

Kadar logam kadmium pada kerang thothok (*Geloina erosa*) di Kawasan Mangrove Segara Anakan, Cilacap, Jawa Tengah

Cadmium content in thothok shellfish (*Geloina erosa*) from mangrove area of Segara Anakan, Cilacap, Central Java

IKA HIDAYATI, WIRYANTO, AHMAD DWI SETYAWAN*

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret. Jl. Ir. Sutami 36a, Surakarta 57126, Jawa Tengah

Manuskrip diterima: 2 Desember 2010. Revisi disetujui: 4 Agustus 2011.

Abstract. Hidayati I, Wiryanto, Setyawan AD. 2011. Cadmium content in thothok shellfish (*Geloina erosa*) from mangrove area of Segara Anakan Cilacap, Central Java. *Bonorowo Wetlands 1*: 51-57. The aim of this study was to determine the Cd metal content in meat of thothok shellfish (*Geloina erosa*), water, and sediments in the mangrove area of Segara Anakan, Cilacap, Central Java i.e., Muara Dua, Motean, and Lomanis. The study was conducted in June-November 2005 with two replication samples. Seawater and sediment samples were taken at a depth of 3 meters from the water surface, while shellfish were taken at random. Cd level was analyzed using AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer). Other parameters measured are environmental parameters (i.e. temperature and pH). The results showed that the average measurement in three stations was: Cd content in shellfish meat 0.05 mg/kg (ppm), seawater 0.04 mg/kg, and sediment 0.12 mg/kg, temperature 30.8 C, and pH value 7.66. The highest levels of Cd are found in sediments. ANOVA statistical analysis showed that the metal content of Cd in the three stations tends to be uniform. Cd content in shellfish and temperature showed a direct correlation of +0.193. Cd content in water and sediment with temperature had a reverse correlation of -0.038 and -0.174. Cd content in shellfish and water with pH showed an inverse correlation of -0.070 and -0.125. Cd content in sediment with pH had a significant direct correlation of +0.699.

Keywords: Cadmium, *Geloina erosa*, mangrove, Segara Anakan

PENDAHULUAN

Perairan daerah Cilacap, Jawa Tengah merupakan perairan yang dinamik, karena terjadi pencampuran (*mixing*) antara perairan tawar dan laut. Keseimbangan komposisi komponen unsur hara, bahan organik, dan biomassa sangat penting bagi kemantapan ekosistem perairan, namun hubungan kemantapan tersebut akan terganggu apabila mendapat masukan bahan pencemar, baik yang bersifat racun, radioaktif ataupun suhu panas. Pencemaran oleh bahan-bahan industri yang mengandung bahan berbahaya, misalnya pestisida atau logam berat, termasuk merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan plumbum (Pb) cenderung meningkatkan kasus keracunan dan gangguan kesehatan masyarakat (Sugianto et al. 1991).

Aktivitas industri Cilacap dapat mempengaruhi lingkungan sekitarnya, termasuk mangrove Segara Anakan yang juga memiliki berbagai biota. Industri kilang minyak, pabrik semen, aktivitas pertanian (pupuk pestisida), aktivitas penduduk (sampah yang mengandung logam berat), dan dari alam sendiri merupakan sumber dari logam Cd. Industri-industri yang menggunakan logam Cd antara lain industri-industri yang bergerak dalam bidang *electroplating*, zat warna, alat-alat listrik, baterai, TV, produk-produk karet dan plastik, reaktor nuklir, fungisida, dan fotografi (Darmono 1995; Alloway dan Ayres 1997).

Keracunan logam Cd dapat membahayakan kesehatan paru-paru, tulang, hati, kelenjar reproduksi, dan ginjal.

Logam Cd juga bersifat *neurotoksin* yang menimbulkan dampak kerusakan indera penciuman (Darmono 1995). Cd merupakan logam berat karsinogenik pada hewan yang menyebabkan immunosupresif (Yucesoy et al. 1997). Surtipanti et al. (1992), menyatakan bahwa merkuri memiliki sifat yang sama dengan kadmium yaitu selain bersifat non-esensial juga toksik terhadap organisme yang hidup di air. Oleh karena itu,, dalam berbagai penelitian logam berat, kedua jenis logam tersebut selalu mendapat prioritas untuk dianalisis dan dievaluasi.

