

**UJI TOKSISITAS KADMIUM (CD) TERHADAP SURVIVAL AMPHIPODA
*Grandidierella bonnieroides***

***THE TOXICITY TEST OF CADMIUM (CD) TO SURVIVABILITY OF AMPHIPOD
*Grandidierella bonnieroides****

Iyat Hamiyati^{1*}, Nuraina Andriani², Dwi Hindarti³

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Teknik Kelautan dan Perikanan, Universitas Nahdlatul Ulama, Cirebon

²Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

³Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

^{*}Korespondensi: iyathamiyati@gmail.com

ABSTRACT

*One of the heavy metals that pollutes the waters is cadmium (Cd). Cadmium (Cd) accumulates in the bodies of aquatic organisms and eventually interferes with metabolism processes. The aim of this study was to determine the lethal concentration of Cd to organism test *Grandidierella bonnieroides* shown by LC50, NOEC (No Observed Effect Concentration) and LOEC (Low Observed Effect Concentration) values. The experimental designs used are Completely Randomized Design (CRD) with six treatments based on the concentration of Cd and each repeated four times. The results show the concentration of 0.56, 1, and 1.8 ppm were affecting the viability of the organism test. The lethal concentration of the organism test (LC50) was 0.702 ppm. The highest concentrations not affecting the organism test (NOEC) was 0.31 ppm. The lowest concentrations were affecting the organism test (LOEC) was 0.56 ppm.*

Keywords: Cadmium (CD), toxicity, viability, *grandidierella bonnieroides*, LC50

ABSTRAK

Salah satu logam berat yang banyak mencemari perairan yaitu kadmium (Cd). Kadmium (Cd) akan terakumulasi dalam tubuh biota perairan dan pada akhirnya akan mengganggu proses metabolisme. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi Cd yang dapat menyebabkan kematian 50% biota uji *Grandidierella bonnieroides* yang dinyatakan dengan nilai LC50, NOEC (*No Observed Effect Concentration*), dan LOEC (*Low Observed Effect Concentration*). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan rancangan percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan enam perlakuan berdasarkan konsentrasi Cd dan masing-masing diulang empat kali. Hasil pengamatan menunjukkan konsentrasi 0,56 ppm, 1 ppm, dan 1,8 ppm sudah memberikan pengaruh terhadap viabilitas biota uji. Konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian 50% dari biota uji yang dinyatakan dengan nilai LC50 yaitu sebesar 0,702 ppm. Sedangkan konsentrasi tertinggi yang tidak memberikan pengaruh terhadap biota uji (NOEC) yaitu sebesar 0,32 ppm dan konsentrasi terendah yang memberikan pengaruh terhadap biota uji (LOEC) yaitu sebesar 0,56 ppm.

Kata kunci: kadmium (Cd), toksisitas, viabilitas, *grandidierella bonnieroides*, LC50.

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan yang bersifat toksik pada proses industri seperti logam, pigmen, baterai, elektronik, pelumas, peralatan fotografi, gelas, tekstil, plastik, dan keramik, menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Effendi, 2003). Dampak negatif yang sulit dihindari adalah pencemaran lingkungan terutama perairan yang berada di sekitar daerah industri. Limbah yang ditimbulkan oleh industri dapat berupa bahan organik maupun anorganik. Limbah anorganik pada umumnya berupa limbah yang tidak dapat membusuk dan

sulit didegradasi oleh mikroorganisme dan apabila bahan buangan anorganik masuk ke dalam lingkungan perairan, maka akan terjadi peningkatan jumlah ion logam dalam air. Bahan buangan anorganik biasanya berasal dari industri yang melibatkan penggunaan unsur-unsur logam berat (Hg, Pb, Co, Cu, Cd, Zn) (Wisnu A.W,1994).

Pencemaran lingkungan oleh kadmium yang terkandung dalam limbah buangan industri telah menimbulkan dampak negatif. Menurut Clark (1986) masuknya kadmium ke perairan berasal dari; uap, debu dan limbah dari industri pertambangan dan logam melalui proses oksidasi serta industri pertanian dan peternakan yang menggunakan pupuk, herbisida, insektisida dan dari endapan sampah yang dihasilkan oleh manusia.

