

**Faktor Konsentrasi dan Kondisi Tunak
Radioaktif Perunut ^{109}Cd
Pada Kerang Hijau (*Perna viridis*)**

Yusni Ikhwan Siregar

*Program Studi Ilmu Lingkungan, PPS Universitas Riau
Kampus Gobah Gedung 1, Jl Pattimura No.9, Pekanbaru
Email: yikhwan@hotmail.com*

Abstract

*A laboratory study on the concentration factors and steady state condition of Cadmium (Cd) by green mussel (*Perna viridis*) has been carried out. Radiotracer ^{109}Cd was applied in the study. The objective of the study was to evaluate bioaccumulation parameters including concentration factors and steady state condition of cadmium by green mussel from dissolved phase. It was found that both salinity and temperature had significant effect ($P < 0.001$) on accumulation rate of ^{109}Cd . The highest concentration factor of Cd (31,23-54,09) was appeared in water salinity of 29‰ and of water temperature 31°C. Apparently, green mussel accumulated 72,21-107,80 Bq/gr Cd at the steady state condition. It revealed that the small *Perna viridis* (5.2 cm in length) accumulated ^{109}Cd about 107,80 Bq/gr, whereas the bigger size of the green mussel (6.6 cm in length) had an uptake of about 72,21 Bq/gr*

Keywords: concentration factor, steady state condition, Perna viridis

Pendahuluan

Kadmium merupakan logam lunak (ductile) berwarna putih perak dan mudah teroksidasi oleh udara bebas dan gas Amonia (NH_3) (Clarkson dalam Saeni, 1997). Cd akan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam berbagai tingkatan organisme hidup. Kadmium merupakan logam berat dengan penyebaran yang luas di ekosistem akuatik. Di alam Cd bersenyawa dengan Belerang (S) sebagai greenocckite (CdS) yang ditemui bersamaan dengan senyawa spalerite (ZnS).

Dalam biota perairan jumlah logam berat yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan (biomagnifikasi)

karena tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme. Pada gilirannya pada rantai makanan tertinggi (termasuk manusia), Cd terakumulasi pada taraf yang tinggi yang bisa menimbulkan berbagai eksese seperti rasa sakit, panas pada bagian dada, penyakit paru-paru akut dan menimbulkan kematian.

Dari berbagai penelitian (Morton 1987, Blackmore et al 2002) dinyatakan bahwa kenaikan suhu, penurunan pH dan salinitas perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat semakin besar. Perubahan sifat fisika air laut seperti suhu dan salinitas dapat mempengaruhi biota laut dalam mengakumulasi kadmium

dan lingkungannya. Wright dalam Blackmore dan Wang (2002) menambahkan bahwa banyak eksperimen menunjukkan pertain-bahan pengambilan radiotracer oleh berbagai biota laut terjadi ketika menurunnya salinitas.

Pengukuran biokinetik dalam waktu panjang dengan menggunakan biota dalam jumlah terbatas serta mekanisme transfer kontaminan dalam berbagai kompartemen tubuh organisme sangat sulit dilakukan dengan teknik konvensional. Aplikasi teknik nuklir untuk menentukan kemampuan akumulasi polutan pada biota laut telah mulai dikembangkan di Indonesia, bahkan di luar negeri sudah

Metode Penelitian

Hewan uji kerang hijau, *Ferri viridis*, diperoleh dari Perairan Teluk Jakarta dengan teknik penyelaman tradisional. Untuk menghilangkan stress, hewan uji diaklimatisasikan selama seminggu di laboratorium. Selama aklimatisasi, kerang hijau diberikan pakan *Chlorella* sp dua kali sehari.

Organisme dipisahkan menurut kelompok ukuran (5,2; 5,5 dan 6,6 cm) dan kemudian dibersihkan dan organisme lain yang menempel. Metoda yang digunakan yaitu metoda eksperimental dengan rancangan percobaan faktorial.. Kombinasi taraf perlakuan eksperimen terdiri dari S1T1 (salinitas 29‰ dengan suhu 28°C), S1T2 (salinitas 29‰, dengan suhu 30°C), S2T1 (salinitas 31‰, dengan suhu 28°C) dan S T (salinitas 31‰? 2 2 00 dengan suhu 30°C).

