

BIOAKUMULASI KADMIUM (Cd) PADA MANTEL, INSANG, dan GINJAL KERANG AIR TAWAR *Elongaria orientalis* (Lea, 1840)

Cadmium (Cd) Bioaccumulation in Mantle, Gills, and Kidneys of The Freshwater Mussel *Elongaria Orientalis* (Lea, 1840)

Selvi Ariyunita¹, Andhika Puspito Nugroho²

¹Pascasarjana Fakultas Biologi UGM, Yogyakarta

²Laboratorium Ekologi dan Konservasi Fakultas Biologi UGM, Yogyakarta

E-mail: selvi.ariyunita@mail.ugm.ac.id

Abstract - Cadmium (Cd) is one of non-essential metals and toxic in low concentration. Cd pollution in freshwater ecosystem from the usage of Cd in many industrial activities can interfere biology system of aquatic animals. Evaluation of heavy metals in freshwater ecosystem can be predicted with accumulation of metals in organism. Mussels are aquatic organism that capable to accumulate metals in their body. The purpose of this research were to study pattern of Cd accumulation in body mussels including mantle, gills, and kidneys. Mussels are exposed to Cd via water ($20 \mu\text{gL}^{-1}$) for 24 days, followed by 12 days of depuration. On day 0, 1, 6, 12, 18, 24 (exposure time) and day 30, 36 (depuration time), mussels were dissected into mantle, gills, and kidneys. Cd bioaccumulation in all organ was determined by using Atomic Absorbance Spectrophotometer (AAS). The result showed that pattern of Cd bioaccumulation attend to increase in all organs within exposure time and attend to decrease within depuration time. The highest level of accumulation being in kidney, followed by gills and mantle.

Keywords: bioaccumulation, cadmium, freshwater mussel

PENDAHULUAN

Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang bersifat non-esensial. Logam ini tidak dibutuhkan dalam proses metabolisme tubuh. Selain itu, Cd tidak dapat didegradasi sehingga bersifat toksik pada konsentrasi rendah (Rumahlatu, 2012; Yarsanet *et al.*, 2007). Cd adalah logam berat yang secara alami merupakan penyusun ekosistem. Peningkatan konsentrasi Cd di lingkungan berasal dari kegiatan antropogenik melalui pemanfaatan Cd di berbagai industri, diantaranya elektroplating, baterai, pewarna cat dan plastik (Palar, 2008).

Pemanfaatan Cd dalam berbagai industri menghasilkan limbah Cd ke lingkungan dan tersebar luas di wilayah pemukiman, pertanian, dan perairan. Cd di perairan akan diabsorpsi oleh organisme akuatik dan terakumulasi di dalam tubuh sehingga menyebabkan gangguan pada sistem biologis (Rochyatun and Rozak, 2007; Darmono, 1999). Efek toksik yang muncul disebabkan Cd di dalam tubuh mampu berikatan dengan gugus sulfhidril (-SH)

protein dan karboksil (-COOH) sehingga menghambat enzim yang berperan dalam proses metabolisme (Palar, 2008). Dampak negatif Cd dilaporkan menyebabkan terganggunya fungsi ginjal serta kerapuhan tulang (Darmono, 1999; Palar, 2008; Kaji, 2012). Evaluasi logam berat di perairan dapat dilakukan dengan menentukan kandungan logam berat pada organisme (Rumahlatu, 2012).

Kerang merupakan salah satu organisme akuatik yang sering dilibatkan dalam biomonitoring logam berat di wilayah perairan (Tessier *et al.*, 1996). Kerang bersifat *filter feeder* dan hidup sesil dengan pergerakan terbatas, sehingga hewan ini dapat menyerap Cd di lingkungan perairan yang tercemar Cd (Fitriawan and Sunarto, 2011; Bat *et al.*, 2012). Penelitian ini menggunakan kerang air tawar *Elongaria orientalis* (Lea, 1840) sebagai organisme model. Kerang air tawar ini hanya terdistribusi di Indonesia. Namun, literatur mengenai keberadaan kerang ini sangat terbatas (The Mussel Project, 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi dan bioakumulasi Cd pada *Elongaria orientalis* (Lea, 1840). Pada penelitian ini organ kerang yang diteliti meliputi insang, mantel, dan ginjal.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Perlakuan organisme uji dilakukan di Laboratorium Ekologi dan Konservasi Fakultas Biologi UGM. Analisis kandungan Cd dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) UGM. Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2013-Maret 2014.

