

Konsentrasi Logam Berat Kadmium Pada Air, Sedimen dan *Deadema setosum* (Echinodermata, Echinoidea) di Perairan Pulau Ambon

Dominggus Rumahlatu

Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP Universitas Pattimura, Jl. Dr. Tamaela Ambon.
Telp/Fax. 0911-312343. HP.08134300711, e-mail: dominggus_amq@yahoo.co.id

Abstrak

Biomonitoring merupakan suatu pendekatan untuk mengestimasi status pencemaran di laut yang baik. Pada penelitian ini, dilakukan analisa konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada air, sedimen dan bagian tubuh *Deadema setosum* yang berasal dari perairan pulau Ambon. Sampel yang diperoleh dianalisa konsentrasi Cd dengan menggunakan Atomic Absorption Spectrofotometer (AAS). Hasil analisa konsentrasi Cd pada air 0.01-0.03 ppm dan sedimen 0.17-0.32 ppm, sedangkan pada bagian tubuh *Deadema setosum* yaitu duri, cangkang, gonad, dan usus berturut-turut 0.30-1.19, 0.31-0.85, 1.30-1.39, dan 1.31-1.95 ppm. Hasil analisis hubungan logam berat Cd pada air dengan kadar logam berat Cd pada bagian tubuh *D. setosum* menunjukkan suatu hubungan yang tidak signifikan. Tapi hubungan yang signifikan ditunjukkan pada hasil analisis hubungan antara logam berat Cd pada sedimen dengan kadar logam berat Cd pada bagian tubuh *D. setosum*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perairan pulau Ambon telah tercemar logam berat Cd dan *D. setosum* dapat digunakan sebagai biomonitoring pencemaran logam berat di laut.

Kata kunci: Logam Berat Kadmium, *Deadema setosum*, Biomonitoring

Abstract

Biomonitoring is a good approach to estimate the status of pollution in the marine environments. In this research, the analysis of heavy metal concentrations of cadmium (Cd) in water, sediment and body compartments *Deadema setosum* derived from the island of Ambon were performed. Samples were obtained and then analyzed the concentration of Cd using atomic absorption spectrophotometer (AAS). Results of analysis of Cd concentration in water are 0:01 to 0:03 ppm and the sediment are 0:17 to 0:32 ppm, whereas the body parts of *D. setosum* are spines, shells, gonads, and intestines in a row 0:30 to 1:19, 0.31-0.85, 1:30 to 1:39, and 1.31-1.95 ppm. The results of analysis of heavy metals Cd relationship in the water with heavy metals Cd levels in the body of *D. setosum* showed that the relationship is not significant. But the significant relationship is shown in the results of analysis of the relationship between heavy metal Cd in sediments with heavy metals Cd levels in the body of *D. setosum*. The results of this study indicate that the waters of the island of Ambon has been polluted by heavy metals Cd and *D. setosum* can be used as a biomonitoring of heavy metal pollution at the sea.

Key words: Heavy Metal Cadmium, *Deadema setosum*, Biomonitoring

Pendahuluan

Selama beberapa dekade terakhir biomonitoring telah banyak digunakan sebagai pendekatan untuk mengestimasi status pencemaran logam berat di berbagai lingkungan, seperti udara (Chettri et al., 2000), tanah (Friedlova, 2010), sungai (Wepener et al., 2005) dan laut (Phillips, 1990; Flammang et al., 1997; Kobayashi & Okamura, 2004). Biomonitoring merupakan teknik evaluasi lingkungan berdasarkan analisis jaringan dan molekul organisme yang terpapar logam berat (Zhou et al., 2008). Di sisi lain, pendekatan ini dapat memberikan lebih banyak data terkait dengan konsentrasi logam berat (Bates et al. 2005) dan informasi terkait dengan status

pencemaran lingkungan (Ayeni et al., 2010).

Biomonitoring telah banyak digunakan sebagai indikator pencemaran di laut dengan menganalisis konsentrasi logam berat pada berbagai jenis hewan laut seperti ikan *Tinca tinca* L (Shah, 2005), *Asteria rubens* (Temara et al., 1998), *Cyprinus carpio* (Vinodhini & Narayanan, 2008), dan *Paracentrotus lividus* (Soualili & Narayanan, 2007). Selain itu, hewan laut lain juga dipakai sebagai biomonitoring seperti bulu babi (Bielmyer et al., 2005). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa akumulasi logam berat dalam bulu babi dapat mencerminkan kelimpahan dan bioavailabilitas dalam perairan laut yang terkontaminasi (Augier et al., 1989; Ablanado et al., 1990; Flammang et al., 1997).