Pengamatan pengambilan ^{99}Cd dan fase terlarut dilakukan dengan

dikembangkan sejak dahulu (Suseno, 2004a). Dengan menggunakan polutan yang berlabel radioisotop (misal ^{109}Cd , ^{210}Pb dan sebagainya), dapat dilakukan percobaan dengan biota dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan teknik konvensional.

Penelitian ini bertujuan mempelajari proses pengambilan perunut ^{99}Cd dan fase terlarut oleh kerang hijau yang berbeda ukuran pada salinitas dan temperatur berbeda, sedangkan manfaat yang didapat yaitu informasi mengenai kemampuan akumulasi kerang hijau (*Perna viridis*) terhadap logam berat akibat fluktuasi salinitas dan suhu.

meletakkan kerang hijau ke dalam empat aquarium, sesuai kombinasi taraf perlakuannya. Konsentrasi ^{99}Cd yang dipakai adalah konsentrasi kecil (1,46 Bq/ml) yaitu dengan meneteskan 7,6 ml ke setiap aquarium. Media uji air laut diganti setiap hari. Hal ini bertujuan untuk mempertahankan konsentrasi ^{99}Cd dalam air laut. Pemberian kontaminan dihentikan ketika konsentrasi Cd yang masuk pada *Perna viridis* sama dengan konsentrasi ^{99}Cd yang keluar (*steady state*).

Secara periodik (dua hari sekali), *Perna viridis* dicacah menggunakan MCA (Multi Channel Analyser) yang terintegrasi dalam sistem inspektor buatan Canberra, dan terkoneksi dengan komputer dan dihubungkan dengan spektrometer gamma serta dilengkapi detektor NaI yang diameternya 10 cm dan tinggi 40 cm buatan Bicon Corp tipe HQ 490 sen 2M2/2). Pencacahan dilakukan untuk

memperoleh data pengambilan ^{99}Cd dari fase terlarut.

Pengambilan (*uptake*) kontaminan yang diamati dan dihitung adalah faktor konsentrasi (FK), konsentrasi tunak atau steady state (Cs) dan faktor konsentrasi

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan rata-rata faktor konsentrasi tertinggi (31,23-54,09) di berbagai ukuran kerang hijau didapat pada salinitas 29‰ dengan suhu 30°C. Nilai konsentrasi kadmium dan faktor konsentrasi dalam keadaan tunak (steady state) tercatat 72,21—107,80 Bq/gr dan 49,46-73,84 (Tabel I a dan Ib).

Rata-rata faktor konsentrasi terendahnya didapat pada salinitas 31‰ dengan suhu 28°C yang kisaran nilainya 15,20-34,43 dimana nilai konsentrasi tunaknya berkisar 30,10-75,51 Bq/gr (Tabel 1b). Hal tersebut berarti pada salinitas 29‰ dengan suhu 30°C merupakan kondisi yang menyebabkan proses akumulasi ^{99}Cd oleh kerang hijau menjadi besar karena perubahan salinitas dan suhu dapat menyebabkan perubahan metabolisme pada organisme laut (Wang, 2000). Pada kondisi tersebut, kerang hijau mampu mengakumulasi ^{109}Cd 31,23 sampai dengan 54,09 kali dalam durasi kontak 14 sampai dengan 16 hari.

Pengaruh lamanya waktu kontak terhadap faktor konsentrasi disajikan pada Gambar 1 dan 2 yang menunjukkan adanya hubungan positif antara kedua variabel. Pada salinitas 29‰ dengan suhu 28°C dan salinitas 31‰ dengan suhu

steady state (FK58), dihitung berdasarkan rumus Connell dan Miller (1995). Data yang diperoleh dianalisa dengan ANOVA menggunakan program SPSS v.12.0 untuk kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Selanjutnya, dibahas secara statistik dan deskriptif.

30°C didapat rata-rata faktor konsentrasi yang tidak ekstrim seperti di dua kondisi lainnya yaitu dengan kisaran 19,84-47,21 dan 20,30-41,70. konsentrasi steady state Faktor konsentrasi tunak pada salinitas 29‰ dengan suhu 30°C, 133 kali lebih besar dibandingkan dengan kondisi salinitas 31‰. Sedangkan pada suhu 28°C, faktor konsentrasi tunak di salinitas 29‰ 1,23 kali lebih besar dibandingkan dengan salinitas 31‰.