Bahan

Kerang air tawar *Elongaria orientalis* dengan panjang 10-12 cm dan berat 100-150 gram.

Rancangan Penelitian

Kerang yang diperoleh diaklimatisasi selama 14 hari. Setelah diaklimatisasi, masing-masing 24 kerang ditempatkan dalam dua akuarium, (1) kelompok kontrol, kerang dipelihara dalam 50 L air tanpa bahan pencemar; (2) kelompok perlakuan, 24 kerang dipelihara dalam 50L air mengandung 20 µg/L CdSO₄ (setara dengan 0,18 µmol Cd/L). Pemaparan dilakukan selama 24 hari dan 12 hari depurasi. Pengambilan sampel dilakukan dengan pembedahan untuk memisahkan mantel, insang, dan ginjal pada hari ke-0, 1, 6, 12, 18, dan 24 (pemaparan) serta hari ke-30 dan 36 (depurasi). Semua sampel diinkubasi dalam oven pada suhu 95^oC sampai diperoleh berat kering konstan (Nugroho and Frank, 2011, dengan modifikasi).

Analisis kandungan Cd

Sampel kering dia bukan menggunakan *furnish* pada suhu 700^oC selama 3 jam pemanasan. Selanjutnya, organ dipindahkan ke erlenmeyer dan didestruksi dengan ditambahkan HNO₃ 65%

dan HCl 37% (4:1) sebanyak 5mL. Sampel dipanaskan dengan *hot plate* suhu 250^oC sampai larutan menjadi jernih dan diencerkan dengan akuades sampai volume 10 mL. Konsentrasi Cd dalam sampel ditentukan dengan AAS. Kandungan Cd pada masing-masing organ dihitung dalam µmol kg⁻¹ berat basah, diperoleh dengan mengalikan konsentrasi Cd yang terbaca dengan rasio berat basah dan berat kering (Nugroho and Frank, 2011, dengan modifikasi).

Analisis Data

Analisis kandungan Cd pada mantel, insang, dan ginjal *Elongaria orientalis* diolah secara statistik menggunakan *two-way analysis of variance* (ANOVA). Apabila terjadi beda nyata, dilanjutkan dengan uji perbandingan Dunnett. Perbedaan kandungan Cd antara kelompok kontrol dan perlakuan dianalisis menggunakan *independent T-test*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bioakumulasi kadmium (Cd) pada mantel, insang, dan ginjal *Elongaria orientalis* disajikan pada Gambar 1. Tren bioakumulasi pada ketiga organ pada Gambar 1 menunjukkan kecenderungan meningkat selama 24 hari pemaparan dan menurun pada 12 hari masa depurasi. Bioakumulasi Cd tertinggi berurut-turut terukur pada ginjal > insang > mantel.

Ginjal mencapai bioakumulasi tertinggi selama masa pemaparan sebesar 101 µmol kg⁻¹ berat basah (6,87 kali lipat dari konsentrasi awal) pada hari ke-18 pemaparan. Gambar 1b menunjukkan bioakumulasi Cd tertinggi pada insang tercapai pada hari ke-24 sebesar 38,34 µmol kg⁻¹ berat basah (15,06 kali lipat dari konsentrasi awal). Insang mengalami peningkatan bioakumulasi tertinggi diantara organ yang lain. Mantel merupakan organ terendah yang mampu mengakumulasi Cd sebesar 5,21 µmol kg⁻¹ berat basah (3,40