Limbah yang dibuang ke perairan dapat menurunkan kualitas perairan serta dapat mengganggu biota akuatik yang ada didalamnya. Salah satu biota akuatik yang terganggu terhadap adanya pencemaran adalah amphipoda. Amphipoda merupakan biota yang bersifat bentik dan planktonik pada perairan laut dan tawar (Lowry, 1999). Dalam lingkungan akuatik, biota ini merupakan komponen yang memegang peranan penting dalam rantai makanan. Amphipoda dapat digunakan sebagai bioindikator adanya pencemaran, karena amphipoda lebih sensitif terhadap pencemaran dibandingkan dengan bentik lainnya (*polychaeta* dan *copepoda*), contohnya pada pencemaran kadmium (Cd) (Felten *et al.*, 2008). Berdasarkan hal tersebut amphipoda dapat dijadikan sebagai biota uji untuk menentukan tingkat pencemaran terutama logam berat di perairan.

Salah satu spesies amphipoda yang dapat digunakan sebagai biota uji adalah *Grandidierella bonnieroides* dengan kriteria ukuran 3-5 mm. Ukuran tersebut dipilih karena pada saat ukuran > 5 mm banyak amphipoda yang sudah bertelur sehingga tidak dapat digunakan untuk uji toksisitas karena akan mempengaruhi hasil pengujian (ASTM, 2006). Uji toksisitas dapat dinyatakan dengan nilai LC50, NOEC (*No Observed Effect Concentration*), dan LOEC (*Low Observed Effect Concentration*). Nilai NOEC merupakan nilai tertinggi konsentrasi Cd yang tidak memberikan pengaruh terhadap biota akuatik. Sedangkan LOEC merupakan nilai konsentrasi Cd yang paling rendah serta bersifat toksik terhadap biota akuatik (Rand dan Petrocelli, 1985).

Hasil uji toksisitas Cd terhadap amphipoda dengan jenis *Grandidierella japonica* didapatkan nilai LC50 sebesar 1,47 ppm. Sedangkan, nilai NOEC dan LOEC yaitu sebesar 0.5 ppm dan 1.0 ppm (Lee *et al.*, 2005). Metode yang dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran logam berat (Cd) salah satunya melalui uji toksisitas letal (LC50). Sementara itu, untuk mengetahui konsentrasi logam berat (Cd) yang masih dapat ditoleransi dan konsentrasi

Cd paling rendah yang bersifat toksik terhadap biota akuatik dinyatakan dengan nilai NOEC dan LOEC. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan nilai LC50, NOEC dan LOEC dari toksisitas Cd yang dipaparkan pada spesies amphipod *Grandidierella bonnieroides*.

METODE PENELITIAN

Pengambilan dan pemeliharaan biota uji

Grandidierella bonnieroides yang akan digunakan sebagai biota uji didapatkan dari Muara Sungai Kramat Kebo, Tangerang. Alat-alat yang digunakan yaitu ayakan berukuran 500 µm untuk memisahkan *G. bonnieroides* dengan serasah dan sedimen, *container* yang telah diisi air laut, *aerator* dan *ice pack*. *Grandidierella bonnieroides* yang didapatkan dari lapangan kemudian dipelihara dalam akuarium volume ± 12 liter, pemeliharaan dilakukan selama 14 hari (ACCPMS II, 1993). Selama pemeliharaan dilakukan pergantian media air laut 1/3 dari volume akuarium, pemberian pakan berupa pelet (tetra bits) setiap satu minggu sekali dan dilakukan pengukuran kualitas air (pH, DO, salinitas, temperatur) setiap hari.

Persiapan uji toksisitas

Sebelum digunakan peralatan untuk uji toksisitas dibersihkan berdasarkan prosedur pencucian peralatan laboratorium (ASTM, 2006). Wadah berupa *beaker glass* dengan ukuran 1 liter sebanyak 24 buah. Dalam satu beker diisi 20 ekor Amphipoda dengan ukuran 3-5 mm. Ukuran tersebut merupakan kisaran ukuran juvenile amphipoda yang biasa digunakan untuk uji laboratorium (Maltby, 1995). Jumlah biota uji yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 480 ekor.