Dari Gambar 1 dan 2 dapat dibuat gambar model proses pengambilan ^{109}Cd oleh kerang hijau dari fase terlarut. Tunak di dalam tubuhnya. Model proses pengambilan ^{109}Cd yang direpresentasikan dalam faktor konsentrasi pada salinitas 29‰ dan 31‰ di suhu 28°C ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan salinitas 29‰ dan 31‰ di suhu 30°C ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 1a. Data biokinetika pengambilan ^{109}Cd dari fase terlarut oleh *Perna viridis* pada salinitas 29‰ dengan 31‰ di suhu 30°C.

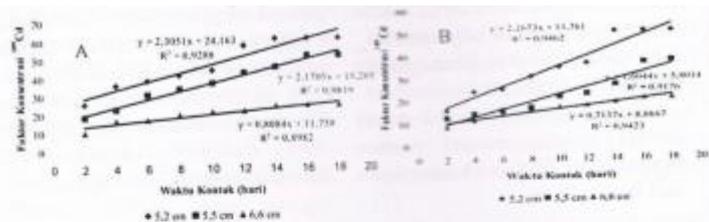
Durasi (hari)	Faktor Konsentrasi ^{109}Cd (Bq/gr)					
	Salinitas 29‰			Salinitas 31‰		
	5,2 cm	5,5 cm	6,6 cm	5,2 cm	5,5 cm	6,6 cm
2	30,52	24,29	17,20	27,33	13,61	11,23
4	40,77	28,64	19,50	28,54	15,74	12,27
6	44,62	29,36	21,19	36,25	22,33	14,08
8	47,60	32,65	23,99	37,24	30,87	19,50
10	51,45	35,94	30,35	41,65	36,65	20,93
12	59,98	49,90	34,72	45,73	39,14	21,75
14	70,62	52,48	39,51	52,12	47,41	25,42
16	70,60	59,07	47,31	53,00	51,77	28,70
18	70,61	59,08	47,33	53,44	51,78	28,83
Mean±SE	54,09 ± 4,89	41,27 ± 4,60	31,23 ± 3,89	41,70 ± 3,37	34,37 ± 4,91	20,30 ± 2,23
C_{ss}	107,80	90,16	72,21	80,90	79,02	43,81
FK_{ss}	73,84	61,75	49,46	55,41	54,12	30,01

Catatan : C_{ss} (konsentrasi steady state)
 FK_{ss} (faktor konsentrasi steady state)

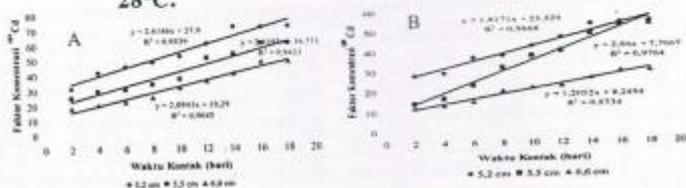
Tabel 1b. Data biokinetika pengambilan ^{109}Cd dari fase terlarut oleh *Perna viridis* pada salinitas 29‰ dengan 31‰ di suhu 28°C.

Durasi (hari)	Faktor Konsentrasi ^{109}Cd (Bq/gr)					
	Salinitas 29‰			Salinitas 31‰		
	5,2 cm	5,5 cm	6,6 cm	5,2 cm	5,5 cm	6,6 cm
2	25,45	18,32	10,41	14,98	11,92	7,99
4	35,81	22,33	16,10	23,25	13,41	10,46
6	38,46	30,42	17,09	24,35	14,86	13,08
8	41,54	33,71	19,61	29,97	16,01	15,26
10	44,18	36,88	20,81	33,71	20,55	16,00
12	57,06	42,22	21,64	35,26	21,97	16,74
14	60,82	45,69	24,10	49,47	25,80	17,91
16	60,80	51,68	24,38	49,46	35,76	19,72
18	60,80	51,66	24,44	49,46	36,33	19,67
Mean±SE	47,21 ± 4,37	36,99 ± 3,99	19,84 ± 1,56	34,43 ± 4,26	21,85 ± 3,06	15,20 ± 1,34
C_{ss}	92,84	78,89	37,21	75,51	54,58	30,10
FK_{ss}	63,59	54,03	25,49	51,72	37,38	20,62

