

Peranan Padatan Tersuspensi Mereduksi Logam Berat Hg , Pb dan Cd Terlarut dalam Kolom Air Teluk Jakarta

H. S. Sanusi^{1*}, M. Fitriati² dan Haeruddin³

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor

²Balai Pengembangan dan Pengujian mutu Hasil Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap, Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta

³Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang

Abstrak

Penelitian mengenai kapasitas adsorpsi Hg, Pb dan Cd terlarut oleh padatan tersuspensi (Suspended Solid – SS) dilakukan di dua lokasi budidaya kerang hijau, Kamal Muara dan Cilincing, Teluk Jakarta. Konsentrasi Hg, Pb dan Cd dalam contoh air dianalisis dengan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). Hasil penelitian menunjukkan bahwa besarnya kapasitas adsorpsi SS terhadap logam berat secara berurutan adalah Hg>Pb>Cd. Perhitungan terhadap nilai indeks Transpor Elemen Terlarut (Dissolved Transport Indices – DTI) diperoleh keterangan bahwa konsentrasi Cd terlarut adalah yang terbesar (99.97 – 99.98%) disusul oleh Pb (97.53 – 98.68%) dan terakhir Hg (92.86 – 93.81%). Besarnya kapasitas adsorpsi SS terhadap Hg, Pb, dan Cd ditentukan terutama oleh faktor salinitas selain komposisi serta karakteristik mineral liat penyusunan padatan tersuspensi. Kisaran salinitas estuari 9 – 10.20 ppt memberikan kisaran rerata kapasitas adsorpsi yang relatif rendah yaitu Hg 6.33 – 7.49%, Pb 1.45 – 2.19%, dan Cd 0.01%.

Kata kunci : Padatan tersuspensi, elemen terlarut, kapasitas adsorpsi, Indeks Transpor Elemen Terlarut (DTI), mineral liat.

Abstract

Study on adsorption capacity of dissolved Hg, Pb, and Cd by suspended solid was carried on at two green mussel culture location Kamal Muara and Cilincing Jakarta Bay. Concentration of Hg, Pb, and Cd of water samples were analyzed by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Result of the study showed that adsorption capacity of suspended matter were in order Hg>Pb>Cd. Calculation of DTI values indicated that concentration of dissolved Cd (99.97 – 99.98%) was the highest and consecutively follows by Pb (97.53 – 98.68%) and the latest was Hg (92.86 – 93.81%). Value of adsorption capacity of Hg, Pb and Cd are mainly determined by factors of salinity, beside composition and physicochemical characteristics of clay mineral of suspended matter. Range of salinity 9 – 10.20‰ gave relatively low average adsorption capacity of Hg 6.33 – 7.49%, Pb 1.45 – 2.19%, and Cd 0.01%.

Key words : suspended solid, dissolved element, adsorption capacity, Dissolved Transport Indices (DTI), clay mineral

Pendahuluan

Di sekitar lahan budidaya kerang hijau (Kamal Muara dan Cilincing), Teluk Jakarta bermuara 7 sistem sungai yaitu Sungai Kamal, Sungai Ciliwung, Sungai Grogol, Sungai Cilincing, Sungai Kali Batu Timur, Sungai Cakung Drain dan Sungai Blencong. Ke tujuh sungai tersebut selain membawa limbah perkotaan, rumah tangga dan industri juga meningkatkan kekeruhan air yang diakibatkan oleh kandungan partikel atau padatan tersuspensi.

Padatan tersuspensi (suspended solid) adalah padatan yang berada dalam kolom air dan memiliki ukuran partikel $\leq 0.45 - 2.0$ mm, dikenal pula dengan sebutan seston. Padatan tersuspensi di perairan laut berasal dari daratan (*allocthonous*) yang di transpor melalui sungai dan udara, dan yang berasal dari dalam laut (*autocthonous*) itu sendiri. Komposisi padatan tersuspensi terdiri dari material inorganik (Particle Inorganic Matter – PIN) dan organik (Particle Organic Matter – POM) termasuk organisme mikro flora dan fauna yang hidup dan mati atau detritus.

Menurut Libes (1992), POM yang bersumber dari laut (4×10^{16} gC/tahun) yang merupakan produksi primer adalah jauh lebih besar dibandingkan dengan yang berasal dari daratan yang ditranspor melalui sungai (4.2×10^9 gC/tahun).