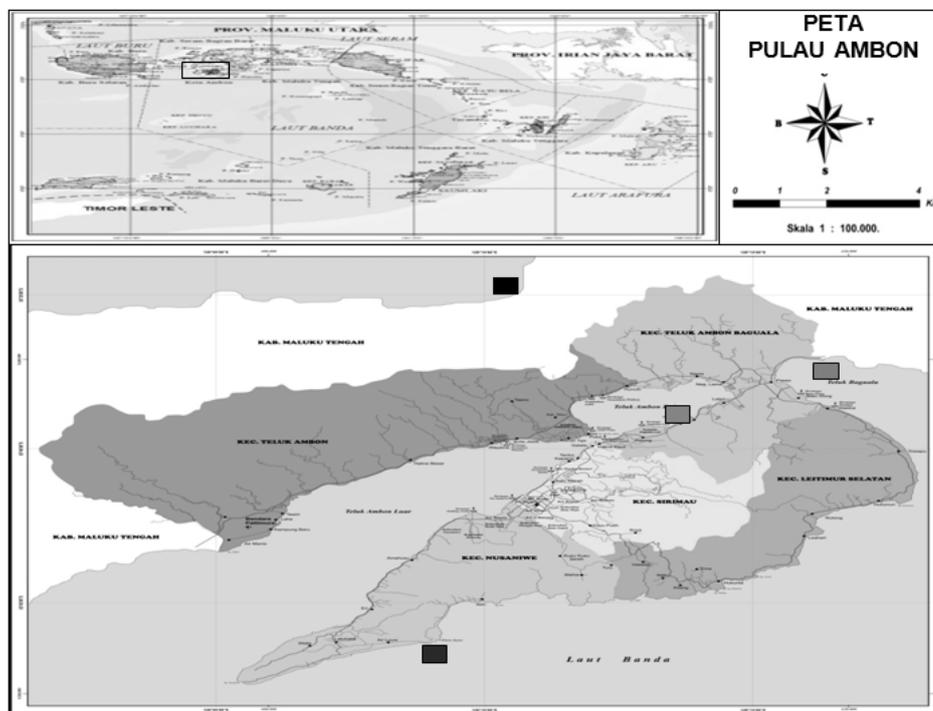
Bulu babi yang banyak digunakan sebagai bioindikator pencemaran laut adalah *P. lividus*, *Deadema setosum*, dan *D. antillarum* (Flammang et al., 1977; Warnau et al., 1995a; Bielmyer et al., 2005). Bulu babi jenis *D. setosum* telah digunakan untuk menentukan status kontaminasi logam berat pada ekosistem coral reefs di perairan Singapore (Flammang et al., 1977), di laut Pasifik Hindia Barat (Phillips, 1990), dan bagian barat laut Mediterania (Augier et al., 1989; Warnau et al., 1995b). Di perairan pulau Ambon, kajian tentang pencemaran karena logam berat dengan menggunakan biota laut sebagai bioindikator belum banyak dilakukan. Penelitian lebih banyak difokuskan pada sebaran dan keanekaragaman berbagai biota laut. Padahal aktivitas masyarakat seperti industri, perbaikan kapal, bongkar muat kapal minyak Pertamina, dan transportasi laut menyebabkan logam berat Cd masuk ke dalam perairan sehingga kualitas lingkungan perairan menjadi menurun.

Mengingat efek logam berat Cd bagi organisme yang hidup di perairan maka tujuan dilakukan penelitian untuk mengetahui konsentrasi logam berat Cd pada air laut, sedimen, dan bagian-bagian tubuh *D. setosum* (cangkang, daging, duri dan gonad) di laut sekitar pulau Ambon yang akan dipakai dan dikembangkan sebagai bioindikator pencemaran logam berat di perairan laut.

Materi dan Metode

Sampel yang digunakan dalam penelitian adalah air laut, sedimen, dan bagian-bagian tubuh *D. setosum* (duri, cangkang, gonad, dan usus). Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Januari 2011 di perairan pantai Pulau Ambon. Pengumpulan sampel dilakukan secara *purposive sampling* di 4 stasiun, yaitu Stasiun 1 di perairan pantai Desa Latta, Stasiun 2 di perairan pantai Desa Latuhalat, Stasiun 3 di perairan pantai Desa Liang, dan Stasiun 4 di perairan pantai Desa Tial (Gambar 1).