Larutan stok kadmium (Cd) 1000 mg/l dibuat dengan melarutkan kristal kadmium klorida (CdCl₂) monohidrat (CdCl₂.H₂O) buatan *Sigma-Aldrich* kedalam 1000 ml aquades. Larutan uji dibuat dengan mengencerkan larutan stok yang telah dibuat dengan media pelarut (air laut steril). Kisaran konsentrasi kadmium yang digunakan pada penelitian ini yaitu: 0 ppm, 0,18 ppm, 0,32 ppm, 0,56 ppm, 1 ppm, dan 1,8 ppm berdasarkan deret logaritmik konsentrasi standar toksisitas akut (ACCPMS-Phase II tahun, 1993). Uji toksisitas dilakukan selama 96 jam dengan waktu pengamatan 0 jam, 1 jam, 2 jam, 4 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, 72 jam, dan 96 jam yaitu dengan mengamati jumlah amphipoda yang masih hidup dan yang sudah mati. Selama pengujian amphipoda *G. bonnieroides* dipuasakan.

Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan secara eksperimental di Laboratorium melalui uji toksisitas untuk mendapatkan nilai LC50, nilai NOEC (*No Observed Effect Concentration*), dan nilai LOEC (*Low Observed Effect Concentration*). Rancangan percobaan yang digunakan, yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan konsentrasi dan 4 kali ulangan. Perlakuan yang dicoba sebagai berikut:

CD0 = Kontrol (air laut steril)

CD1 = Konsentrasi kadmium 0,18 ppm

CD2 = Konsentrasi kadmium 0,32 ppm

CD3 = Konsentrasi kadmium 0,56 ppm

CD4 = Konsentrasi kadmium 1 ppm

CD5 = Konsentrasi kadmium 1,8 ppm

Parameter utama dari uji toksisitas lethal yaitu persentase mortalitas amphipod *G. bonnieroides* yang dinyatakan dengan nilai LC50, NOEC dan LOEC. Parameter pendukung meliputi parameter fisik dan kimia yaitu suhu, salinitas, oksigen terlarut dan pH.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis dengan uji F dan jika berbeda nyata (signifikan) maka dilanjutkan dengan uji *Multiple-Comparison Dunnet (equal)* atau *Bonferroni T-Test (unequal)*. Hasil pengaruh kadmium (Cd) terhadap ketahanan hidup (viabilitas) *G. bonnieroides* adalah berupa data nilai NOEC dan LOEC yang dianalisis menggunakan program TOXSTAT. Nilai LC50 (*Lethal Concentration*) dianalisis menggunakan program EFFL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

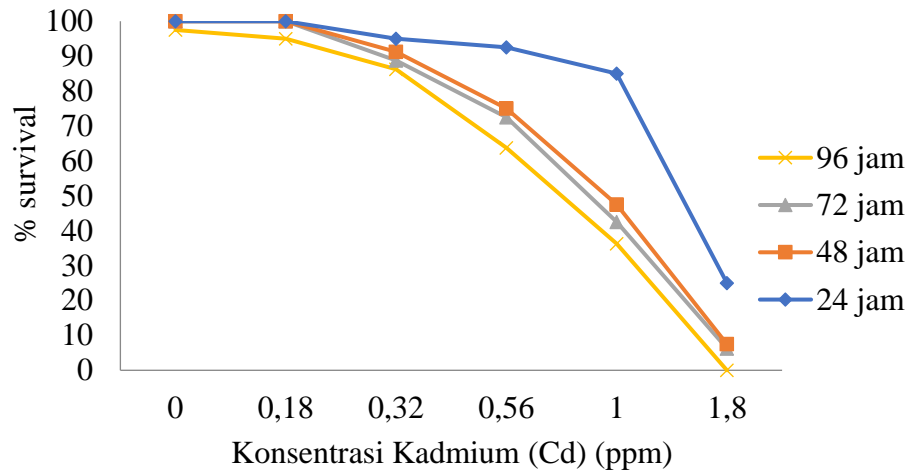
Survival *Grandidierella bonnieroides*

Pengamatan survival *G. bonnieroides* dilakukan selama pengujian 96 jam dan diamati dari jam ke 1, 2, 4, 24, 48, 72, dan 96 jam. Pengamatan dilakukan pada berbagai konsentrasi kadmium (Cd) dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Persentase survival *G. bonnieroides* selama pengujian