Dalam kolom air padatan tersuspensi memiliki kemampuan mengadsorpsi elemen atau senyawa kimia inorganik maupun organik terlarut, kemudian mengendap dalam sedimen, yang kecepatan pengendapannya tergantung pada ukuran partikel dan dinamika arus setempat. Proses adsorpsi tersebut bersifat fisik - kimia dan berperan dalam mereduksi konsentrasi senyawa kimia terlarut (seperti logam berat) dalam kolom air, dan meningkatkan konsentrasinya dalam sedimen. Makin halus ukuran partikel padatan tersuspensi, makin luas permukaannya dan makin besar kapasitas adsorpsinya terhadap senyawa kimia terlarut. Dengan kata lain, padatan tersuspensi memiliki kapasitas adsorpsi yang besar terhadap logam berat terlarut, dan potensial mengakumulasi logam berat tersebut dalam sedimen.

Di perairan estuaria dimana terjadi pertemuan massa air tawar bersalinitas rendah (Low Ionic Strength) dengan massa air laut bersalinitas tinggi (High Ionic Strength) mengakibatkan terjadinya destabilisasi partikel - partikel padatan tersuspensi (efek Van der Waal) membentuk agregasi yang disusul terjadinya pengendapan karena gaya gravitasi (Tchobanoglous dan Schroeder, 1987 ; Burton dan Liss, 1976). Efektivitas proses destabilisasi partikel terjadi pada kisaran salinitas 15 - 20‰ (Burton dan Liss, 1976).

Materi dan Metode

Penelitian dilakukan di dua lokasi budidaya kerang hijau yaitu Kamal Muara dan Cilincing, perairan Teluk Jakarta (Gambar 1).

Pengambilan contoh dilakukan sebulan sekali dalam periode musim Timur (Juli s/d September 2002) dan musim Barat (Desember s/d Februari 2003). Pada masing - masing lokasi, contoh air permukaan diambil sebanyak 3 kali baik pada jarak 3 mil maupun 6 mil dari garis pantai. Posisi geografis lokasi pengambilan contoh diperlihatkan pada Tabel 1. Jumlah contoh yang terkumpul ada sebanyak : 2 musim (Timur dan Barat) x 3 bulan (untuk masing - masing musim) x 2 jarak yang berbeda (3 mil dan 6 mil) x 3 ulangan pengambilan contoh x 2 lokasi (Muara Kamal dan Cilincing) = 72 contoh.

Contoh air disimpan dalam botol polypropylene berukuran 1 liter, diawetkan dengan asam Nitrat 6 N hingga pH < 2.0. Analisis contoh dilakukan di

laboratorium BPPMHP (Balai Pengembangan dan Pengujian Mutu Hasil Perikanan), Jakarta.

Analisis Hg, Pb dan Cd menggunakan AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) Perkin Elmer dilengkapi dengan unit grafit furnace (HCA Seri 800) dan mercury hydride system (MHS - 10). Konsentrasi Hg, Pb dan Cd diukur dan dinyatakan dalam bentuk konsentrasi Hg, Pb dan Cd total (contoh air tidak disaring), teradsorpsi (filtrat hasil penyaringan dengan kertas saring 0.45 mm), dan terlarut (supernatant hasil penyaringan). Metode analisis mengacu pada AWWA, edisi 16, tahun 1985 (sub bab 3.5.2 dan 3.5.3).

Kapasitas absorpsi adalah kemampuan padatan tersuspensi (TSS) menyerap (absorption) logam. Kapasitas absorpsi adalah perbandingan antara konsentrasi logam dalam padatan tersuspensi dengan logam dalam perairan tersebut (logam dalam padatan tersuspensi dan logam terlarut), dengan formulasi sebagai berikut :

$$KA = \frac{[L]_{TSS}}{[L]_{Total}} \times 100\%$$

Dimana :

KA = kapasitas absorpsi

$[L]_{TSS}$ = konsentrasi logam dalam padatan tersuspensi

$[L]_{Total}$ = konsentrasi logam dalam air

Indeks Transpor Terlarut atau Dissolved Transport Indice (DTI) merupakan rasio antara konsentrasi logam terlarut dengan konsentrasi logam yang teradsorpsi, dengan formulasi sebagai berikut :

$$DTI = \frac{[L]_{Dissolved}}{[L]_{absorps}}$$

dimana :