Pengambilan air laut di dasar perairan pada kedalaman 10 m dilakukan dengan cara menyelam, dimana botol kaca ukuran 1 liter dimasukan ke dalam air laut sampai airnya penuh dan botolnya ditutup kemudian botolnya dikeluarkan dari dalam air. Sampel *D. setosum* dan sedimen diambil menggunakan *eckman dredge*. Pengambilan sampel *D. setosum* sebanyak 4 individu tiap stasiun dilakukan pada pagi, siang, dan sore hari karena waktu pengambilan sampel dipengaruhi oleh pola arus perairan pulau Ambon sehingga mempengaruhi logam berat yang terdapat pada air, sedimen, dan bagian tubuh *D. setosum*. Sehingga secara keseluruhan diperoleh 12 sampel untuk sampel air, sedimen, dan *Deadema setosum* untuk tiap stasiun penelitian dengan waktu pengambilan sampel pada pagi, siang, dan sore hari. Dari 12 individu *D. setosum*



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian. (Keterangan: St.1 ■ Perairan pantai desa Latta, St.2 ■ Perairan pantai desa Latuhalat, St.3 ■ Perairan pantai desa Liang, dan St.4 ■ Perairan pantai desa Tial).

D. setosum yang diperoleh selanjutnya dilakukan pembedahan untuk memisahkan bagian tubuh (duri, cangkang, gonad, dan usus). Sehingga total sampel untuk dianalisa kandungan logam berat Cd pada bagian tubuh *D. setosum* adalah 48 sampel. Sampel yang telah diperoleh kemudian dianalisa kandungan kadmiumnya di laboratorium kimia Universitas Brawijaya dengan menggunakan Metode *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS) (Bilmeyer *et al.*, 2005). Analisis kandungan Cd di dalam bagian tubuh *D. setosum* penting dilakukan karena kebiasaan masyarakat Maluku mengkonsumsi biota tersebut.

Analisis data secara deskriptif menggunakan metoda kuantitatif dalam bentuk persentase untuk menggambarkan konsentrasi logam berat Cd dalam Air laut, sedimen dan bagian tubuh *D. Setosum*. Analisis statistik inferensial regresi satu jalur digunakan untuk menjelaskan hubungan antara logam berat Cd pada air, sedimen dan *D. Setosum*. Penggunaan analisis regresi ganda didasarkan pada jumlah unit analisis mengikuti rumus $(t-1)(r-1) \geq 15$, dimana *t* adalah jumlah lokasi penelitian dan *r* adalah jumlah sampel (Hanafiah, 2010).

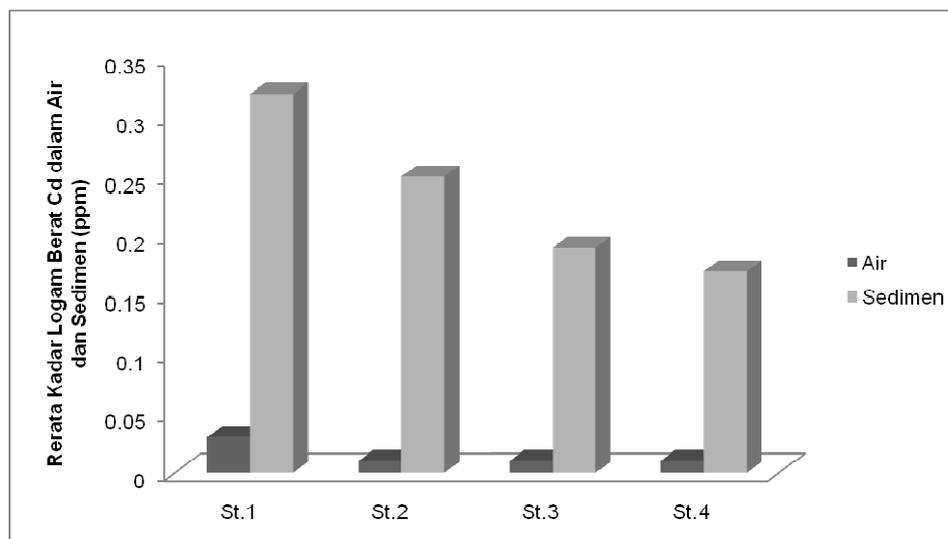
Hasil dan Pembahasan

Konsentrasi logam berat Cd dalam air laut dan sedimen

Hasil analisa sampel air pada 4 stasiun penelitian di perairan pantai pulau Ambon menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat Cd dalam air laut relatif sama. Konsentrasi Cd pada air

laut (0,01-0,03ppm) lebih rendah dari pada di sedimen (0,17-0,32 ppm) (Gambar 2). Rendahnya konsentrasi Cd dalam air dibandingkan sedimen disebabkan sebagian besar logam berat termasuk Cd yang berasal dari lingkungan umumnya terendapkan dalam sedimen sehingga sedimen sangat representatif untuk merekam akumulasi logam berat di perairan. Menurut Amin *et al.*, (2009) 90% logam berat yang mengontaminasi lingkungan perairan akan terendap di dalam sedimen. Leiwakabessy (2005) juga melaporkan bahwa logam berat mempunyai sifat yang mudah mengikat bahan organik dan mengendap di dasar perairan dan bersatu dengan sedimen sehingga kadar logam berat dalam sedimen lebih tinggi dibanding dalam air.