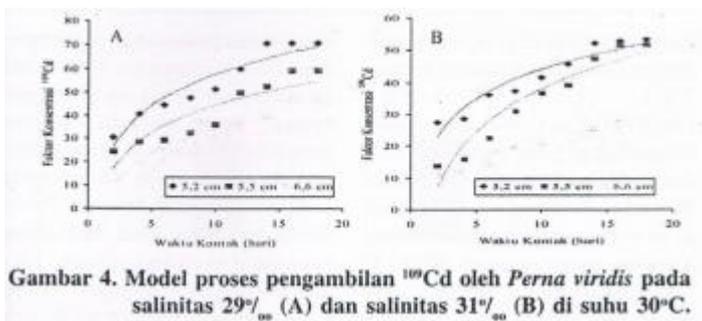
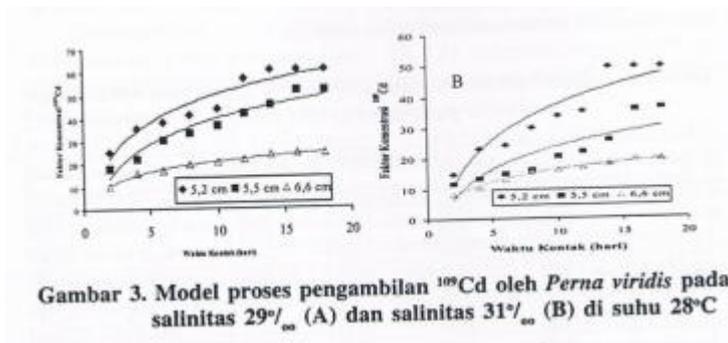
Catatan : C_{ss} (konsentrasi steady state)
 FK_{ss} (faktor konsentrasi steady state)



Gambar 1. Faktor konsentrasi perunut ^{109}Cd dalam *Perna viridis* pada salinitas 29‰ (A) dan salinitas 31‰ (B) di suhu 28°C.



Gambar 2. Faktor konsentrasi perunut ^{109}Cd dalam *Perna viridis* pada salinitas 29‰ (A) dan salinitas 31‰ (B) di suhu 30°C.



1. Pengaruh salinitas terhadap faktor konsentrasi ^{109}Cd

Perbedaan salinitas memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap proses bioakumulasi ^{109}Cd oleh kerang hijau ($P < 0,01$). Hal tersebut berarti bahwa perbedaan salinitas terhadap proses bioakumulasi ^{109}Cd memberikan pengaruh yang sangat berbeda nyata. Pada saat salinitas 31‰ proses bioakumulasi logam berat oleh *Perna viridis* ukuran 5,2 cm terjath tidak begitu besar dengan nilai faktor konsentrasi rata-rata 41,70 jika dibandingkan pada kondisi salinitas 29‰ yang nilai rata-rata faktor konsentrasinya 54,09 (Gambar 5).

Pengaruh kadar garam media terhadap proses bioakumulasi menunjukkan hubungan yang negatif ($Y = 31,23 - 5,24X$) atau tingkat akumulasi perunit Cd meningkat mengikuti turunya salinitas. Hal ini disebabkan perubahan salinitas dapat mempengaruhi kelangsungan hidup, pertumbuhan dan metabolisme fisiologi dan organisme laut

(Brito dalam Blackmore dan Wang, 2002). Hal tersebut diatas sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa pertambahan akumulasi logam berat dan toksisitas berhubungan dengan berkurangnya salinitas (Peter, 1995). Chong dan Wang (2001) menambahkan bahwa pengambilan logam berat dan fase terlarut oleh *Perna viridis* yang berasal dari perairan laut bersalinitas rendah dan bersalinitas tinggi, umumnya mengalami penambahan akumulasi logam berat ketika salinitas rendah.