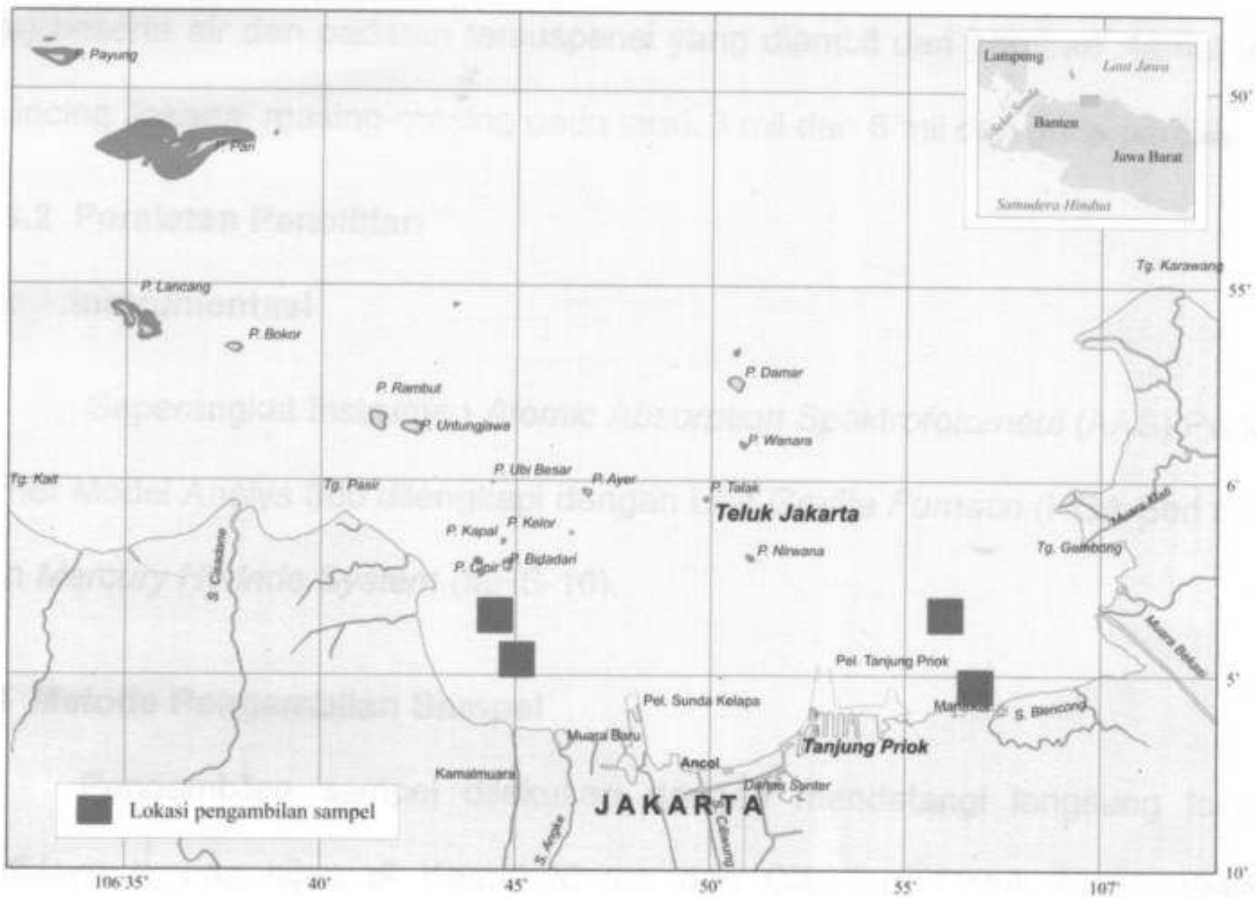
DTI = Dissolved Transport Indice

$[L]_{Dissolved}$ = konsentrasi logam terlarut

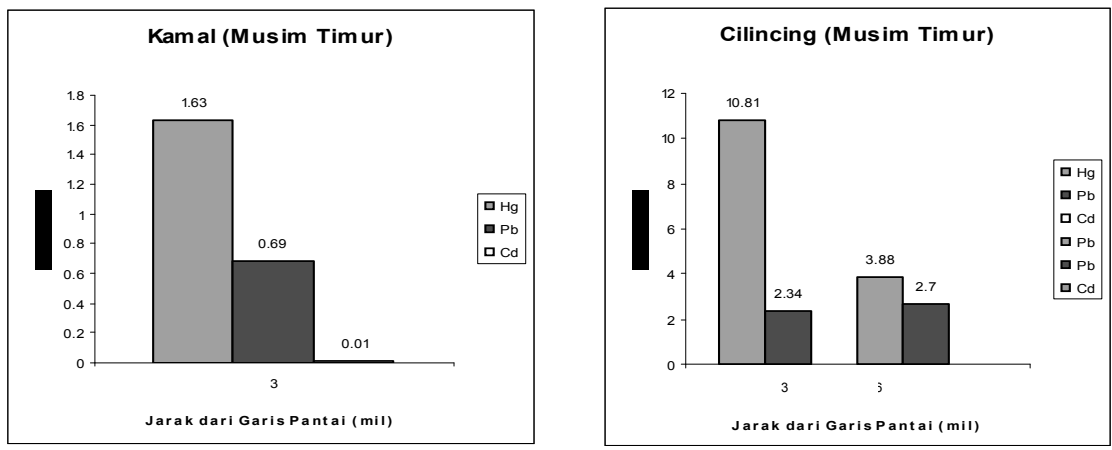
$[L]_{absorps}$ = konsentrasi logam yang teradsorpsi

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis Hg, Pb dan Cd disajikan dalam Tabel 2, Gambar 2 dan 3 terlampir. Gambar 2 dan 3



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan contoh di Kamal Muara dan Cilincing, Teluk Jakarta



Gambar 2. Peran Adsorpsi Hg, Pb dan Cd oleh TSS pada musim timur di Perairan Kamal dan Cilincing pada jarak 3 mil dan 6 mil dari pantai

Tabel 1. Posisi geografis lokasi pengambilan contoh

Jarak dari garis pantai	Perairan Kamal Lintang (S)	Bujur (S)	Perairan Cilincing Lintang (S)	Bujur (S)
3 mil	06°04'21.7"	106°45'22.7"	06°03'29.6"	106°56'05,2"
	06°04'43.7"	106°45'50.7"	06°03'27.3"	106°56'02,4"
	06°04'49.6"	106°45'42,2"	06°03'26.5"	106°56'03,4"
6 mil	06°03'47,8"	106°44'37,2"	06°05'36.6"	106°56'50,9"
	06°03'29,2"	106°44'24.6"	06°04'24,7"	106°56'37,2"
	06°03'11,7"	106°44'17,7"	06°04'18,4"	106°56'43,7"

Tabel 2. Konsentrasi rerata Hg, Pb dan Cd dalam air (total, teradsorpsi dan terlarut) serta padatan tersuspensi (SS) di lokasi budidaya kerang hijau, Teluk Jakarta (Periode Musim Timur 2002 – Musim Barat 2002/2003)