Keberadaan Cd dalam sedimen diduga berasal dari proses-proses alami seperti abrasi dari sungai dan aktivitas masyarakat, seperti pembuangan limbah pasar dan limbah rumah tangga, serta aktivitas perbaikan dan pengecatan kapal di perairan Pulau Ambon kemudian terbawa oleh air dan angin kemudian terendapkan dalam sedimen. Menurut Nordic (2003) sumber-sumber logam berat Cd di laut, berasal dari sumber yang bersifat alami dari lapisan kulit bumi seperti masukan dari daerah pantai yang berasal dari sungai-sungai dan abrasi pantai akibat aktivitas gelombang, masukan dari laut dalam yang berasal dari aktivitas geologi gunung berapi laut dalam, dan masukan dari udara yang berasal dari atmosfer sebagai partikel-partikel debu. Logam berat Cd juga dapat berasal dari aktifitas manusia, seperti limbah pasar dan limbah rumah tangga, aktivitas transportasi laut dan aktivitas perbaikan kapal laut. Diduga bahwa aktivitas penduduk di dekat perairan pantai pulau Ambon menyumbang mayoritas logam ini dalam sedimen seperti transportasi laut, perbaikan kapal,



Gambar 2. Hasil Analisis Kadar logam berat Cd dalam Sampel Air dan Sedimen. (Keterangan: St.1 = Perairan pantai desa Latta, St.2 = Perairan pantai desa Latuhalat, St.3 = Perairan pantai desa Liang, dan St.4 = Perairan pantai desa Tial).

sampah rumah tangga, aktivitas pertanian, emisi industri dan pelepasan Zn dan Pb. Menurut Rompas (2010) Cd dari berbagai aktivitas pada lingkungan perairan secara cepat diserap oleh organisme perairan dalam bentuk ion-ion bebas (Cd^{2+}) dan berasosiasi dengan ion klorida (Cl^-), pada pH 7,0 dengan presentase $CdCl_2^0$ (51%), $CdCl^+$ (39%), dan $CdCl_3^+$ (6%), dan yang tidak terkompleksitasnya Cd^{2+} kira-kira 2,5% dari total.

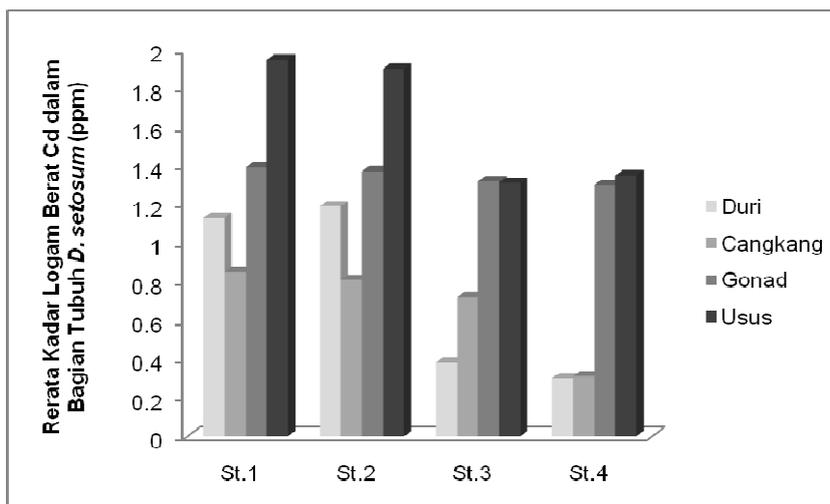
Konsentrasi logam berat Cd pada bagian tubuh *D. setosum*

Hasil analisa kandungan logam berat Cd pada bagian tubuh *D. setosum* menunjukkan adanya variasi namun kadarnya meningkat berturut-turut pada cangkang, duri, gonad, dan usus (Gambar 3). Keberadaan Cd pada tubuh *D. setosum* didapat melalui proses penyerapan dari rantai makanan. Menurut Umar et al. (2001) logam berat yang masuk ke perairan akan mengalami pengendapan, pengenceran dan dispersi kemudian diserap oleh organisme di perairan tersebut.