2. Pengaruh suhu terhadap faktor konsentrasi ^{109}Cd .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor suhu berpengaruh ($P < 0,01$) terhadap tingkat bioakumulasi kerang hijau. Kenaikan nilai bioakumulasi terjadi pada saat kondisi suhu berada di 30°C tetapi pada saat suhu media 28°C nilai bioakumulasi logam perunit Cd oleh kerang hijau menjadi turun (Gambar 6). Sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan suhu mempunyai hubungan

yang positif dengan proses bioakumulasi perunut ^{109}Cd ($Y = 3,123 + 3,96X$).

hijau dipengaruhi oleh suhu. Kemudian Sivalingam dalam Coeroli et al (1984) menambahkan bahwa kisaran suhu antara 10-35°C merupakan suhu yang dapat ditoleransi sampai 50% oleh kerang hijau.

3. Pengaruh ukuran perna viridis terhadap bioakumulasi ^{109}Cd

Pengaruh perbedaan ukuran kerang hijau terhadap proses pengambilan ^{109}Cd dan fase terlarut adalah sangat signifikan ($P < 0,01$), dimana masing-masing ukuran memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap hasil akumulasi ^{109}Cd . Hal ini disebabkan karena kerang hijau berukuran kecil lebih banyak membutuhkan nutrisi (per satuan berat) untuk pertumbuhan dan kondisi dimana sistem metabolismenya menuju kesempurnaan (Rajagopal et al, 1998).

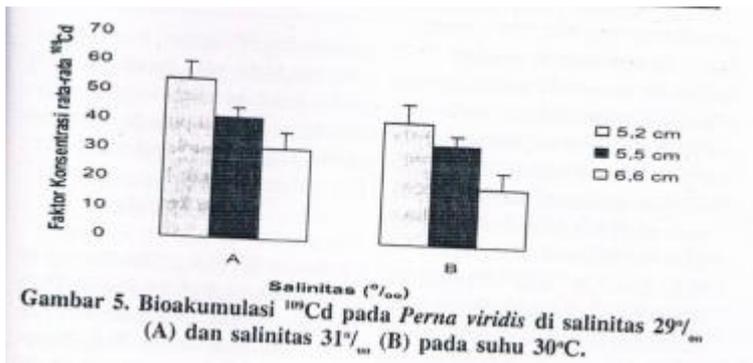
Ukuran kerang hijau mempunyai hubungan yang negatif terhadap proses bioakumulasi perunut ^{109}Cd ($Y = 3,123 - 10,35X$) atau semakin kecil ukuran kerang hijau maka tingkat akumulasi logam beratnya semakin besar (Gambar 7).

Hal ini sesuai dengan Suseno (2004b) yang menyatakan bahwa ada korelasi yang signifikan antara konsentrasi kontaminan di lingkungan dengan konsentrasi kontaminan dalam tubuh organisme. Kenaikan konsentrasi ^{109}Cd

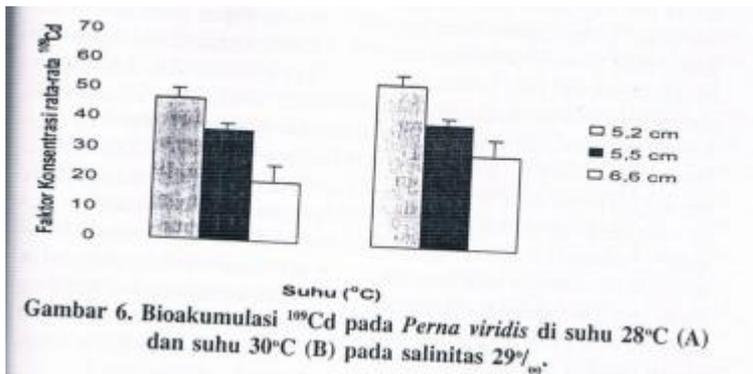
Chatterji et al (1984) menyatakan pertumbuhan yang signifikan pada kerang

pada setiap ukuran Perna viridis terjadi setiap hari selama proses pengamatan walaupun dalam durasi tertentu kenaikannya tidak, sebesar pada waktu kontak lainnya. Perna viridis berukuran kecil lebih cepat mencapai kondisi tunak jika dibandingkan dengan yang berukuran besar. Walaupun ukuran tubuh lebih kecil tetapi luas permukaan dan rasio volume dengan konsentrasi enzim memainkan peranan yang sangat penting (Bruner dalam Suseno, 2004b). Ukuran merupakan faktor biologi yang penting dalam mengontrol akumulasi logam berat pada bivalva laut (Wang dan Dei, 1999)