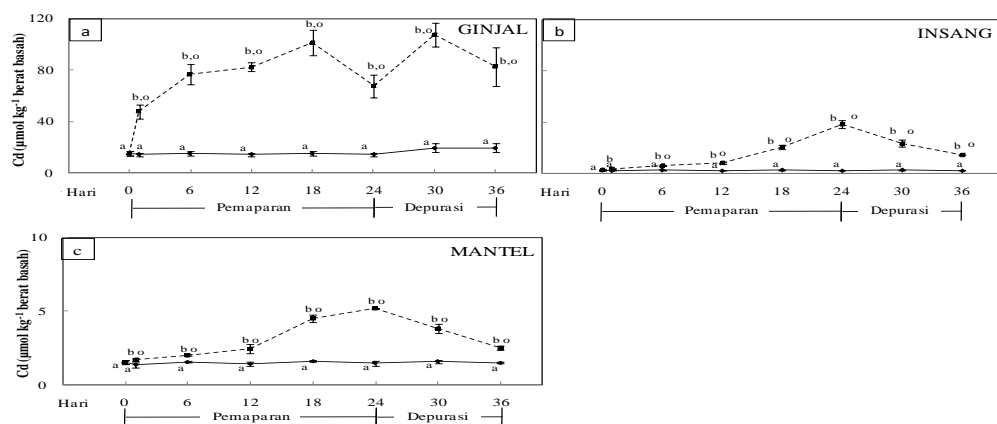
kali lipat dari konsentrasi awal) pada hari ke-24 pemaparan.

Pemaparan dosis subletal Cd pada *Anodonta anatina* menunjukkan bioakumulasi tertinggi terukur pada ginjal, kemudian diikuti digestive gland, insang dan organ yang lain (Ngo, 2008). Leblanc (2004) menyebutkan bahwa organ target utama yang mengalami kerusakan akibat pemaparan oleh Cd adalah ginjal. Fitriawan and Sunarto (2011) menyebutkan bahwa Cd masuk ke dalam tubuh melalui air atau makanan yang terkontaminasi Cd. Cd yang terakumulasi pada insang akan mengalami peningkatan, kemudian diteruskan ke saluran pencernaan dan dilanjutkan ke ginjal untuk di ekskresikan.

Bagian utama pada ginjal yang menjadi target utama (*primary site of action*) adalah tubulus proksimal. Cd yang berada dalam

sistem sirkulasi akan mengalami proses filtrasi di dalam glomerulus ginjal dan proses re-absorpsi lebih lanjut pada sel tubulus proksimal, dan terakumulasi pada lisosom (Leblanc, 2004).

Kim (2006) menyebutkan bahwa insang merupakan *site of action* bagi logam berat. Hal ini berkaitan fungsi insang sebagai organ respirasi. Insang tersusun atas epitel branchial yang merupakan tempat berlangsungnya transpor aktif dan pasif dalam pertukaran gas, regulasi ion, dan menjaga keseimbangan asam basa. Yapet *al.* (2003) juga menyatakan bahwa permukaan insang yang luas semakin meningkatkan absorpsi logam.



Gambar 1. Bioakumulasi Cd pada organ *Elongaria orientalis* : (a) ginjal; (b) insang; (c) mantel (Ket: ♦ = kontrol; ■ = perlakuan). Beda nyata terhadap kontrol hari ke-0 ditandai dengan simbol ^o ($p < 0,05$). Huruf yang sama menunjukkan pemaparan tidak berbeda nyata terhadap kontrol pada masing-masing perlakuan.

Mantel merupakan organ penting dalam proses biomineralisasi pada kerang. Meskipun mantel menunjukkan peningkatan bioakumulasi Cd selama masa pemaparan, namun nilai bioakumulasi yang terukur pada mantel tergolong dibandingkan organ yang lain. Mantel merupakan organ dengan permukaan yang terluas dibandingkan organ penyusun kerang yang lain. Rendahnya bioakumulasi

Cd pada mantel kemungkinan karena tingginya laju eliminasi pada mantel selama masa pemaparan sehingga absorpsi tidak berlangsung maksimal.