Konsentrasi Cd pada usus lebih tinggi daripada gonad, duri, dan cangkang karena penyerapan (absorpsi) logam berat pada *D. setosum* umumnya terkonsentrasi dan terakumulasi pada usus. Warnau et al. (1996) melaporkan konsentrasi logam berat Cd pada bagian tubuh *P. lividus* bervariasi, dan terjadi peningkatan berturut-turut dinding sistem pencernaan, gonad, Aristotle's lantern, dan cairan coelom dan berhubungan dengan unsur-unsur dari air dan makanan. Penelitian yang dilakukan oleh Temara et al. (1998) menemukan bahwa akumulasi logam berat Cd pada *Asterias*

terjadi relatif lebih cepat dibanding Pb dan Zn. Akumulasi Pb dan Cd pada bagian tubuh *A. rubens* berhubungan dengan kadar logam berat tersebut pada air laut. Penelitian lain menggunakan echinoidea jenis *P. lividus* oleh Soualili et al. (2007) menemukan bahwa gonad betina dapat mengakumulasi logam berat dengan konsentrasi yang tinggi dan berhubungan dengan konsentrasi logam berat dalam sedimen. Hal ini mengindikasikan bahwa logam berat yang terakumulasi di dalam bagian tubuh biota laut berbeda, tergantung pada fisiologi organ tersebut, sehingga Rochyatun & Rozak (2007) menyimpulkan bahwa logam berat tidak dapat diuraikan (*non degradable*) oleh organisme hidup dan terakumulasi ke lingkungan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi pada berbagai jenis biota. Hal ini berarti bahwa logam berat memasuki lingkungan perairan akan terendap di dalam sedimen dan dapat berpindah ke matriks lingkungan lainnya.

Berbagai penelitian melaporkan bahwa logam berat Cd umumnya terakumulasi di dalam organ ginjal (Quig, 1998), liver (Shah, 2005; Vinodhini & Narayanan, 2008; Almeida et al., 2009;), insang, otot, testis dan ovarium ikan *Nile tapia* (Shah, 2005), dan gonad *P. lividus* (Soualili et al., 2007). Selain itu, adanya logam berat Cd pada *D. setosum* menunjukkan bahwa masuknya logam berat pada rantai makanan di perairan pulau Ambon. Disisi lain, jumlah logam berat yang terakumulasi dalam tubuh biota perairan bergantung pada efek kimia logam berat tersebut dan cenderung berikatan dengan protein dan lipid pada jaringan biologis (Gbrauko & Friday, 2007). Jenis protein yang menjadi target utama bagi perlekatan dengan logam berat adalah protein-protein yang memiliki kandungan logam pada struktur proteinnya (Gong et al., 2000).



Gambar 3. Kadar Logam Berat Cd pada Bagian Tubuh *Deadema setosum* (Duri, Cangkang, Gonad, dan Usus). (Keterangan: St.1 = Perairan pantai desa Latta, St.2 = Perairan pantai desa Latuhalat, St.3 = Perairan pantai desa Liang, dan St.4 = Perairan pantai desa Tial)

Hubungan kadar logam berat Cd pada air, sedimen dan bagian tubuh *D. setosum*

Hasil analisis hubungan antara kadar logam berat Cd pada air dengan kadar logam berat pada bagian tubuh *D. setosum*, yaitu duri, cangkang, gonad, dan usus di 4 stasiun penelitian menunjukkan hubungan yang tidak signifikan (Tabel 1). Duri, nilai $F=3.368$ dan $p=0.96 > 0.05$; cangkang, nilai $F=2.510$ dan $p=1.44 > 0.05$; gonad, nilai $F=7.982$ dan $p=0.18 > 0.05$; serta usus, nilai $F=5.543$ dan $p=0.40 > 0.05$. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar logam berat pada air laut di perairan pulau Ambon belum menunjukkan sumbangan yang berarti terhadap meningkatnya atau menurunnya kadar logam berat Cd pada bagian tubuh *D. setosum*, walaupun diketahui bahwa proses masuknya kadar logam berat Cd ke dalam bagian tubuh *D. setosum* dipengaruhi proses pernapasan. Supriharyono (2000) mengungkapkan bahwa proses masuknya logam berat ke dalam tubuh organisme perairan terjadi melalui proses penyerapan. Dengan demikian, air laut tidak representatif untuk menggambarkan akumulasi Cd pada bagian tubuh *D. setosum*, karena sifat air laut yang mobile atau dipengaruhi oleh pola arus dan gelombang di perairan pulau Ambon.

Wagner (2002) menyatakan bahwa kekuatan gelombang dapat mempengaruhi gerakan air laut dan perpindahannya. Hal ini berarti bahwa kadar logam berat Cd di perairan pulau Ambon mengalami proses upwelling sehingga kadar logam berat Cd pada air laut yang terakumulasi pada bagian tubuh *D. setosum* menggambarkan pola hubungan yang tidak signifikan.

