/2001. Logam berat akan terakumulasi dalam tubuh kerang hijau, karena logam berat dapat dengan mudah dan cepat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup (Baldwin *et al.* 1999).

Proses yang terjadi adalah logam berat masuk melalui lapisan lipid dari dinding sel melalui proses endosistosis. Saat masuk ke tubuh, organ tubuh memiliki kemampuan untuk mereduksi logam berat. Logam berat yang masuk ke saluran pencernaan akan dibuang bersamaan dengan feses. Pada darah, logam berat akan di fagositasi oleh sel darah putih. Sebenarnya dalam hepatopankreas juga terdapat sitokrom P450 yang memiliki kemampuan untuk mengeluarkan logam berat dari tubuh, namun karena jumlahnya terbatas, logam berat yang telah masuk dalam tubuh akan

disimpan terlebih dahulu dengan cara di fagositasi oleh sel pada hepatopankreas, dan nantinya akan diekskresikan.

Disisi lain, karena afinitasnya yang tinggi, logam berat yang disimpan tersebut akan berikatan dengan gugus sulfidril sehingga sukar untuk lepas, karena ikatannya bersifat *irreversible*. Hg, Pb dan Cd termasuk logam berat yang sukar dilepaskan kembali, karena telah berikatan dengan gugus sulfidril (Paasivirta 2000). Lebih lanjut (Ochiai 1987; Volesky 1990; Ahalya *et al.* 2004) menambahkan toksisitas logam berat timbul karena mekanisme, proses “penyerangan” ikatan sulfida pada gugusan biomolekul yang penting untuk proses biologi seperti struktur protein dan enzim sehingga menimbulkan kerusakan pada stuktur yang diserang. Ikatan sulfida berubah karena ion logam berat menggantikan ion logam yang esensial. Logam berat yang menempel pada gugusan molekul tersebut akan memodifikasi sehingga protein dan enzim tidak dapat

bekerja sebagaimana mestinya, seperti terganggunya aktivitas enzim. Dalam kondisi ini menyebabkan terganggunya metabolisme pada tingkat sel, sehingga sel tersebut menjadi lisis dan akhirnya lemah serta rusak.

Terjadinya bioakumulasi logam berat ke dalam kerang hijau sangat dimungkinkan mengingat logam berat dapat dengan mudah dan cepat masuk ke dalam tubuh mahluk hidup (Baldwin *et al.* 1999). Hasil analisis akumulasi Hg, Cd dan Pb ada pada Tabel 3 dan 4.

Pada penelitian ini terlihat bahwa konsentrasi logam berat Hg, Cd dan Pb baik yang terdapat di dalam air maupun pada sedimen berada di luar ambang batas, namun tidak mengakibatkan kematian yang berarti bahwa konsentrasi tersebut masuk pada konsentrasi kronis (Volesky 1990; Ahalya *et al.* 2004), namun akan terakumulasi pada insang dan hepatopankreas.

Tabel 3. Kandungan logam berat pada kerang hijau di bagan tancap kerang hijau, Muara Angke

Konsentrasi Logam berat	1-2 bulan	3-4 bulan	5-6 bulan	7 bulan
Hg ($\mu\text{g/g bk}$)	35,47	205,73	209,82	138,2
Cd ($\mu\text{g/g bk}$)	0,07	0,078	0,15	0,15
Pb ($\mu\text{g/g bk}$)	17,13	33,51	41,94	33,66

Tabel 4. Kandungan logam berat pada organ kerang hijau (daging, hepatopankreas dan insang) di bagan tancap kerang hijau, Muara Angke

Umur	Kandungan Hg ($\mu\text{g/g bk}$)			Kandungan Pb ($\mu\text{g/g bk}$)			Kandungan Cd ($\mu\text{g/g bk}$)		
	TD	H	I	TD	H	I	TD	H	I
1-2 bulan	1.76	12,23	6.07	0.00	0.03	0.00	0.32	5.15	1,43
3-4 bulan	2.35	71,66	11.04	0.00	0.05	0.00	0.77	8.33	2.73
5-6 bulan	4.35	88,89	23.13	0.01	0.06	0.01	1.09	15.69	2.79
7 bulan	2.64	44,35	13.46	0.01	0.03	0.01	0.30	7.36	2.77

