

VALUASI EKONOMI DAMPAK PENCEMARAN DAN ANALISIS KEBIJAKAN PENGENDALIAN PENCEMARAN DI TELUK JAKARTA

(Valuation Economic of Water Pollution Impacts and Pollution Control Policy in Jakarta Bay

Sri Haryati¹, Bunasor Sanim², Ety Riani³, Luky Ardianto³ dan Dewayany Sutrisno⁴

¹Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB

²Departemen Ilmu Ekonomi, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, Institut Pertanian. Bogor

³Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian. Bogor

⁴Badan Informasi Geospasial

Email : sriharyati@gmail.com

Diterima (received):27 September 2013; Direvisi (revised):1 November 2013;Disetujui dipublikasikan (accepted):22 November 2013

ABSTRAK

Teluk Jakarta adalah salah satu dari perairan Indonesia dengan berbagai macam kegiatan manusia. Semua area dapat meningkatkan jumlah pencemaran logam berat dalam air terutama yang bermuara ke Teluk Jakarta. Logam berat akan disimpan dan terakumulasi dalam air, sedimen dan hewan akuatik. Kerang hijau (*Perna viridis*) merupakan salah satu hewan air yang dibudidayakan di Teluk Jakarta sejak Tahun 1979. Dinas Kelautan dan Perikanan Jakarta menganalisis adanya kandungan logam berat pada kerang yang dibudidaya secara komersial di Cilincing dan Kamal Muara, Jakarta Utara. Dari kajian tersebut didapatkan data bahwa kerang yang dibudidayakan di lokasi penelitian tidak cocok untuk konsumsi, karena memiliki kandungan logam berat yang tinggi. Kerang hijau ini lebih cocok untuk pembersih (purifier) lingkungan laut yang terkontaminasi logam berat. Hasil penelitian ini adalah bahwa polusi berdampak terhadap penurunan produktivitas budidaya kerang hijau. Potensi nilai ekonomis dan ekologis dari hilangnya dalam kasus pencemaran adalah Rp. 5.485.067.304 per hektar dan kemungkinan hilangnya pendapatan akibat polusi adalah Rp. 35.149.103.520 per tahun.

Kata Kunci: Teluk Jakarta, *Perna viridis*, Logam Berat, Limbah, Valuasi Ekonomi.

ABSTRACT

Jakarta Bay water is one of Indonesia waters which are teeming with various kinds of human activities. All area can continuously increase the amount of pollution especially heavy metal in water of Jakarta Bay. Heavy metal will deposited and accumulated in water, sediment and aquatic animal. Green mussel (*Perna viridis*) is one of the aquatic animals which cultivated in Jakarta Bay since 1979. Jakarta Maritime and Fishery Affairs Agency (2007) analyzed the heavy metal content of mussels farmed commercially in Cilincing and Kamal Muara, North Jakarta. From these explanations it can be said that the mussels are cultivated in the study site is not suitable for consumption, as it has a high content of heavy metals. Green mussel is more suitable for the purifier of marine environment that has been contaminated with heavy metals. Research result was which pollution impact on the reduction of green mussel farming productivity. Potential economic and ecological value of the loss in case of pollution is Rp.5.485.067.304 per hectare and the possible loss of revenue due to pollution is Rp. 35.149.103.520 per year.

Keywords: Jakarta Bay, *Perna viridis*, Heavy Metal, Pollution, Valuation Economic.

PENDAHULUAN

Peningkatan konsentrasi penduduk dan kegiatan pembangunan di kawasan pesisir, membuat kawasan ini juga menerima tekanan lingkungan yang paling berat dibandingkan dengan kawasan lahan atas maupun laut lepas (*open ocean*). Padahal, pesisir dan laut dikenal sebagai kawasan yang mengandung kekayaan alam yang potensial untuk kebutuhan manusia. Pemenuhan kebutuhan tersebut diantaranya dari sisi sumberdaya perikanan, sumberdaya mineral dan tambang, sumberdaya bahan obat-obatan, sumberdaya energi alternatif, serta sumberdaya alami untuk media transportasi, pertahanan, keamanan dan pariwisata (Dahuri, *et al.*, 1996). Tekanan lingkungan yang terjadi