Hasil analisis hubungan antara kadar logam berat Cd pada sedimen dengan kadar logam berat Cd

pada bagian tubuh *D. setosum*, yaitu duri, cangkang, gonad, dan usus di 4 stasiun penelitian menunjukkan hubungan yang signifikan (Tabel 2). Duri, nilai $F=32.901$ dan $p=0.000 < 0.05$; cangkang, nilai $F=13.631$ dan $p=0.004 < 0.05$; gonad, nilai $F=68.134$ dan $p=0.000 < 0.05$; serta usus, nilai $F=49.194$ dan $p=0.000 < 0.05$. Hasil ini menunjukkan bahwa kadar logam berat Cd pada sedimen di perairan pulau Ambon memberikan sumbangan yang berarti terhadap meningkatnya atau menurunnya kadar logam berat Cd pada bagian tubuh *D. setosum*. Dengan demikian, sedimen sangat representatif untuk menggambarkan akumulasi Cd pada bagian tubuh *D. setosum*, karena kebiasaan organisme tersebut dalam mencari makan (*feeding habit*) di dasar perairan.

Leiwakabessy (2005) melaporkan bahwa sedimen yang telah tercemar logam berat Cd, terakumulasi di dalam kelenjar saluran pencernaan, insang, dan usus besar siput *Littorina brivicula*. Bila dikaitkan dengan hasil penelitian ini, maka bagian tubuh *D. Setosum*, yaitu duri, cangkang, gonad, dan usus sangat representatif menggambarkan kondisi logam berat pada sedimen di laut. Penelitian lainnya yang menggunakan echinoidea jenis *Paracentrotus lividus* oleh Soualili et al. (2007) menemukan bahwa gonad betina dapat mengakumulasi logam berat dengan konsentrasi yang tinggi dan berhubungan dengan konsentrasi logam berat dalam sedimen.

Di sisi lain, penerapan bioindikator, tidak hanya terbatas pada hubungan kadar logam berat Cd pada sedimen dengan kadar logam berat Cd pada bagian tubuh *D. setosum* (duri, cangkang, gonad, dan usus) yang hanya ditunjukkan, namun apakah keberadaan *D. setosum* dapat merepresentasi kondisi lingkungan yang tercemar. Menurut Ayeni et al. (2010) untuk

Tabel 1. Ringkasan Analisis Hubungan antara Kadar Logam Berat Cd pada Air dengan Kadar Logam Berat pada Bagian Tubuh *D. setosum*.

Bagian Tubuh	R	R ²	df		Sum of Squares		Mean square		F	F signf (p)
			Regresi	Residual	Regresi	Residual	Regresi	Residual		
Duri	0,502	0.252	1	10	0.000	0.001	0.000	0.000	3.368	0.96
Cangkang	0.448	0.201	1	10	0.000	0.001	0.000	0.000	2.510	1.44
Gonad	0.666	0.444	1	10	0.000	0.000	0.000	0.000	7.982	0.18
Usus	0.597	0.357	1	10	0.000	0.000	0.000	0.000	5.543	0.40

Tabel 2. Ringkasan Analisis Hubungan antara Kadar Logam Berat Cd pada Sedimen dengan Kadar Logam Berat Cd pada Bagian Tubuh *D. setosum*.

Bagian Tubuh	R	R ²	df		Sum of Squares		Mean square		F	F signf (p)
			Regresi	Residual	Regresi	Residual	Regresi	Residual		
Duri	0.876	0.767	1	10	0.030	0.009	0.030	0.001	32.901	0.000
Cangkang	0.759	0.577	1	10	0.022	0.016	0.022	0.002	13.631	0.004
Gonad	0.934	0.872	1	10	0.034	0.005	0.034	0.000	68.134	0.000
Usus	0.912	0.831	1	10	0.032	0.007	0.032	0.001	49.194	0.000

menentukan suatu organisme dapat digunakan sebagai bioindikator logam berat di perairan harus memiliki kriteria berupa spesies yang dominan dalam populasi, dapat di sampling pada semua musim, dan toleran terhadap polutan.