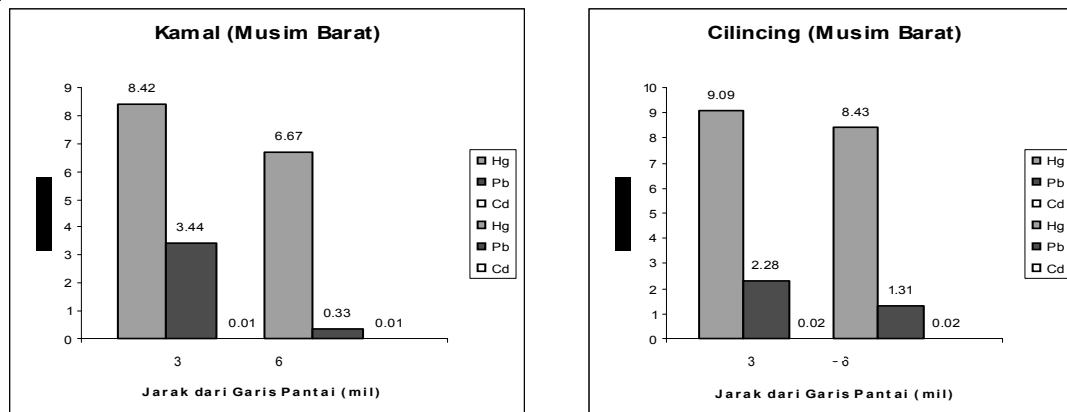
Musim (bulan) (1)	Lokasi (2)	Jarak (mil) (3)	Kons. Logam total dalam air (ppb) (4)			Kons. Logam terlarut (ppb) (5)			Kons. Logam dalam SS (ppb) (6)			Kapasitas adsorpsi (%) (7)			Total padatan tersuspensi (mg/L) (8)	Salinitas (ppt) (9)
			Hg	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd		
Timur (Juni, Juli, Agustus)	Kamal	3	1,23	2,90	43,90	1,21	2,88	43,89	0,02	0,02	0,01	1,63	0,69	0,01	54,30	10,07
		6	0,75	3,20	26,89	0,63	2,43	26,89	0,12	0,77	0,0	16,00	24,06	0,0		
	Cilincing	3	0,74	7,28	26,22	0,65	7,11	26,22	0,08	0,16	ttd	10,81	2,34	ttd	88,82	10,20
		6	1,03	5,92	18,88	0,99	5,76	18,88	0,04	0,16	ttd	3,88	2,70	ttd	108,93	10,00
Barat (Desem-ber, Januari, Pebruari)	Kamal	3	0,95	9,31	78,50	0,87	9,00	78,49	0,08	0,32	0,01	8,42	3,44	0,01	52,25	9,70
		6	1,05	9,19	63,10	0,98	9,16	63,09	0,07	0,03	0,01	6,67	0,33	0,01	100,41	9,80
	Cilincing	3	0,99	9,64	70,82	0,90	9,42	70,80	0,09	0,22	0,02	9,09	2,28	0,02	81,18	9,80
		6	0,83	12,24	80,28	0,76	12,08	80,26	0,07	0,16	0,02	8,43	1,31	0,02	154,39	9,00

Keterangan :

1. Konsentrasi rerata diperoleh dari 3 kali pengambilan sampel
2. Total konsentrasi logam berat dalam air (kolom 4) adalah penjumlahan dari konsentrasi logam berat terlarut (kolom 5) dan logam berat yang teradsorpsi oleh padatan tersuspensi (kolom 6)

Tabel 3. Nilai Dissolved Transport Indeks (DTI) di lokasi budidaya kerang hijau, Teluk Jakarta (Periode Musim Timur 2002 – Musim Barat 2002/2003)

Musim (bulan) (1)	Lokasi (2)	Jarak (mil) (3)	Kons. Logam terlarut (ppb) (4)			Kons. Logam dalam SS (ppb) (5)			Dissolved Transport Indice (DTI) (6)			Total padatan tersuspensi (mg/L) (7)	Salinitas (ppt) (8)
			Hg	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd		
Timur (Juni, Juli, Agustus)	Kamal	3	1,21	2,88	43,89	0,02	0,02	0,01	60,50	144	4389	54,30	10,07
		6	0,63	2,43	26,89	0,12	0,77	0,0	5,25	3,16		139,08	10,00
	Cilincing	3	0,65	7,11	26,22	0,08	0,16	ttd	8,12	44,44	5244	88,82	10,20
		6	0,99	5,76	18,88	0,04	0,16	ttd	24,75	36	3776	108,93	10,00
Barat (Desem-ber, Januari, Pebruari)	Kamal	3	0,87	9,00	78,49	0,08	0,32	0,01	10,88	28,13	7849	52,25	9,70
		6	0,98	9,16	63,09	0,07	0,03	0,01	14	305,33	6309	100,41	9,80
	Cilincing	3	0,90	9,42	70,80	0,09	0,22	0,02	10	42,82	3540	81,18	9,80
		6	0,76	12,08	80,26	0,07	0,16	0,02	10,86	75,50	4013	154,39	9,00



Gambar 3. Peran Adsorpsi Hg, Pb dan Cd oleh TSS pada musim barat di Perairan Kamal dan Cilincing pada jarak 3 mil dan 6 mil dari pantai

menunjukkan besarnya 5 adsorpsi Hg, Pb dan Cd di lokasi budidaya kerang hijau Kamal Muara dan Cilincing pada periode musim Timur dan musim Barat, masing – masing pada jarak 3 mil dan 6 mil dari garis pantai.