di kawasan pesisir antara lain berupa konflik penggunaan ruang antar sektor pembangunan, over eksploitasi sumberdaya alam, kerusakan fisik habitat pesisir, pencemaran dan sedimentasi. Diantara sekian banyak wujud kerusakan lingkungan tersebut, pencemaran merupakan permasalahan yang paling rumit dan membahayakan. Pencemaran tidak hanya dapat mengakibatkan kematian dan penurunan produktifitas ikan serta biota laut lainnya, tetapi juga dapat membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi biota laut dan menurunkan nilai estetika serta pariwisata kawasan pesisir. Proses industrialisasi tidak dapat lepas dari efek negatif yang ditimbulkan, adanya bahan sisa industri, yang kebanyakan tidak diolah terlebih dahulu, baik yang berbentuk padat

maupun cair berpengaruh terhadap lingkungan sekitarnya. Pada saat limbah tersebut dilepaskan ke perairan bebas, akan terjadi perubahan nilai dari perairan itu baik kualitas maupun kuantitas sehingga perairan dapat dianggap tercemar. Pencemaran oleh bahan-bahan industri yang mengandung bahan berbahaya, misalnya logam berat seperti Merkuri (Hg), Cadmium (Cd), Plumbum (Pb) cenderung meningkatkan kasus keracunan dan gangguan kesehatan masyarakat.

Salah satu perairan yang mempunyai masalah pencemaran adalah Teluk Jakarta. Pada dasarnya sudah banyak penelitian yang mengindikasikan perairan Teluk Jakarta mengalami pencemaran yang setiap tahunnya cenderung mengalami peningkatan. Mulyono (2000) menyatakan bahwa pencemaran perairan di Teluk Jakarta menyebabkan akumulasi logam berat yang melebihi ambang batas pada ikan tongkol, kakap, bawal, dan beronang. Riani dan Surjono (2004) dan Mulyawan (2004) menemukan bahwa akumulasi logam berat pada kerang hijau juga jauh melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Riani dan Irwan (2005) mengatakan bahwa kapasitas asimilasi beberapa parameter kualitas air, termasuk logam berat Hg, Pb, Cd, Cr dan Sn telah jauh melebihi kapasitas asimilasinya. Pencemaran yang berasal dari limbah aktivitas masyarakat meningkat hingga beberapa kali lipat dan mencapai radius 60 km, hingga mencapai kawasan Kelurahan Pulau Seribu Utara, hingga Pulau Panggang.

Pada wilayah DKI Jakarta, yang sebagian besar daerah permukiman maupun industrinya membuang limbah ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu, akan sangat mempengaruhi kualitas Teluk Jakarta. Logam berat merupakan bahan buangan hasil kegiatan yang menimbulkan pencemaran terutama perairan laut di negara berkembang. Sumber limbah yang banyak mengandung logam berat biasanya berasal dari aktivitas industri, pertambangan, pertanian dan permukiman. Darmono (1995) menyatakan pencemaran logam berat yang terjadi di wilayah estuaria, erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia. Pada air laut di lautan lepas kontaminasi logam berat biasanya terjadi secara langsung dari atmosfer atau karena tumpahan minyak dari kapal-kapal tanker yang melaluinya, sedangkan di daerah sekitar pantai kontaminasi logam kebanyakan berasal dari mulut sungai yang terkontaminasi oleh limbah buangan industri atau pertambangan. Pada daerah-daerah perindustrian, sungai dan laut sekitarnya umumnya berangsur-angsur menerima tekanan terus menerus. Muara sungai umumnya merupakan alur perjalanan bahan cemar yang dibawa melalui sungai dari aktivitas darat ke laut (Rochyatun, dkk., 2005).