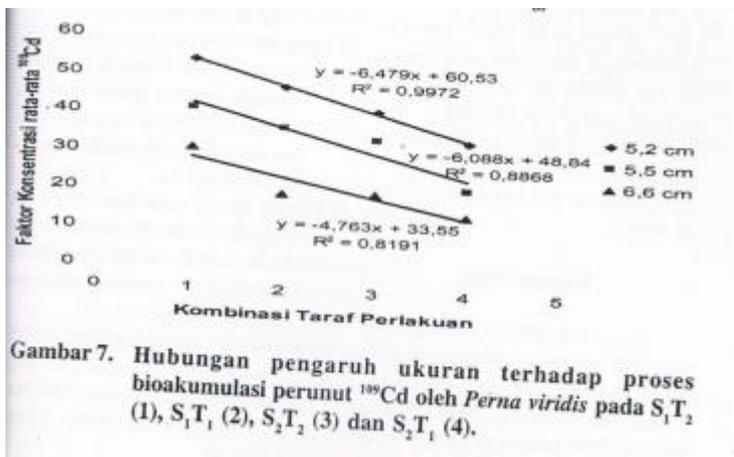
Berdasarkan nilai faktor konsentrasi tersebut di atas maka dapat disimpulkan bahwa faktor salinitas merupakan faktor yang paling dominan mempengaruhi tingkat akumulasi perunut ^{109}Cd oleh kerang hijau dan fase terlarut. Hal ini disebabkan karena pertumbuhan rata-rata tertinggi kerang hijau berhubungan dengan salinitas dan kelimpahan Fitoplankton (Chatterji et al, 1984). Kemudian Sivalingam dalam Coeroli et al. (1984), bahwa bivalva seperti kerang hijau dapat mentoleransi salinitas dengan kisaran antara 24-80 ppt. Kerang hijau memanfaatkan turunnya atau berkurangnya salinitas untuk memperpanjang kelangsungan hidupnya sejak mulai berkurangnya salinitas (Morton, 1987).



Gambar 5. Bioakumulasi ¹⁰⁹Cd pada *Perna viridis* di salinitas 29‰ (A) dan salinitas 31‰ (B) pada suhu 30°C.



Gambar 6. Bioakumulasi ¹⁰⁹Cd pada *Perna viridis* di suhu 28°C (A) dan suhu 30°C (B) pada salinitas 29‰.



Gambar 7. Hubungan pengaruh ukuran terhadap proses bioakumulasi perunut ¹⁰⁹Cd oleh *Perna viridis* pada S₁T₁ (1), S₂T₂ (3) dan S₂T₁ (4).

Mekanisme akumulasi ¹⁰⁹Cd oleh *Perna viridis* melalui proses *passive uptake* dan *active uptake*. *Passive uptake* terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, pertama pertukaran ion di mana ion monovalent dan divalent seperti Na, Mg, dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat; dan kedua adalah

formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan functional groups seperti carbonyl, amino, thiol, hydroxy, phosphate, dan hydroxy-carboxyl yang berada pada dinding sel. Proses bioabsorpsi ini bersifat bolak-balik dan cepat. Proses bolak-balik ikatan ion logam berat di permukaan sel ini dapat terjadi pada sel mati dan sel hidup dan suatu

biomass. Sedangkan active uptake terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan organisme ataudan akumulasi intraselular ion logam tersebut. Logam berat dapat juga diendapkan pada proses metabolisme dan ekresi pada

Kesimpulan

Perbedaan ukuran kerang hijau dan salinitas memberikan pengaruh negatif yang sangat signifikan, sedangkan perbedaan suhu memberikan pengaruh positif yang sangat signifikan terhadap

tingkat ke dua. Proses mi tergantung dan energy yang terkandung dan sensitifitasnya terhadap parameter-parameter yang berbeda seperti pH, suhu, salinitas dan lain-lain (Nora *et al*, 1998).

tingkat akumulasi ¹⁰⁹Cd dan fase terlarut. Kerang hijau yang berukuran kecil lebih cepat rnencapai kondisi tunak, steady stare, dibandingkan dengan kerang hijau yang berukuran besar.