Berdasarkan hasil penelitian, kapasitas adsorpsi padatan tersuspensi (SS) terhadap Hg, Pb dan Cd dalam kolom air memperlihatkan adanya perbedaan, baik menurut lokasi, jarak maupun musim seperti dikemukakan dalam Tabel 2.

Gambaran umum menunjukkan bahwa di kedua lokasi (Kamal Muara dan Cilincing), kapasitas adsorpsi SS terhadap Hg lebih besar dibandingkan Pb dan Cd baik pada jarak 3 mil maupun 6 mil dari garis pantai maupun pada musim Timur dan musim Barat. Kapasitas adsorpsi SS terhadap Hg berkisar 1.63 – 10.81% (rerata 7.49%), Pb sebesar 0.69 – 3.44% (rerata 2.19%) dan Cd sebesar 0.00 – 0.02% (rerata 0.01%). Demikian pula di lokasi budidaya yang berjarak 6 mil dari garis pantai, kapasitas adsorpsi Hg berkisar 3.88 – 8.43% (rerata 6.33%), Pb 0.33 – 2.70% (rerata 1.45%) dan Cd 0.00 – 0.02% (rerata 0.015%).

Burton dan Liss (1976) mengatakan bahwa kapasitas adsorpsi SS terhadap elemen terlarut di pengaruhi oleh salinitas, komposisi dan karakteristik fisik – kimia mineral padatan tersuspensi (montmorillonite, halonite dan illite), selain sifat kimia elemen atau logam berat dan konsentrasi SS itu sendiri. Konsentrasi Hg, Pb dan Cd terlarut masing – masing pada jarak 3 mil dan 6 mil berkisar antara 0.65 – 1.21 ppb Hg (rerata 0.91 ppb Hg) dan 0.76 – 0.99 ppb Hg (rerata 0.91 ppb Hg), 2.88 – 9.42 ppb Pb (rerata 7.10 ppb Pb) dan 5.76 – 12.08 ppb Pb (rerata 9.00 ppb Pb), 26.22 – 78.49 ppb Cd (rerata 54.85 ppb Cd) dan 18.88 – 80.26 ppb Cd (rerata 54.08 ppb Cd).

Data hasil analisis menunjukkan bahwa rerata kelarutan Cd (54.08 – 54.85 ppb Cd) jauh lebih besar dibandingkan rerata kelarutan Pb (7.10 – 9.00 ppb Pb) maupun Hg (0.91 ppb Hg). Kapasitas adsorpsi dan kelarutan Hg, Pb dan Cd di lokasi yang berjarak 3 mil dari garis pantai terjadi dalam perairan bersalinitas 9.70 – 10.20‰ (rerata 9.94‰) dengan kandungan Total Padatan Tersuspensi atau TSS 52.25 – 88.82 mg/l (rerata 69.14 mg/l). Sementara di lokasi yang berjarak 6 mil dari garis pantai salinitasnya berkisar 9.00 – 10.00‰ (rerata 9.60‰) dan kandungan TSS 100.41 – 154.39 mg/l (rerata 121.24 mg/l). Berdasarkan keterangan di atas diketahui bahwa kondisi salinitas dan TSS di kedua lahan budidaya pada jarak 3 mil dan 6 mil tidak berpengaruh nyata terhadap besarnya kapasitas adsorpsi Hg, Pb dan Cd oleh padatan tersuspensi. Kisaran rerata kapasitas adsorpsi Hg 6.33 – 7.49%, Pb 1.45 – 2.19% dan Cd 0.01%.

Kapasitas adsorpsi Cd yang rendah dapat diartikan bahwa Cd sebagian besar terdapat dalam larutan dan hanya sebagian kecil (0.01%) yang diadsorpsi oleh padatan tersuspensi. Sementara Hg dan Pb dalam kolom air masing – masing sebesar 6.33 – 7.49% dan 1.45 – 2.19% akan diadsorpsi oleh padatan tersuspensi dan diendapkan serta terakumulasi dalam sedimen. Tabel 3 memperlihatkan nilai DTI (Dissolved Transport Indices), yang diperoleh dari rasio logam berat terlarut dengan yang teradsorpsi.