Dampak pencemaran terhadap kerang hijau menimbulkan banyak masalah bagi kehidupan masyarakat pesisir, di sekitar Teluk Jakarta. Untuk itu perlu dilakukan penilaian dan membuat model optimasi ekonomi pengendalian pencemaran tersebut agar dapat ditentukan kebijakan yang tepat dalam mengatasi masalah pencemaran tersebut.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan pesisir Teluk Jakarta yaitu di Kecamatan Cilincing, Jakarta Utara, seperti disajikan pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**. Penelitian ini dilakukan pada Bulan Februari-Desember 2012. Pengambilan sampel dilakukan di wilayah studi yang berdekatan langsung dengan lokasi budidaya kerang hijau di wilayah perairan Kelurahan Cilincing. Lokasi budidaya juga menjadi salah satu pendekatan penentuan lokasi sampel air yang akan menggambarkan kondisi lingkungan perairan di sekitar lokasi budidaya kerang hijau tersebut. Hasil analisis kualitas air akan menjadi referensi gambaran kualitas air dari para responden/pembudidaya di masing-masing lokasi.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Jakarta Utara.



Gambar 2. Kondisi Teluk Jakarta melalui citra.

Pengambilan contoh air, sedimen dan kerang hijau diambil pada waktu yang mewakili musim kemarau (Februari-April) dan musim hujan (Oktober-Desember). Sembilan sampel air dimasukkan pada botol ukuran 500 ml. Sembilan sampel sedimen dan lima sampel kerang hijau (*Perna viridis*) yang telah diambil dimasukkan ke dalam plastik ukuran 1 kg. Seluruh sampel diawetkan dengan es dan langsung dianalisis di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan (ProLing), Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Analisis sampel logam berat berdasarkan metode APHA. Analisis kandungan logam berat merkuri berdasarkan metode 3500-Hg-B (APHA 1995). Analisis kandungan logam berat kadmium dan timbal berdasarkan 3110 (APHA 2005). Seluruh sampel logam berat dianalisis dengan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Data yang diperoleh pada penelitian ini selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

Analisis ekonomi dampak pencemaran didekati dengan menggunakan pendekatan penilaian ekonomi produktivitas dan keinginan pembudidaya untuk

mendapatkan kualitas lingkungan perairan yang baik agar mampu menghasilkan produksi kerang hijau berkualitas dan laku di pasaran serta tidak berdampak buruk terhadap kesehatan konsumennya. Pendekatan penilaian dilakukan dengan pendekatan penilaian langsung (*direct approach*) dan penilaian tidak langsung (*indirect approach*). Pendekatan penilaian langsung dilakukan dengan menggunakan metode penilaian *Contingent Valuation Method* (CVM) dan pendekatan tidak langsung dengan menggunakan teknik *Effect on Production* (EoP). Metode perhitungan nilai ekonomi tersebut menggunakan kuesioner pada responden dan pengolahan data menggunakan analisis regresi dan program Maple 9.5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengambilan sampel di lapangan dan analisis laboratorium didapatkan data konsentrasi rata-rata logam berat (ppm) di perairan Teluk Jakarta, seperti disajikan pada **Tabel 1**. Dari hasil analisis seluruh stasiun penelitian diketahui bahwa hasil analisis kadar *Mercury*, *Cadmium* dan *Lead* di air menunjukkan hasil yang cukup tinggi dan melebihi baku mutu yang ditentukan pemerintah, yakni sebesar 0,001 mg/l (Hg dan Cd); 0,008 (Pb). Kandungan seluruh logam berat di air pada Bulan April lebih tinggi daripada Bulan November, hal ini diduga karena pengambilan sampel air pada Bulan November yang telah masuk musim hujan, sehingga volume air meningkat dan menyebabkan logam berat yang teranalisis lebih kecil dibanding pengambilan sampel Bulan April. Dengan kadar tersebut, merkuri akan berasosiasi dengan *suspended material* selanjutnya diduga karena Hg, Cd dan Pb yang terlarut dalam perairan diabsorpsi oleh kerang hijau yang dibudidayakan di lokasi tersebut. Hal ini sesuai dengan pendapat Volesky (1990) yang mengatakan bahwa Hg, Cd dan Pb yang terlarut dalam air akan diabsorpsi oleh biota air yang ada di dalamnya.