Kerang thothok merupakan organisme yang banyak terdapat di mangrove dan dikonsumsi oleh masyarakat. Kerang merupakan organisme penyaring makanan (*filter feeder*) yang hidup menetap di dasar perairan dan mempunyai sifat mengakumulasi bahan-bahan pencemar misalnya pestisida, hidrokarbon dan logam berat ke dalam jaringan tubuh. Kerang yang hidup di daerah *intertidal* merupakan organisme yang mampu hidup pada kisaran salinitas yang lebar, teradaptasi serta mempunyai toleransi tinggi terhadap berbagai variasi dan perubahan parameter atau sifat lingkungan. Kerang juga hidup pada wilayah yang luas sehingga dapat mewakili daerah yang diteliti, mudah diambil, tidak cepat rusak, dan dapat menunjukkan korelasi antara kandungan bahan pencemar dalam air dan tubuh organisme (Pagoray 2001).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian tentang kadar logam berat Cd (kadmium) dalam daging kerang thothok (*Geloina erosa* Lightfoot, 1786), air,

dan sedimen mangrove di Segara Anakan Cilacap. Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut: (i) Menentukan kadar logam Cd dalam daging kerang thothok, air, dan sedimen mangrove di Segara Anakan Cilacap. (ii) Menentukan perbedaan kadar logam Cd dalam daging kerang thothok, air, dan sedimen mangrove di Segara Anakan (Muara Dua dan Motean) dan Dermaga Lomanis Cilacap. (iii) Menentukan hubungan kadar logam Cd dalam daging kerang thothok, air, dan sedimen mangrove dengan parameter lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juni-November 2005. Pengambilan sampel dilakukan dua kali, pada tanggal 25-26 Juni 2005 dan 1-2 Oktober 2005. Pengambilan sampel dan pengukuran parameter lingkungan dilakukan di kawasan mangrove Segara Anakan, Kabupaten Cilacap, Provinsi Jawa Tengah, yaitu (i) Dusun Muara Dua, Desa Panikel, Kecamatan Kampung Laut, Cilacap, (ii) Dusun Motean, Desa Ujungalang, Kecamatan Kampung Laut, Cilacap, dan (iii) Dermaga Lomanis, Kelurahan Lomanis, Kecamatan Cilacap Tengah, Cilacap. Masing-masing stasiun dilakukan 9 kali ulangan (3 kali di setiap substasiun). Preparasi dan analisis logam Cd dilakukan di Sub Lab Kimia Laboratorium Pusat MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Teknik pengumpulan data

Daging kerang, air dan sedimen diambil di tiga stasiun yang didasarkan pada daerah yang jauh dari aktivitas penduduk yaitu mangrove Segara Anakan dan daerah yang

dekat dengan aktivitas penduduk yaitu Dermaga Lomanis Cilacap. Tiga stasiun pengambilan sampel adalah: Motean, Muara Dua (keduanya di laguna Segara Anakan) dan dermaga Lomanis, Cilacap. Masing-masing stasiun dibagi menjadi 3 sub-stasiun. Pengambilan kerang dilakukan melalui survei jelajah (*free-hand sampling*), sedangkan pengambilan air menggunakan *water sampling* dan sedimen dengan *Eijkman dredge*. Pengukuran dilakukan untuk kadar logam dan parameter lingkungan yang meliputi pH dan suhu.

Rancangan percobaan pada penelitian ini adalah rancangan blok random lengkap (RBRL). Pemblokkan dilakukan untuk menunjukkan perlakuan yang berada dalam masing-masing blok atau stasiun (Muara Dua, Motean, dan Dermaga Lomanis) homogen. Percobaan ini dikatakan lengkap karena tidak ada data yang hilang. Pengambilan sampel dilakukan dua kali sebagai pengulangan. Pengulangan dilakukan untuk meningkatkan ketelitian data. Sampel penelitian diambil di tiga stasiun, masing-masing stasiun dibagi menjadi 3 substasiun, dan masing-masing substasiun diambil 3 kali ulangan, sehingga jumlah sampel yang diambil di masing-masing stasiun 27 sampel.