Eliminasi senyawa toksik merupakan faktor penting dalam keberlangsungan suatu spesies (Leblanc, 2004). Kimet *al.* (2006) mengemukakan bahwa eliminasi toksikan menggambarkan kemampuan suatu organisme untuk mengeluarkan

senyawa beracun dari dalam tubuh (*self-cleansing*). Seperti halnya absorpsi, eliminasi toksikan juga dipengaruhi oleh berbagai faktor meliputi jangka waktu depurasi, fisiologi, aktivitas metabolisme, waktu paruh logam, dan faktor lingkungan yang lain.

Selama masa depurasi, bioakumulasi Cd pada mantel dan insang *Elongaria orientalis* menunjukkan penurunan, kecuali pada ginjal. Insang dan mantel menunjukkan penurunan bioakumulasi Cd selama masa depurasi. Pada hari ke-12 depurasi, bioakumulasi Cd yang tersisa pada insang dan mantel berturut-turut sebesar 4,57 dan 0,62 kali lipat dari bioakumulasi awal. Penelitian oleh Ngo (2008) menunjukkan bahwa konsentrasi Cd di ginjal pada masa depurasi cenderung konstan. Sebagai organ ekskresi, ginjal merupakan tempat berkumpulnya Cd dari berbagai organ yang akan dieliminasi ke luar tubuh. Hal ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan bioakumulasi Cd pada ginjal pada penelitian ini mengalami peningkatan pada hari ke-6 depurasi (hari ke-30). Meskipun pada hari ke-12 depurasi menunjukkan penurunan bioakumulasi Cd pada ginjal, namun pada hari terakhir depurasi masih tersisa Cd sebesar 3,7 kali lipat dari konsentrasi awal. Konsentrasi terakhir pada hari ke-36 pada insang, ginjal, dan mantel berturut-turut $14,17 \mu\text{mol kg}^{-1}$ berat basah ($1,60 \text{ mg kg}^{-1}$ berat basah); $69,5$ ($7,81 \text{ mg kg}^{-1}$ berat basah); $2,49 \mu\text{mol kg}^{-1}$ berat basah ($0,28 \text{ mg kg}^{-1}$ berat basah). Yap *et al.* (2003) menyebutkan bahwa batas aman konsentrasi Cd pada makanan sebesar $1 \mu\text{g g}^{-1}$ (setara dengan 1 mg kg^{-1} berat basah). Berdasarkan nilai tersebut, insang dan ginjal melebihi ambang batas kandungan Cd yang diperbolehkan untuk dikonsumsi.

Meskipun terjadi proses eliminasi, namun dalam 12 hari masa depurasi

eliminasi tidak berlangsung seluruhnya. Hal ini ditandai dengan masih tersisnya bioakumulasi Cd pada organ kerang pada akhir masa depurasi. Nugroho and Frank (2011) menyatakan bahwa eliminasi yang cepat dapat disebabkan lepasnya ikatan antara logam dengan organ. Dan sebaliknya, eliminasi yang lambat dapat disebabkan kuatnya ikatan antara logam dengan organ. Yap *et al.* (2003) menyatakan bahwa lambatnya eliminasi disebabkan kuatnya ikatan Cd dengan gugus -SH sehingga sulit untuk memutus ikatan tersebut, baik secara fisika dan kimia selama masa depurasi. Kompleks ikatan metallothionein dengan residu sistein (-SH) di dalam lisosom dapat menurunkan toksisitas logam dan mencegah interaksi logam dengan metabolisme seluler.