Kadar merkuri diduga disumbangkan lebih banyak bersumber dari kegiatan industri yang berada di kawasan Teluk Jakarta dan sekitarnya. Merkuri pada industri berperan sebagai bahan campuran dan utama (Volesky, 1990 dan Darmono, 2001). Fardiaz (2005) melanjutkan logam merkuri sering dipakai sebagai katalis dalam proses di industri-industri kimia, terutama pada industri vinil khlorida yang merupakan bahan dasar dari berbagai plastik. Selain itu Baird (1995); Darmono (1995); Effendi (2003); Volesky (1990) dan Fardiaz (2005) yang mengatakan bahwa merkuri dan komponen-komponennya juga sering dipakai sebagai bahan produksi pestisida. Sumber *Cadmium* dinyatakan Darmono (1995) dan Volesky (1990) adalah industri pembuatan keramik, plastik, baterai, benda elektronik dan penggunaan plat besi dan baja pada kapal pada wilayah Pelabuhan Tanjung Priok.

Lokasi penelitian yang dekat dengan Pelabuhan Tanjung Priok yang merupakan pelabuhan tersibuk di Indonesia, membuat tingginya pencemaran Pb di kawasan penelitian. Hal ini sesuai dengan pendapat Volesky (1990) yang mengatakan bahwa pencemaran Pb yang tinggi berasal dari pembakaran BBM dari

kendaraan bermotor, terutama pada solar, dimana di dalamnya terdapat timah hitam (Pb) sehingga dapat memberikan sumbangan yang signifikan pada perairan. Bahkan Pb bukan hanya berasal dari transportasi di laut, namun juga berasal dari lalulintas di jalan raya, sehingga pencemaran Pb di permukaan laut dapat terjadi dari udara sekitarnya, bahkan berasal dari lalulintas yang jaraknya lebih dari 25 km. Sumber Pb lainnya diduga berasal dari cat pelapis kayu, mengingat timah hitam merupakan bahan campuran cat yang digunakan untuk melapisi kapal (Volesky, 1990 dan Fardiaz, 2005).

Semakin tinggi polutan organik dan anorganik dalam kolom air, makin tinggi pula akumulasi polutan tersebut dalam sedimen (Sanusi, 2006; Adeyemo, *et al.*, 2008). Pada penelitian ini logam berat pada sedimen yang disajikan pada **Tabel 2**, juga ditinjau dari logam berat merkuri (Hg), kadmium (Cd) dan timbal (Pb).

Hasil analisis penelitian ini memperlihatkan bahwa konsentrasi logam berat Hg pada sedimen di Perairan Cilincing, sudah melewati baku mutu (level limit) yang ditetapkan oleh IADC/CEDA 1997. Tingginya konsentrasi Hg pada sedimen terjadi karena reaksi partikel dan ion Hg yang ada di kolom air, sehingga meningkatkan massa jenisnya, selanjutnya akan mengendap ke dasar perairan dan bersatu dengan sedimen. Oleh sebab itu maka konsentrasi Hg yang ada di lokasi penelitian berpotensi untuk membahayakan lingkungan dan organisme perairan yang hidup pada ekosistem tersebut.

Faktor yang memicu tingginya konsentrasi kadmium (Cd) pada sedimen di lokasi penelitian, yakni tingginya konsentrasi Cd di kolom air; serta tingginya partikel organik dan anorganik yang ada. Sama seperti merkuri, Cd akan berikatan dengan berbagai partikel sehingga meningkatkan massa jenis dan akhirnya mengendap pada dasar perairan. Pada konsentrasi tersebut, Asonye, *et al.* (2007) dan Begum, *et al.* (2009) menyatakan kadmium menyimpan potensi yang sangat bahaya bagi biota yang hidup serta manusia yang tinggal disekitar lokasi penelitian.

Konsentrasi timbal (Pb) pada sedimen di lokasi penelitian belum melewati baku mutu (level limit) yang ditetapkan oleh IADC/CEDA (1997), tetapi kandungan timbal pada sedimen di lokasi penelitian secara umum telah terpapar timbal yang cukup tinggi. Faktor yang sama mempengaruhi tingginya konsentrasi timbal dengan yang mempengaruhi tingginya kandungan Hg dan Cd pada sedimen, yakni tingginya konsentrasi Pb kedua perairan, banyaknya partikel organik dan anorganik di perairan. Disisi lain, pH perairan yang rendah <7 membuat timbal mengalami proses hidrolisis menjadi $Pb(OH)^+$ terlarut sehingga konsentrasi timbal akan ditemukan lebih rendah di bawah baku mutu yang telah ditetapkan (Effendi, 2003; Neff, 2002; Sanusi, 2009).