Konsentrasi	% survival <i>G. bonnieroides</i> pada jam ke-						
	1	2	4	24	48	72	96
0	100	100	100	100	100	100	97,5

0,18	100	100	100	100	100	100	95
0,32	100	100	100	95	91,25	88,75	86,25
0,56	100	100	100	92,5	75	72,5	63,75
1	100	100	100	85	47,5	42,5	36,25
1,8	100	100	100	25	7,5	6,25	0



Gambar 1. Persentase survival *G. bonnieroides* pada pemaparan berbagai konsentrasi Cd selama 96 jam

Tabel 1. menunjukkan survival *Grandidierella bonnieroides* selama 96 jam mengalami perubahan pada jam ke-24. Hal tersebut dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, pada jam ke-1 sampai ke-4 tidak mengalami penurunan survival *G. bonnieroides*. Penurunan survival terjadi pada jam ke-24 di konsentrasi 0,32 ppm yang semakin menurun seiring bertambahnya konsentrasi. Pada jam ke-48 terjadi penurunan survival pada konsentrasi 0,32 dengan mortalitas sebesar 8,75%. Penurunan persentase survival jam ke-72 pada konsentrasi 0,32 ppm dengan persentase sebesar 88,75%. Sedangkan pada jam ke-96 terjadi penurunan dari konsentrasi 0 ppm, 0,18 ppm, 0,32 ppm, 0,56 ppm, 1 ppm, dan 1,8 ppm dengan persentase survival masing-masing sebesar 97,5%; 95%; 86,25%; 63,25%; 36,25% dan 0%.

Survival amphipoda dipengaruhi oleh lamanya waktu pemaparan dan besarnya konsentrasi zat pencemar (Cd). Felten *et al.* (2008) melaporkan uji toksisitas pada amphipod jenis *Gammarus pulex* memperoleh kesimpulan, semakin besar konsentrasi dan lama waktu pemaparan Cd, maka survivalnya semakin menurun. King *et al.* (2006) melaporkan uji toksisitas yang dilakukan pada amphipoda jenis *Melita plumulosa* menunjukkan persentase survival pada ukuran dewasa lebih besar dibandingkan ukuran juvenil dengan prosentase

survival > 75%. Pada fase juvenil frekuensi terjadinya peristiwa molting atau ganti kulit lebih tinggi dibandingkan saat fase dewasa sehingga organisme uji yang sedang mengalami peristiwa molting akan lebih mudah terpapar oleh toksikan (McGee *et al.*, 1998).

Toksisitas Kadmium

Kontaminasi logam berat Cd di lingkungan perairan laut dapat terakumulasi di dalam tubuh dan menyebabkan efek terhadap biota perairan. Efek tersebut berupa kematian sampai efek sublethal (perilaku, pertumbuhan, dan perubahan reproduksi) (King *et al.*, 2006). Toksisitas Cd dapat diukur dengan melakukan uji toksisitas akut yang dinyatakan dengan nilai LC50, NOEC, dan LOEC. Uji ini dilakukan selama 96 jam menggunakan enam konsentrasi termasuk kontrol. Berikut hasil uji toksisitas akut Cd terhadap *Grandidierella bonnieroides*.