Hasil perhitungan nilai DTI menunjukkan bahwa $Cd > Pb > Hg$, yang berarti bahwa konsentrasi Cd terlarut lebih besar dibandingkan Pb dan Hg. Demikian halnya pada Pb terlarut lebih besar dari pada Hg. Namun hasil perhitungan nilai kapasitas adsorpsi memperlihatkan keadaan sebaliknya, dimana kapasitas adsorpsi $Hg > Pb > Cd$ seperti telah dibahas sebelumnya.

Chester (1990) mendapatkan nilai DTI dalam lingkungan perairan tawar (sungai) untuk Pb dan Cd masing - masing sebesar 0.10 dan 1.96, dan dalam lingkungan perairan laut dalam sebesar 0.0015 untuk Pb dan 4.17 untuk Cd. Fenomena dimana dapat merupakan petunjuk bahwa di lingkungan estuari dengan salinitas 9 - 10‰, logam berat Hg, Pb dan Cd lebih dominan terdapat dalam bentuk terlarut daripada terikat dengan padatan tersuspensi.

Kedadaan yang berbeda terjadi dalam lingkungan perairan tawar dimana salinitasnya rendah ataupun di perairan laut dalam dengan salinitas sekitar 35 ppt, dengan logam berat Hg, Pb dan Cd lebih dominan dalam bentuk terikat dengan padatan tersuspensi daripada yang terlarut. Selain faktor salinitas, komposisi mineral menyusun padatan tersuspensi juga berperan dalam mengadsorpsi logam berat terlarut dalam air (Libes, 1992).

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat dikemukakan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Di lingkungan estuari (salinitas 9 - 10.2‰) kapasitas adsorpsi padatan tersuspensi terhadap logam berat secara berurut adalah Hg>Pb>Cd, dimana di lokasi budidaya kerang hijau (Kamal Muara dan Cilincing) pada jarak 3 mil dan 6 mil dari garis pantai tidak memberikan nilai kapasitas adsorpsi yang nyata.
2. Konsentrasi Cd terlarut lebih besar dibandingkan Pb dan Hg. Hal mana ditunjukkan oleh nilai DTI Cd (99.97 - 99.98%) yang lebih tinggi dibandingkan Pb (97.53 - 98.68%) dan Hg (92.86 - 93.81%).
3. Salinitas estuari dengan kisaran 9.00 - 10.20‰ tidak berpengaruh nyata terhadap kapasitas adsorpsi logam berat Hg, Pb dan Cd oleh padatan tersuspensi.
4. Hasil penelitian memperjelas peranan salinitas estuari terhadap kapasitas adsorpsi SS dan kelarutan Hg, Pb dan Cd.

Hal yang perlu disarankan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Perlu dilakukan analisis komposisi mineral liat penyusun padatan tersuspensi. Karena faktor tersebut mempengaruhi kemampuan kapasitas adsorpsi SS terhadap Hg, Pb dan Cd.
2. Perlu dilakukan analisis komposisi inorganik dan organik penyusun padatan tersuspensi, mengingat materi organik bersifat ligan pembentuk senyawa kimia kompleks dengan elemen terlarut dalam air.
3. Perlu dilakukan penelitian terhadap kapasitas adsorpsi padatan tersuspensi (RPM - River Particle Matter) terhadap Hg, Pb dan Cd di perairan sungai sebelum masuk ke lingkungan estuari menjadi EPM (Estuarine Particle Matter).

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada segenap pihak yang telah membantu penerbitan tulisan ini, terutama rekan-rekan reviewer pada Jurnal Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro atas saran dan perbaikan makalah ini.

Daftar Pustaka

- AWWA, 1985. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. 16th ed. American Public Health Association (APHA). Washington DC.
- Burton, J. D and P. S. Liss .1976. Estuarine Chemistry. Academic Press. New York.
- Chester, R. 1990. Marine Geochemistry. Unwin Hyman Ltd. London.
- Fitriati, M. 2004. Bioakumulasi Logam Raksa (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) pada Kerang Hijau (Perna Viridis) yang di budidaya di Perairan Pesisir Kamal dan Cilincing Jakarta. Tesis. Sekolah Pascasarjana IPB - Bogor.
- Libes S. M. 1992. An Introduction To Marine Biogeochemistry. John Willey & Sons, Inc.
- Tchobanoglous G. And E. D. Schroeder. 1987. Water Quality : Characteristics, Modeling, Modification. Addison - Wesley Publishing Company. Sydney.