Logam berat akan terakumulasi dalam tubuh kerang hijau, karena logam berat dapat dengan mudah dan cepat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Proses yang terjadi, 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 difagositasi oleh sel darah putih. Sebenarnya dalam hepatopankreas juga terdapat cytochrome P450 yang memiliki kemampuan untuk mengeluarkan logam berat dari tubuh, tetapi karena jumlahnya terbatas, logam berat yang telah masuk dalam tubuh akan disimpan dahulu, dengan cara difagositasi oleh sel pada hepatopankreas, dan nantinya akan diekskresikan (Garza, *et al.*, 2006).

Disisi lain, karena afinitasnya yang tinggi, logam berat yang disimpan tersebut akan berikatan dengan gugus sulfidril sehingga sukar untuk lepas, karena ikatannya bersifat *irreversible* (Bryan, 1976). Hg, Pb dan Cd termasuk logam berat yang sukar dilepaskan kembali, karena telah berikatan dengan gugus sulfidril

(Manahan, 1995; Vouk, 1986; Mance, 1990; Sinkkonen dan 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.

Tabel 1. Konsentrasi rata-rata logam berat (ppm) di perairan Teluk Jakarta.

Parameter	Bulan	Rata-rata ± St. Dev (mg/kg)	Baku Mutu IADC/CEDA (1997) (mg/kg)
Hg	April	0,0061 ± 0,00247	0,001
	November	0,0002 ± 0,00001	
Pb	April	0,0066 ± 0,00089	0,008
	November	0,0050 ± 0,00001	
Cd	April	0,0061 ± 0,00220	0,001
	November	0,0010 ± 0,00001	

St.Dev: Standard Deviation;

IADC (International Association of Drilling Contractors);

CEDA (Central Dredging Association) (1997)

Tabel 2. Konsentrasi rata-rata logam berat (ppm) di sedimen Teluk Jakarta.

Parameter	Bulan	Rata-rata ± St. Dev (mg/kg)	Baku Mutu IADC/CEDA (1997) (mg/kg)
Hg	April	27,33 ± 9,989	0,03
	November	0,02 ± 0,00001	
Pb	April	42,15 ± 18,363	85
	November	0,05 ± 0,00001	
Cd	April	2,78 ± 0,862	0,8
	November	0,1 ± 0,00001	

St.Dev: Standard Deviation;

IADC (International Association of Drilling Contractors);

CEDA (Central Dredging Association) (1997)

Tabel 3. Konsentrasi rata-rata logam berat (ppm) dalam tubuh kerang hijau.

Parameter	Bulan	Rata-rata ± St. Dev (mg/kg)	Baku Mutu (mg/kg)
Hg	April	45,41 ± 3,010	1,0
	November	27,86 ± 1,704	
Pb	April	2,08 ± 0,198	1,5
	November	1,57 ± 0,301	
Cd	April	15,91 ± 3,807	1,0
	November	13,13 ± 1,736	

St.Dev: Standard Deviation;

Indonesian National Standard (SNI) 7387:2009

VALUASI EKONOMI DAMPAK PENCEMARAN

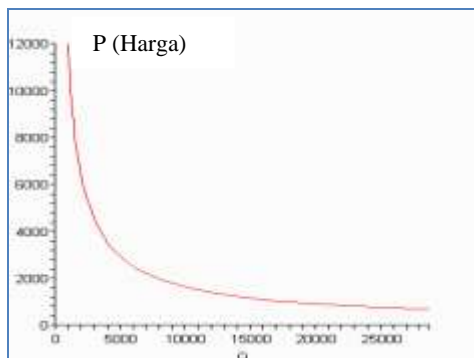
Budidaya kerang hijau mampu memberikan pendapatan bagi masyarakat pesisir Teluk Jakarta, khusus bagi keluarga pembudidaya dan pemanfaat produk kerang hijau. Berdasarkan hasil penelitian, kerang hijau mampu menyerap logam berat, hal ini menyebabkan demikian produksinya dari tahun ke tahun mengalami penurunan akibat tingginya tingkat pencemaran di Teluk Jakarta. Penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk mengetahui sejauh mana pencemaran berdampak terhadap penurunan produktivitas budidaya kerang hijau yang dalam hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan penilaian *Effect on Productivity* (EoP), sedangkan untuk menduga persepsi nilai masyarakat tentang eksistensi budidaya kerang hijau dilakukan dengan menggunakan pendekatan penilaian *Contingent Valuation Method* (CVM).