Tabel 2. Hasil Uji Toksisitas Akut Cd Terhadap *G. bonnieroides*

LC ₅₀	NOEC	LOEC
0,702 ppm	0,32 ppm	0,56 ppm

Nilai LC50 Cd *Grandidierella bonnieroides* sebesar 0,702 ppm dan nilai NOEC dan LOEC berturut-turut sebesar 0,32 ppm dan 0,56 ppm. Nilai tersebut diperoleh dari hasil pengamatan berupa kematian, karena kematian merupakan efek yang paling mudah diamati (Hindarti, 1997). Berdasarkan penelitian sebelumnya terhadap amphipoda jenis *Grandidierella japonica* diperoleh nilai LC50 1,47 ppm (Lee *et al.*, 2005). Hal tersebut membuktikan bahwa *G. bonnieroides* yang diujikan lebih sensitif terhadap Cd dibandingkan dengan *G. japonica*. Sensitivitas amphipoda jenis *G. bonnieroides* jika dibandingkan dengan amphipoda jenis lainnya menempati urutan ke-3 setelah *Ampelisca abdita* dan *Rhepoxinus abronius*. Berikut tabel yang menyajikan perbandingan sensitivitas antar amphipoda terhadap Cd.

Perbedaan nilai LC50 kadmium terhadap beberapa jenis amphipoda pada masing-masing penelitian disebabkan oleh beberapa faktor. Menurut Lee *et al.*, (2005), terjadinya perbedaan sensitivitas organisme uji terhadap suatu toksikan disebabkan oleh beberapa faktor seperti perbedaan musim, kesehatan organisme uji, dan kondisi pengujian itu sendiri. McGee *et al.*, (1998) menambahkan bahwa terjadinya perbedaan sensitivitas organisme uji terhadap suatu toksikan juga disebabkan oleh faktor seperti aktivitas metabolisme, ukuran tubuh, jenis kelamin, dan siklus molting dari organisme uji itu sendiri.

Tabel 3. Perbandingan Sensitivitas Amphipoda terhadap Kadmium (Cd)

Nama Jenis	LC ₅₀ -96 jam (ppm)	Referensi
<i>Ampelisca abdita</i>	0,2-0,58	Redmond <i>et al.</i> , 1994
	0,33	ASTM, 1999
	0,63	Kohn <i>et al.</i> , 1994
<i>Eohaustorius estuarius</i>	7,4	DeWitt, 1989
	9,3	ASTM, 1999
	12,5	Boese <i>et al.</i> , 1997
<i>Leptocheirus plumulosus</i>	0,36-1,88	McGee <i>et al.</i> 1998
	1,06	ASTM, 1999
	1,45	Boese <i>et al.</i> , 1997
<i>Rhepoxinus abronius</i>	0,53	Kohn <i>et al.</i> , 1994
	0,76	DeWitt, 1989
	0,92	ASTM, 1999
	1,5	Boese <i>et al.</i> , 1997
	1,9	Kohn <i>et al.</i> , 1994
<i>Grandidierella japonica</i>	1,17	ASTM, 1999
	3,14	Kohn <i>et al.</i> , 1994
	1,47	Lee <i>et al.</i> , 2005
<i>Monocorophium acherusicum</i>	0.7-1.4	Lee <i>et al.</i> , 2005
<i>Grandidierella bonnieroides</i>	0,702	Hasil penelitian sekarang

Hasil penelitian lain terhadap amphipod jenis *Corophium urdaibaiense* dan *Corophium multisetosum* (amphipoda sub-tropis) menunjukkan tingkat sensitivitas *C. urdaibaiense* dan *C. multisetosum* dipengaruhi oleh perubahan musim. Pada musim dingin *C. urdaibaiense* dan *C. multisetosum* akan lebih sensitif terhadap Cd dibandingkan dengan musim panas, gugur dan semi (Perez *et al.*, 2008). Amphipoda akan lebih sensitif terpapar oleh Cd dalam bentuk ion (Cd²⁺) (King *et al.*, 2006). Cd yang masuk ke dalam tubuh amphipoda akan terakumulasi. Akumulasi Cd pada tubuh amphipod berbeda-beda sesuai dengan siklus hidupnya. Berikut urutan akumulasi Cd terhadap amphipoda jenis *Echinogammarus marinus*: Neonates ≥ Juveniles > Females = Males (Pastorinho *et al.*, 2009). Fase larva dan juvenil merupakan fase yang sangat sensitif terhadap bahan kimia dibandingkan dengan fase dewasa, hal ini karena ukuran yang lebih kecil dan kemampuan menghasilkan sisa metabolisme yang lebih sedikit (Ares and Clark, 2000).