Daftar Pustaka

- Bajarias. FE F. A., 1994. Survey of Paralytic Shellfish Poison (PSP) in Green Mussels (*Perna viridis*) in Manila Bay, Philippines. Paper presented in the Third International Scientific Symposium. IOC-UNESCOWESTPAC, Bali — Indonesia, 22 - 26 November 1994.
- Blackmore, G. dan W. X. Wang., 2002. "Inter-Population Differences in Cd, Cr, Se, and Zn Accumulation by the Green Mussel *Perna viridis* Acclimated at Different Salinities", The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong. I 3pp. Tidak diterbitkan.
- Chatterji, A.; Z. A. Ansari ; B. S. Ingole ;A. H. Parulekar., 1984. Growth of the green mussel, *Perna viridis* L., in a sea water circulating system. *Aquaculture* 40:47-55.
- Coeroli, M. ; D. Gaillande, ; 3. P. Landret., 1984. Recent innovations in cultivation of molluscs in French Polynesia. *Aquaculture* 39:45-67.
- Connel, D.W. dan G J. Miller., 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran, UI press, Jakarta. 518 hal. Terjemahan Yanti Koestoer.
- Morton, B., 1987. The functional morphology of the organs of the mantle cavity of *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) (*Bivalvia:Mytilacea*). *American Malacological Bulletin* 5(2):159-164.
- Nora F. Y. Tarn, Y. S. Wong a rid C. G. Simpson., (1998). Removal of Copper by Free and Immobilized Microalgae, *Chlorella vulgaris*, in: Water Treatment with Algae, Yuk-Shan and Nora F. Y. Tarn (eds.), Springer-Verlag and Landes Bioscience, p. 17
- Peter, GC, C., 2002. "Predicting Metal Bioavailability-Applicability of Biotic Ligan Model , Ciesm Workshop Monographs 19, Metal

- and Radionuclide Bioaccumulation in Marien Organism, Monaco. 25 pp.
- RajagoSal, S. ; Venugopalan, V. P.; Nair, K. V. K. ; van der Velde, V. ; Jenner, H. A. ; and C. den Harog., 1998. Reproduction, growth rate and culture potential of the green mussel, *Perna viridis* (L.) in Edaiyur backwaters, east coast of India. *Aquaculture* 162:187-202.
- Rusila. N., 1999. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PKAIWI-IP, Bogor. Saeni, M.S., 1997. Penentuan Tingkat Pencemaran Logam Berat dengan Analisis Rambut. Orasi Ilmiah, Guru Besar Tetap Ilmu Kimia Lingkungan, Fakultas Matematika dan IPA IPB. Bogor
- Suseno, H., 2004a, Pendekatan Teknik Nuklir untuk Studi Biokinetik Akumulasi dan Depurasi Kadmium pada Gastropoda Laut Teluk Jakarta, Seminar Nasional Teknologi Limbah, Serpong September 2004, P2PLR BATAN.
- , 2004b. Biokinetics of Cadmium in Indonesia's Green Mussel, *Perna viridis*:: Influences of Body Size. Proceeding of one day seminar Development Radioecology and Marine Environment in Indonesia, Hotel Sahid Jaya Jakarta.
- Wang.W.X., 2000. Uptake and Depuration of Cesium in the Green Mussel *Perna viridis*. *Mar Ecol Prog Ser*.137:567-575. Wang.W.X and Dei RCH. 1999. Factors Affecting Trace Element Uptake in the Black Mussel *Septifer virgatus*. *Mar Ecol ProgSer*. 186:161-172.
- Tanjung, S., 1998. Distribusi Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Zn pada Air Permukaan Muara Sungai Deli Kotamadya Medan. Skripsi. Universitas Riau. Pekanbaru. 38 hal. Tidak di terbitkan.