Pendugaan nilai ekonomi pencemaran berdasarkan fungsi perairan sebagai media budidaya kerang hidup di Teluk Jakarta yang didekati dengan menggunakan teknik EoP ini adalah berbasis pada penilaian ekosistem perairan dalam mendukung besaran produktivitas kerang hijau. Perhitungan dilakukan dengan cara wawancara terhadap 32 orang pembudidaya kerang hijau yang menangkap yang rata-rata berumur 36 tahun dengan tingkat pendidikan hingga kelas 6 SD dan besaran keluarga 5 orang dan pengalaman selama 11 tahun serta rata-rata pendapatannya sebesar Rp. 24.121.740,- per tahun dengan hasil produksi rata-rata per tahun sebanyak 19,69 ton. Hasil regresi linier berganda menunjukkan beberapa parameter, sehingga membentuk fungsi permintaan yang didapatkan seperti yang disajikan pada **Persamaan 1**. Persamaan tersebut merupakan hasil regresi menggunakan program Maple 9.5. Kurva permintaan dari Persamaan 1 secara grafik dapat ditunjukkan oleh **Gambar 3**.

$$f(Q) = \frac{3,48746789710^6}{Q^{0,8312875729}} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

Q = jumlah produksi kerang hijau



Gambar 3. Kurva permintaan dari penggunaan sumberdaya kerang hijau.

Berdasarkan hasil kalkulasi program Maple 9.5 nilai surplus konsumen per individu dapat diestimasi sebesar Rp 97.096.971,- per tahun, dengan mengalikan jumlah tersebut dengan total pembudidaya dikalikan dengan jumlah atau banyaknya pembudidaya kerang hijau di sekitar perairan Teluk Jakarta yang menjadi wilayah studi, yaitu sebanyak 362 orang pembudidaya kerang kemudian dibagi dengan luas kawasan budidaya 64.081 ha, sehingga dapat diperoleh nilai manfaat ekonomi perairan Teluk Jakarta berdasarkan fungsinya sebagai tempat budidaya kerang hijau yang berpotensi menjadi nilai kerugian ekonomi-ekologi bilamana terjadi pencemaran adalah sebesar Rp 5.485.067.304,- per ha. Sehingga secara total nilai manfaat budidaya kerang hijau di Teluk Jakarta adalah Rp 35.149.103.520,-.

KESIMPULAN

Dari penjelasan tersebut dapat dikatakan bahwa kerang hijau yang dibudidaya pada lokasi penelitian tidak cocok untuk dikonsumsi, karena memiliki kandungan logam berat yang tinggi. Kerang hijau lebih cocok untuk purifier atau pembersih lingkungan perairan laut yang telah tercemar logam berat.

Pencemaran berdampak terhadap penurunan produktivitas budidaya kerang hijau. Nilai manfaat ekonomi perairan Teluk Jakarta berdasarkan fungsinya sebagai tempat budidaya kerang hijau yang berpotensi menjadi nilai kerugian ekonomi-ekologi bilamana terjadi pencemaran adalah sebesar Rp 5.485.067.304 per ha. Sehingga secara total nilai manfaat budidaya kerang hijau di Teluk Jakarta adalah Rp 35.149.103.520.

DAFTAR PUSTAKA

Adeyemo, O.K., F. Ajani, O.B. Adedeji and O.O. Ajiboye. (2008). Acute toxicity and blood profile of adult *Clarias gariepinus* exposed to lead nitrate. *Internet J. Hematol.* 4: 2.

Ahalya, N, T.V. Ramachandra, R.D. Kanamadi. (2003). Biosorption of heavy metals. *Res. J. Chem. Environ.* 7: 71-78.

Asonye, C.C., N.P. Okolie, E.E. Okenwa, U.G. Iwuanyanwu. (2007). Some Physico-chemical Characteristics and Heavy Metal Profiles of Nigerian Rivers, Streams and Waterways. *African Journal of Biotechnology* 6(5):617-624.