SIMPULAN, SARAN, DAN REKOMENDASI

Pemaparan Cd pada kerang air tawar *Elongaria orientalis* melalui air mampu meningkatkan konsentrasi Cd pada mantel, insang, dan ginjal. Bioakumulasi Cd tertinggi terukur pada ginjal. Ginjal dan insang merupakan organ yang penting dalam proses absorpsi dan eliminasi. Penurunan konsentrasi Cd selama masa depurasi menunjukkan bahwa kerang mampu mengeliminasi Cd dari dalam tubuh, meskipun tidak berlangsung seluruhnya.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada cairan tubuh dan organ kerang yang lain meliputi digestive gland, intestinum, otot adduktor, dan kaki agar diperoleh data bioakumulasi pada keseluruhan cairan dan organ kerang air tawar *Elongaria orientalis*.

DAFTAR PUSTAKA

- Fitriawan, F., Sutarno and Sunarto. 2011. Microanatomy alteration of gills and kidneys in freshwater mussel (*Anodontawoodiana*) due cadmium exposure. *Bioscience* 3(1):28-35.



- Kaji, M. 2012. Role of expert and public participation in pollution control: the case of itai-itai disease in Japan. *Ethics Sci Environ Polit* 12:99-111.
- Kim, S.G., Eom, K., Kim, S., Jin, H., and Kang, J. 2006. Kinetics of Cd accumulation and elimination in tissues of juvenile rockfish (*Sebastes schlegelii*) exposed to dietary Cd. *Marine Environmental Research* 62: 327-340.
- Nugroho, A.P. and Frank, H. 2012. Effect of copper exposure on calcium, carbohydrate, and protein levels in the freshwater mussel *Anodonta anatina*. *Toxicological & Environmental Chemistry* 94(1):99-108.
- Ngo, H.T.T. 2008. Effects of cadmium on calcium homeostasis and physiological conditions of the freshwater mussel *Anodonta anatina*. *Disertasi*. University of Bayreuth: Germany.
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Rumahlatu, D. 2012. Biomonitoring: Sebagai alat asesmen kualitas perairan akibat logam berat cadmium pada invertebrate perairan. *Saintis*(1):10-34.
- Rochyatun, E., A. Rozak. 2007. Pemantauan kadar logam berat dalam sedimen di perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains*11(1).
- Tessier, L., Vaillancourt, G., and Pazdernik, L. 1996. Laboratory study of Cd and Hg absorpsi by two freshwater molluscs in relation to concentration, age and exposure time. *Water, Air and Soil Pollution* 86:347-357.
- The Mussel Project. 2013. *The Freshwater Mussels (Unionoida) of the World (and other less consequential bivalves)*. (<http://musselproject.uwsp.edu/db/db.php?p=tax&l=spp&n=1224>). Diakses tanggal 8 Agustus 2013.
- Yarsan, E., Baskaya, R., Yildiz, A., Altintas, L., and Yesilot, S. 2007. Copper, lead, cadmium and mercury concentration in the mussel *elliptio*. *Bull Environ Contam Toxicol* 79:218-220.
- Leblanc, G. A. 2004. *Elimination of toxicants*. p. 203-211. In Hodgson, E. [3rd edition]. A textbook of modern toxicology. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G., and Omar, H. 2003. Accumulation, depuration and distribution of cadmium and zinc in the green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) under laboratory condition. *Hydrobiologia* 498:151-160.

TANYA JAWAB

Penanya : Siti Choiriyah

1. Kandungan Cd padainsangdan mantel vs ginjal itu bagaimana?
2. Bagaimana mekanisme pertahanan tubuh melanwan Cd?

Jawaban :

Secara teoritis, bioakumulasi semakin meningkat seiring lama waktu paparan (seperti trend yang terbentuk pada insang dan mantel). Namun pada ginjal menunjukkan penurunan kandungan Cd pada hari ke 24 pemaparan. Hal ini berkaitan dengan fungsi ginjal sebagai organ ekskresi. Kemungkinan pada hari ke 24 terjadi eliminasi yang besar. Mekanisme pertahanan tubuh pada kerang melawan Cd yaitu dengan cara kerang mengekskresikan protein metalotionein yang mengikat Cd – Cd (bebas) sehingga Cd berkurang atau hilang toksisitasnya