Keterangan TD: Tisu Daging; H: Hepatopankreas; I: Insang/*Ctenidium*

Adanya perbedaan konsentrasi pada organ yang berbeda disebabkan karena adanya perbedaan kemampuan akumulasi dari setiap jaringan atau organnya pada setiap organisme (Volesky 1990, Neff 2002; Ahalya *et al.* 2004). Dalam tubuh, logam berat mengalami biotransformasi dalam sel kerang biru *M. edulis*, sehingga menyebabkan terjadinya mutasi gen (Ochiai 1987). Logam berat juga mengakibatkan terjadinya kerusakan pada DNA dan mempengaruhi transkripsi DNA (Liu 2010). Pada kerang biru (*M. edulis*) logam berat juga dapat menyebabkan perubahan susunan gen-gen pada kromosom dan menyebabkan abrasi kromosom sehingga mengakibatkan terjadinya malformasi pada kerang biru (Dixon 1982).

Dari penjelasan tersebut dapat dikatakan bahwa kerang hijau yang dibudidayakan pada lokasi penelitian tidak cocok untuk dikonsumsi, karena memiliki kandungan logam berat yang tinggi. Kerang hijau lebih cocok sebagai pembersih lingkungan perairan laut yang telah tercemar logam berat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Riani (2004) yang menyatakan kerang hijau mampu menyerap logam merkuri dan menyimpannya dalam tubuhnya dengan efektif, sehingga kerang hijau direkomendasikan sebagai biofilter logam berat terutama Hg dan bersifat sebagai *vacuum cleaner* bagi perairan tercemar logam berat (Riani 2009).

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kondisi eksisting perairan Teluk Jakarta telah melampaui baku mutu air yang telah ditetapkan. Terjadi bioakumulasi logam berat. Logam yang paling tinggi

adalah merkuri yang terakumulasi pada organ hepatopankreas. Akumulasi logam berat pada sedimen dan kerang hijau bergantung pada kemampuan pengurangan masukan pencemar.

Kerang hijau efektif untuk digunakan sebagai biofilter pada perairan laut yang tercemar terutama logam berat seperti yang terjadi di perairan Teluk Jakarta. Budidaya kerang hijau dapat diteruskan namun tidak untuk konsumsi.

B. Saran

Mengingat banyaknya beban pencemaran yang masuk ke perairan Teluk Jakarta, maka pemerintah daerah DKI Jakarta, Jawa Barat dan Banten serta pemerintah pusat hendaknya meningkatkan kegiatan pengawasan, penertiban dan meminimalkan limbah yang masuk badan perairan, terutama perairan Teluk Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Abowei JFN, George ADI. 2009. Some Physical and Chemical Characteristics in Okpoka Creek, Niger Delta, Nigeria. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences* 1(2): 45-53.
- Adedokun OA, Adeyemo OK, Adeleye E, Yusuf RK. 2008. Seasonal Limnological Variation and Nutrient Load of the River System in Ibadan Metropolis, Nigeria. *European Journal of Scientific Research* 23(1): 98-108.
- Adeyemo OK, Adedokun OA, Yusuf RK, Adeleye EA. 2008. Seasonal Change in Physico-Chemical Parameters and Nutrient Load of River Sediments in