Baird, C. (1995). Heavy metals and chemistry of soil. *In Environmental chemistry.* USA pp. 347 -394.

Begum, A., M. Ramaiah, Khan I. Harikrishna, K. Veena. (2009). Heavy Metal Pollution and Chemical Profile of Cauvery River Water. *Journal of Chemistry* 6(1):47-52.

Bryan, G.W. (1976). Some effects of heavy metal tolerance in aquatic organisms. *In: Lockwood A.P.M. (ed.) Effects of pollutants on aquatic organisms.* Cambridge University Press. Cambridge, England. pp.7.

Darmono. (2001). *Lingkungan Hidup dan Pencemaran.* Universitas Indonesia Press. Jakarta.

Darmono. (1995). *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup.* UI-Press. Jakarta.

Dahuri, R., J. Rais; S.P. Ginting dan M.J. Sitepu. (1996). *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu.* Pradnya Paramita. Jakarta. 305 hal.

- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 258 hal.
- Fardiaz, S. (2005). *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- Garza A, Vega R, Soto E. (2006). Cellular mechanisms of lead neurotoxicity. *Med Sci Monit*. 12(3):RA57–65.
- Manahan, S.E. (2001). *Fundamental of Environmental Chemistry*. Second Edition. Lewis Publishers. United State of America.
- Mance, G. (1990). *Pollution Threat of Heavy Metal In Aquatic Environmental*. Elsevier Science Publishers Ltd. England.
- Mulyawan, I. (2004). *Korelasi Kandungan Logam Berat Hg, Pb, Cd dan Cr pada Air Laut, Sedimen dan Kerang Hijau (Perna viridis) di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara*. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana. IPB. Bogor
- Mulyono, D. (2000). Teluk Jakarta dan Kualitas Hasil Perikanan. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*. 20 (2):117-123.
- Ochiai, E.I., (1987). *General Principles of Biochemistry of the Elements*. Plenum Press. New York.
- Neff, J.M. 2002. *Bioaccumulation in Marine Organisms. Effect of Contaminants from Oil Well Produced Water*. Elsevier Ltd. Amsterdam.
- Riani, E. dan H.S. Surjono. (2004). *Penanganan Limbah B3 dengan Sistem Biofilter Kerang Hijau di Teluk Jakarta*. Pemda DKI-IPB. Jakarta.
- Riani, E.S. dan Irwan. (2005). *Analisis Beban Pencemaran dan Kapasitas Asimilasi Perairan Teluk Jakarta*. Laporan Penelitian LPPM IPB-Pemda Provinsi DKI Jakarta. Jakarta.
- Risso-de Faverney, C., A. Devaux, M. Lafaurie, J.P. Girard, B. Bailly, and R. Rahmani. (2001). Cadmium induces apoptosis and genotoxicity in rainbow trout hepatocytes through generation of reactive oxygen species. *Aquat. Toxicol*. 53: 65- 76.
- Rochyatun, E., Lestari dan A. Rozak. (2005). Kualitas Lingkungan Perairan Banten dan Sekitarnya Ditinjau dari Kondisi Logam Berat. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*. Nomor 38:23-46, Dimuat dari <http://www oseanografi.lipi.go.id/>. [Diakses 17 Oktober 2012].
- Sanusi, H.S. (2006). *Kimia Laut: Proses Fisik Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan*. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sanusi, H.S. dan S. Putranto. (2009). *Kimia Laut dan Pencemaran, Proses Fisika Kimia dan Interaksinya dengan Lingkungan*. IPB. Bogor.
- Sinkkonen, S. dan J. Paasivirta. (2000). Polychlorinated organic compounds in the Arctic cod liver: trends and profiles. *Chemosphere*, 40:619 –629.
- Volesky, B. (1990). *Biosorption of Heavy Metals*. Volesky (editor). CRC Press. Inc. Boca Raton. Florida.
- Vouk, V. (1986). *General Chemistry of Metals. Dalam Buku Handbook on the Toxicology of Metals*. Freiberg L., Nordberg G.F., and Vouk V.B (Editor). Elsevier. New York. Amerika Serikat.