Hasil analisis data penelitian ini menunjukkan bahwa *Deadema setosum* dapat merepresentase kondisi ini, karena selain ikan, spesies ini juga dominan dalam populasi hewan perairan pulau Ambon serta dapat bertahan pada semua musim. Menurut Salmanu (2010) bulu babi berduri panjang *Deadema setosum* merupakan spesies kunci dalam ekosistem perairan pulau Ambon dan secara ekologis mempengaruhi komunitas lamun. Selain itu, *Deadema setosum* juga toleran terhadap polutan yang ditandai dengan hasil analisis hubungan kadar logam berat Cd pada sedimen dengan kadar logam berat Cd pada bagian tubuh *D. setosum*, yaitu duri, cangkang, gonad, dan usus. Dibandingkan dengan perairan laut lain, *Deadema setosum* juga dipakai untuk menentukan status menilai kontaminasi logam berat Zn, Pb, Cd, Fe, Cr, Cu and Ti di perairan Singapore (Flammang et al., 1997), laut Pasifik Hindia Barat (Phillips, 1990), dan bagian barat laut Mediterania (Augier et al., 1989; Warnau et al., 1995b) dengan menggunakan gonad *Deadema setosum*. Selain gonad pada *Deadema setosum*, duri, cangkang, dan usus dapat digunakan sebagai alat untuk biomonitoring kualitas perairan sekaligus sebagai spesies biomonitoring dalam lingkungan laut yang terpolusi.

Kesimpulan

Hasil analisis kandungan logam berat Cd dalam bagian tubuh *Deadema setosum*, yaitu duri, cangkang, gonad, dan usus di perairan pantai pulau Ambon menunjukkan bahwa air tidak representasi sebagai sampel dalam analisis biomonitoring pada kasus perairan laut, namun sedimen sangat representasi dalam menggambarkan status pencemaran suatu perairan. Disisi lain, *Deadema setosum* dapat dipakai sebagai indicator pencemaran logam berat Cd. Hal ini didasarkan pada hasil analisis hubungan kadar logam berat Cd pada sedimen dengan kadar logam berat pada bagian tubuh *D. setosum* yang menunjukkan hubungan yang signifikan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa bagian tubuh *Deadema setosum* dapat digunakan sebagai biomonitoring pencemaran logam berat di laut.

Daftar Pustaka

Ablanedo, N., Gonzalez, H., & Ramirez, M. 1990. Evaluacion delerizo de mar *Echinometra*

lucunter como indicador de contaminacion por metales pesados, Cuba. *Aquat. Living Resour.*, 3:113-120.

Amin, B., Ismail, A., Arshad, A., Yap, C.K., & Kamarudin, M.S. 2009. Anthropogenic impacts on heavy metal concentrations in the coastal sediments of Dumai, Indonesia. *Environ. Monit. Assess.*, 148:291-305.

Augier, H., Ramonda, G., Rolland, J., & Santimone, M. 1989. Teneurs en metaux lourds des oursins comestibles *Paracentrotus lividus* (Lamarck) prelevés dans quatre secteurs tests du littoral de Marseille (Mediterranee, France). *Vie Marine*, 10: 226-239.

Ayeni, O.O., Ndakidemi, P.A., Snyman, R.G., & Odendaal, J.P. 2010. Chemical, biological and physiological indicators of metal pollution in wetlands. Review. *Scientific Research and Essays*, 5(15):1938-1949.

Bates, M.N., Hamilton, J.W., LaKind, J.S., Langenborg, P., O'Malley, M., & Snodgrass, W. 2005. Workgroup report: biomonitoring study design, interpretation, and communication—Lessons learned and path forward. *Environmental Health Perspectives*, 113(11): 22-29.

Bielmyer G.K., Brix, K.V., Capo, T.R., & Grosell. 2005. The effects of metals on embryo-larval and adult life stages of the sea urchin, *Diadema antillarum*. *Aquatic Toxicology*, 74: 254-263.

Chettri, M.K., Thapa, K.B., Poudyel, K., & Acharya, B.D. 2000. Biomonitoring of Toxic Heavy metals in Kathmandu Valley using lichens. Department of Botany, Amrit Campus, Tribhuvan University, P.O. Box 102, Kathmandu, Nepal.

Flammang, P., Warnau, M., Temara, A., Lane, D.J.W., & Jangoux, M. 1997. Heavy metals in *Diadema setosum* (Echinodermata Echinoidea) from Singapore coral reefs. *J. Sea Res.*, 38:35-45.

Friedlova, M. 2010. The influence of Heavy metal on soil biological and Chemical properties. *Soil & Water Res.*, 5 (1): 21-27.

Gbaruko, B.C & Friday, O.U. 2007. Bioaccumulation of heavy metals in some fauna and flore. Email: bgbaruko@yahoo.com. Diakses 03 September 2010.