- Ibadan City, Nigeria. *Global Nest Journal* 10(3): 326-336.
- Ahalya N, Ramachandra TV, Kanamadi RD. 2004. *Biosorption of Heavy Metals*. Indian Institute of Science. Bangalore.
- APHA [American Public Health Association]. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Edisi 21. American Public Health Association (APHA), the American Water Works Association (AWWA), and the Water Environment Federation (WEF). Washington DC. Amerika Serikat.
- Baldwin DR, Marshall WJ. 1999. Heavy metal poisoning and its laboratory investigation (review article). *Annals of Clinical Biochemistry* 36: 267-300.
- Danazumi S, Bichi MH. 2010. Industrial Pollution and Heavy Metals Profile of Challawa River in Kano, Nigeria. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation* 5(1): 23-29.
- Dixon DR. 1982. Aneuploidy in mussel embryos (*Mytilus edulis* L) orinating from a polluted dock. *Marine Biology Letter* 3: 155-161.
- Fichet D, Radenac G, Miramand P. 1998. Experimental studies of impact of harbor sediment resuspension to marine invertebrate larva: Bio-availability of Cd, Cu, Pb and Zn and toxicity. *Marine Pollution Bulletin*. 36: 509-518.
- Klaassen CD, Doull J, Amdur MO. 1986. Toxicology. The Basic Science of Poisons. Third edition. Macmillan Publishing Company. New York.
- Liu DR. 2010. Chemical and biological discovery driven by the principles of evolution. Department of Chemistry and Chemical Biology, Harvard University. Howard Hughes Medical Institute. Harvard.
- Nagarajappa, Ganguly A, Goswami U. 2000. DNA damage in male gonad cells of Green mussel (*Perna viridis*) upon exposure to tobacco products. Gene Lab, National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa, India, 403 004.
- Neff JM. 2002. Bioaccumulation in marine organisme. Effect of contaminants from oil well produced water. Elsevier Ltd. Amsterdam.
- Nordberg JF, Parizek J, Pershagen G, Gerhardsson L. 1986. *Factor Influencing Effect and Dose-Response Relationships of Metals*. Handbook on the Toxicology of Metals. Elsevier. New York.
- Ochiai EI. 1987. General Principles of Biochemistry of Elements. Plenum Press. New York.
- Paasivirta J. 2000. Chemical Ecotoxicology. Lewis Publishers. Florida.
- Phillips DJH. 1980. Proposal for Monitoring on the Concern in Metals Pollution. Di dalam: VB Vernberg, editor. Pollution and Physiology of Marine Organism. Acad Press. London.
- Phillips DJH. 1985. Organochlorines and trace metals in green-lipped mussels *Perna viridis* from Hong Kong waters: a test of indicator ability. *Marine Ecology - Progress Series* 21: 251-258.

- Riani E. 2004. Pemanfaatan Kerang Hijau Sebagai Biofilter Perairan Teluk. Jakarta. Pemda DKI Jakarta. Jakarta.
- Riani E. 2009. Kerang Hijau (*Perna viridis*) Ukuran Kecil Sebagai "Vacum Cleaner" Limbah Cair. *Jurnal Alami, Air, Lahan, Lingkungan dan Mitigasi Bencana* 14(3): 24-30.
- Verlecar XN, Jena KB, Chainy GBN. 2006a. Biochemical markers of oxidative stress in *Perna viridis* exposed to mercury and temperature. National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa, India Department of Zoology and Biotechnology, Utkal University, Bhubaneswar. India.
- Verlecar XN, Pereira N, Desai SR, Jena KB, Singdha. 2006b. Marine Pollution Detection Through Biomarkers in Marine Bivalves. *Current Science* 91: 1153-1157.
- Volesky B. 1990. Biosorption of Heavy Metals. Volesky (editor). CRC Press. Inc. Boca Raton. Florida.
- Viarengo A, Pertica M, Mancinelli G, Zanicchi G, Orunesu M. 1981. Synthesis of binding proteins in different tissues of mussels exposed to the metal. *Marine Pollution Bulletin* 12: 347-350.
- Viarengo A. 1989. Heavy metals in marine invertebrates: Mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. *Review Aquatic Science* 1: 295-317.
- Wong CKC, Cheung RYH, Wong MH. 2000. Heavy metal concentrations in green-lipped mussels collected from Tolo Harbour and markets in Hong Kong and Shenzhen. *Environmental Pollution* 109: 165-171.