Pemaparan Cd ke tubuh amphipoda dapat melalui sistem pernafasan, yaitu melalui insang. Prosesnya Cd akan masuk melalui insang dan akan merusak sel-sel insang. Setelah sel insang rusak, maka amphipod akan sulit untuk melakukan berbagai macam proses, seperti

keseimbangan, osmoregulasi, bernafas dan pertukaran ion. Kemudian, Cd yang masuk ke dalam tubuh amphipoda akan mengganggu proses fisiologi seperti pada jenis *Gammarus pulex* yang menyebabkan penurunan osmoregulasi dan konsentrasi *haemolymph* Ca^{2+} , tetapi tidak dengan konsentrasi *haemolymph* Na^+ dan Cl^- . Efek lain yang disebabkan adanya Cd di dalam tubuh amphipoda adalah perubahan tingkah laku seperti perubahan kebiasaan makan (Felten, 2008).

Pengaruh Cd terhadap *Grandidierella bonnieroides* dapat dinyatakan melalui analisis statistik menggunakan ANOVA yang jika hasilnya signifikan, maka dilanjutkan dengan uji lanjut multiple comparison Dunnet. Penggunaan uji lanjut Dunnet dimaksudkan untuk membandingkan semua perlakuan dengan kontrol. Berikut hasil yang diperoleh selama penelitian.

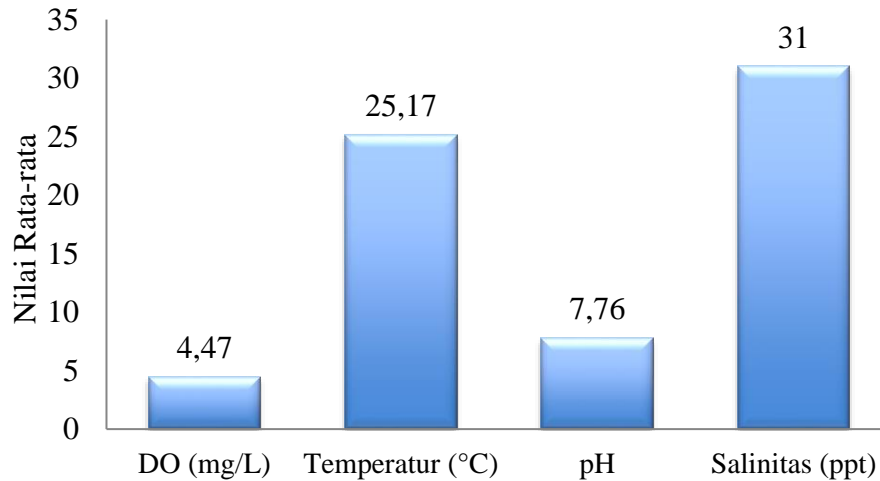
Tabel 4. Hasil Analisis Uji Lanjut *Multiple Comparison Dunnet*

Konsentrasi (ppm)	Signifikan
0 (kontrol)	-
0,18	-
0,32	-
0,56	Signifikan
1	Signifikan
1,8	Signifikan

Hasil uji statistik dengan ANOVA menunjukkan bahwa Cd memberikan pengaruh yang signifikan terhadap viabilitas *Grandidierella bonnieroides*. Tabel 4 menunjukkan pada konsentrasi 0,56 ppm, Cd memberikan pengaruh yang signifikan terhadap *G. bonnieroides* bila dibandingkan dengan kontrol, namun pada konsentrasi 0,18 ppm dan 0,32 ppm tidak memberikan pengaruh terhadap survivalnya.

Kualitas air media pengujian

Parameter kualitas air merupakan komponen yang penting dalam uji toksisitas. Berikut data kualitas air yang diukur selama pengujian 96 jam.