Gong, P., Ogra, Y., & Koizumi, S. 2000. Inhibitory effects of heavy metals on transcription factor Sp1. Short

- Communication. *Industrial Health*, 38: 224-227.
- Kobayashi, N & Okamura, H. 2004. Effects of heavy metals on sea urchin embryo development. Tracing the cause by the effects. *Chemosphere*, 55: 1403-1412.
- Hanafiah, K.A. 2010. Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi. Jakarta: Rajawali Press.
- Isnansetyo, A. & Triyanto. 2007. Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Antibiotik, Strain S2V2 dan RLP. Laporan Penelitian Fundamental Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2007. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 35 hal.
- Leiwakabessy, F. 2005. Logam berat di perairan pantai Pulau Ambon dan korelasinya dengan kerusakan cangkang, rasio seks, ukuran cangkang, kepada individu dan indeks keragaman jenis siput Nerita (Neritidae: Gastropoda). Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Airlangga. Surabaya.
- Nordic. 2003. Cadmium Review. Denmark: Prepared by COWI A/S on behalf of the Nordic Council of Ministers.
- Phillips, D.J.H., 1990. Use of macroalgae and invertebrates as monitors of metal levels in estuaries and coastal waters. In: Furness, R.W. & P.S. Rainbow (Eds.). Heavy Metals in the Marine Environment. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 81-99.
- Quig, D. 1998. Cysteine metabolism and metal toxicity. *Alternative Medicine Review*, 3: 262-270.
- Rochyatun, E & Rozak, A. 2007. Pemantauan kadar logam berat dalam sedimen di perairan Teluk Jakarta. *Makara Sains*, 11(1):1-7.
- Rompas, R.M. 2010. Toksikologi Kelautan. Jakarta: Sekretariat Dewan Kelautan Indonesia.
- Salmanu, S. 2010. Keanekaragaman dan Pola Asosiasi Gastropoda Di Padang Lamun (Seagrass) Sebagai Sarana Penunjang Pembelajaran Mata Kuliah Ekologi Laut. Tesis. Program Pascasarjana UM Malang.
- Shah, S.L. 2005. Effects of heavy metal accumulation on the 96-h LC₅₀ values in *Tinca tinca*. L., 1758. Research article. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 29:139-144.
- Soualili, D., Dubois, P., Gosselin, P., Pernet, P., & Guillou, M. 2007. Assessment of seawater pollution by heavy metals in the Neighbourhood of Algiers: use of sea urchin, *Paracentrotus lividus*, as Bioindicator. Email: mguillou@univ-brest.fr. Diakses 8 September 2010.
- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pemanfaatan Sumberdaya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Temara, A., Skei, J.M., Gillan, D., Warnau, M., Jangoux, M., & Dubois, P.. 1998. Validation of the Asteroid *Asterias rubens* (Echinodermata) as a bioindicator of spatial and temporean trends of Pb, Cd, and Zn contamination in the field. *Mar. Environ. Res.*, 45 (4/5):341-356.
- Umar, M.T., Meagaung, W.M., & Fachrudi, L. 2001. Kandungan logam berat tembaga (Cu) pada air, sediment dan kerang *Marcia*, sp. di Teluk Parepare, Sulawesi Selatan. *Schi. & Tech.*, 2 (2): 9-21.
- Vinodhini, R., & Narayanan, M.. 2008. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp). *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 5 (2): 179-182.
- Wagner, C. 2002. A studi of the impact of wave energy on speciation, and shell length of three species of Nerites in Salvador, the Bahamas. Miami : Miami University Bahamas Field Class. Online : www.jrscience.wcp.muohio.edu/fieldcourses/PaperMarineEcologyArticle. Diakses 14 Oktober 2011.
- Warnau, M., Ledent, G., Temara, A., Jangoux, M., Dubois, P. 1995a. Allometry of heavy metal bioconcentration in the echinoid *Paracentrotus lividus* (Echinodermata). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 29: 393-399.
- Warnau, M., Ledent, G., Temara, A., Bouquegneau, J.M., Jangoux, M., & Dubois, P. 1995b. Heavy metals in *Posidonia oceanic* and *Paracentrotus lividus* from seagrass beds of northwestern Mediterranean. *Sci. Total Environ.*, 171: 95-99.
- Warnau, M., Teyssie, J.L., & Fowler, S.W. 1996. Biokinetics of selected heavy metals and radionuclides in the common Mediterranean echinoid *Paracentrotus lividus*: sea water and food exposures. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 141: 83-94.
- Wepener, V., van Vuren, J.H.J., Chatiza, F.P., Mbizi, Z., Slabbert, L. & Masola, B. 2005. Active biomonitoring

in freshwater Environment: Early warning signal from biomarkers in assessing biological effects of diffuse sources of pollutants. *Physics and Chemistry of The Earth*, 30:751-761.

Zhou, Q., Zhang, J., Fu, J., Shi, J., & Jiang, G. 2008. Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. Review. *Analytica Chimica Acta*, 606:135-150.