Gambar 2. Nilai rata-rata kualitas air yang diukur selama pengujian

Kandungan *Dissolved oxygen* (DO) yang diukur selama pengujian toksisitas memiliki rata-rata sebesar 4,47 ppm. Oksigen terlarut merupakan komponen yang penting bagi keberlangsungan hidup biota akuatik. Berdasarkan kondisi uji toksisitas akut yang ditetapkan di ASEAN nilai DO harus > 4 ppm, jika nilai DO < 4 ppm maka harus ditambahkan aerasi dengan kecepatan < 100 gelembung/menit (Hindarti, 1997). Penelitian yang telah dilakukan diketahui kisaran nilai DO untuk amphipod jenis *Leptocheirus plumulosus* sebesar (4,0 ppm-8,4 ppm) (McGee *et al.*, 1998). Konsumsi DO oleh amphipod jenis *Elasmopus rapax* akan menurun seiring dengan lamanya waktu pemaparan Cd, namun konsentrasi Cd tidak mempengaruhi konsumsi DO (Zanders and Rojas, 1992).

Rata-rata temperatur yang diukur selama uji adalah sebesar 25,17°C. Nilai temperatur yang disarankan di ASEAN untuk pengujian toksisitas akut yaitu sebesar 27±1 °C. Penelitian sebelumnya pada amphipod jenis *Leptocheirus plumulosus* kisaran temperatur yang sesuai adalah 23,5-26,2°C (McGee *et al.*, 1998). Peningkatan suhu di perairan akan mengakibatkan menurunnya populasi bentik yang disebabkan berubahnya fungsi fisiologis sehingga timbul stress terhadap organisme bentik yang pada akhirnya akan menimbulkan kematian. Dampak dari peningkatan suhu yaitu akan merubah pola distribusi dan kelimpahan organisme bentik (Kumar *et al.*, 2000).

Nilai pH yang diukur selama pengujian adalah sebesar 7,76. Menurut effendi (2003), sebagian besar organisme akuatik menyukai nilai pH sekitar 7-8,5. Salinitas merupakan faktor

pembatas di daerah estuarin. Hasil pengukuran rata-rata salinitas pada saat uji sebesar 31 ppt. Penelitian yang dilakukan terhadap *Microarthridion littorale* menggunakan 3 konsentrasi (3 ppt, 12 ppt, dan 35 ppt) menunjukkan survival yang tinggi terdapat pada salinitas 35 ppt sebesar 98,9% (Staton *et al.*, 2002). Nilai pH dan salinitas yang diperoleh selama pengujian merupakan nilai sesuai untuk kehidupan organisme akuatik, termasuk *Grandidierella bonnieroides*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian uji toksisitas Cd terhadap viabilitas *Grandidierella bonnieroides* dapat disimpulkan. Nilai LC50-96 jam kadmium (Cd) yang menyebabkan kematian sebanyak 50% pada *G. bonnieroides* adalah 0,702 ppm. Nilai NOEC (*No Observed Effect Concentration*) Cd terhadap *G. bonnieroides* sebesar 0,32 ppm. Nilai LOEC (*Low Observed Effect Concentration*) Cd terhadap *G. bonnieroides* sebesar 0,56 ppm. Berdasarkan hasil tersebut perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai siklus hidup dari amphipoda jenis *G. bonnieroides* hingga dapat dilakukan uji toksisitas dengan fase yang berbeda untuk mengetahui tingkat sensitivitas amphipoda dari jenis *G. bonnieroides*.

DAFTAR PUSTAKA

- ACCPMS II (Asean Canada Cooperative Programme on Marine Science - Phase II). 1993. *A generic protocol for conducting tropical acute toxicity test with fish and invertebrates*. Regional workshop on acute toxicity testing. Institute of Marine Science, Burapha University, 29 hlm.
- Ares A dan Clark GJR. 2000. Aquatic Toxicity of Two Corexitâ Dispersants. *Chemosphere*, 40: 897-906.
- ASTM. 2006. *Annual Book of ASTM Standards*. Section II. ASTM International. West Conshohocken, Philadelphia, Pennsylvania, 444-484 hlm.
- Boese BL, Lamberson JO, Swartz RC dan Ozretich RJ. 1997. Photoinduced Toxicity of Fluoranthene to Seven Marine Benthic Crustaceans. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* vol. 32, 389-393
- Clark RB. 1986. *Marine Pollution*. Clarendon Press Oxford, New York. 215 hal
- Dewitt TH, Swartz RC dan Lamberson JO. 1989. Measuring the acute toxicity of estuarine sediments. *Journals Environmental Toxicology and Chemistry* Vol. 8 Issue 11, 1035-1048.
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius, Yogyakarta, 249 hal.
- Felten V, Charmantier G, Monsa R, Geffard A, Rousselle P, Coquery M, Garric J, Geffard O. 2008. Physiological and Behavioural Responses of *Gammarus pulex* (Crustacea: Amphipoda) Exposed to Cadmium. *Aquatic Toxicology* 86: 413–425.
- Hindarti D, Hutagalung HP, Setiapermana D dan Riyono SH. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi LIPI, Jakarta.
- King CK, Gale SA dan Stauber JL. 2006. Acute Toxicity and Bioaccumulation of Aqueous and Sediment-Bound Metals in the Estuarine Amphipod *Melita plumulosa*. *Inter Science*.

- Kohn NP, Word JQ, Niyogi DK, Dillon T dan Moore DW. 1994. Acute toxicity of ammonia to four species of marine amphipod. *Marine Environmental Research* Vol. 38 Issue 1, 1-15
- Kumar RR, Edward JKP dan Jaikumar M. 2000. Macro Benthic Community Structure on Tuticorin Coastal Waters, Gulf of Mannar, South East Coast of India. *World Journal of Fish and Marine Science*, 2 (1): 70-77.
- Lee SJ, Tae LK dan Park GS. 2005. Acute Toxicity of Heavy Metals, Tributyltin, Ammonia and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons to Benthic Amphipod *Grandidieralla japonica*. *Ocean Science Journal*, (40.2):61-66.
- Lowry JK. 1999. Crustacea, the Higher Taxa: Description, Identification, and Information Retrieval. (On-line) <http://crustacea.net>
- Maltby L. 1995. Sensitivity of the Crustaceans *Gammarus pulex* (L.) and *Asellus aquaticus* (L.) to Short-Term Exposure to Hypoxia and Unionized Ammonia: Observations and Possible Mechanisms. *Water Research*, (29.3): 781-787.
- McGee BL, Wright DA, Fisher DJ. 1998. Biotic Factors Modifying Acute Toxicity of Aqueous Cadmium to Estuarine Amphipod *Leptocheirus plumulosus*. *Environmental Contamination and Toxicology*, 34: 34-40.
- Pastorinho MR, Trevor CT, Amadeu MS. 2009. Amphipod Susceptibility to Metals: Cautionary Tales. *Chemosphere*, 75:1423-1428.
- Perez LV, Belzunce MJ and Franco J. 2008. The Effect of Seasonality and Body Size on the Sensitivity of Marine Amphipods to Toxicants. *Bull Environ Contam Toxicol*, 81:548-552.
- Rand, GM dan Petrocelli, SR. 1985. *Fundamentals of aquatic toxicology*. Hemisphere Publishing Corporation, Washington D.C.
- Redmond MS, Jones JKP, Scott KJ, Swartz RC. 1994. Preliminary culture and life-cycle experiments with the benthic amphipod *Ampelisca abdita*. *Journals Environmental Toxicology and Chemistry* Vol. 13 Issue 8, 1355-1365
- Staton JL, Nikolaos VS, Susan L. Klosterhaus R, Griffitt J, Chandler GT, Bruce C. 2002. Effect of salinity variation and pesticide exposure on an estuarine harpacticoid copepod, *Microarthridion littorale* (Poppe), in the southeastern US. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 278: 101- 110.
- Wisnu, AW. 1994. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Zanders P dan Rojas WE. 1992. Cadmium Accumulation, LC50 and Oxygen Consumption in the Tropical Marine Amphipod *Elasmopus rapax*. *Marine Biology*, 113: 409-413.