Analisis data

Data hasil pengukuran kandungan logam kadmium pada air dibandingkan dengan Baku Mutu Air untuk keperluan Biota (Golongan C) dan Rekreasi kecuali Renang bagi Propinsi Jateng Nomor: 660.1/26/1990; dan Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut Kep.02/MENKLH/1/1988. Hasil analisis logam berat Cd pada sedimen dibandingkan dengan baku mutu Reseau National d'Observation (RNO) tahun 1988. Hasil analisis logam berat dalam daging kerang dibandingkan Keputusan Dirjen



Gambar 1. Lokasi penelitian di Cilacap, Jawa Tengah. 1. Muara Dua, 2. Motean, 3. Lomanis

POM No. 03725/B/VII/1989 tentang batas maksimal cemaran logam berat dalam ikan dan makanan olahan hasil laut. Membandingkan secara empiris dengan data pengukuran dari penelitian terdahulu. Secara statistik untuk mengetahui perbedaan kadar logam berat Cd di tiga stasiun dianalisis dengan menggunakan Analisis Variansi Searah (*One Way Anova*) dengan menggunakan program aplikasi komputer SPSS. Untuk mengetahui hubungan antara kadar logam Cd dalam daging kerang, air, dan sedimen mangrove dengan parameter lingkungan digunakan analisis Korelasi Pearson dilanjutkan dengan regresi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan pada bulan Juni-November 2005. Pengambilan sampel yang pertama dilakukan tanggal 25-26 Juni 2005 dengan kondisi perairan sedang pasang dan turun hujan. Curahan air hujan menyebabkan pengenceran pada air mangrove. Pengenceran akan menyebabkan penurunan kadar pencemaran di perairan. Pengambilan sampel kedua dilakukan tanggal 1-2 Oktober 2005; kondisi perairan sedang surut, air keruh, dan tidak turun hujan. Perairan yang keruh menyebabkan sulitnya cahaya matahari masuk ke dalam perairan.

Hasil penelitian yang dilakukan diketahui bahwa jenis sedimen di stasiun Muara Dua dan Motean adalah pasir. Sedimen jenis pasir relatif banyak mengandung oksigen, karena mempunyai pori yang memungkinkan berlangsungnya percampuran yang lebih intensif dengan air di atasnya. Jenis sedimen pada stasiun Dermaga Lomanis diketahui halus (liat dan lumpur). Jenis sedimen ini, persediaan oksigen sangat terbatas. Hasil kandungan bahan organiknya, sedimen jenis pasir mengandung bahan organik lebih rendah daripada sedimen jenis liat (Rafii dan Suyatna 2003).

Kadar logam Cd dalam daging kerang thothok (*Geloina erosa*), air, dan sedimen mangrove di Muara Dua, Motean, dan Dermaga Lomanis

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata hasil pengukuran kadar logam Cd dalam daging *Geloina erosa* adalah 0,05 mg/kg (Tabel 1). Angka tersebut memenuhi Baku Mutu yang ditetapkan Keputusan Dirjen POM Nomor 03725/B/VII/1989, yaitu 1,0 mg/kg.

Kadar logam Cd dalam daging kerang masih dalam batas normal dan aman untuk dikonsumsi. Masyarakat yang sering mengkonsumsi kerang thothok belum ada dampak yang membahayakan kesehatan akibat keracunan logam Cd. Kadar logam Cd dalam kerang thothok yang masih di bawah baku mutu disebabkan belum tercemarnya tempat tinggal kerang oleh logam Cd sehingga akumulasi logam dalam jaringan kerang belum tinggi. Kadar logam Cd yang rendah dalam daging kerang dimungkinkan karena (i) umur kerang thothok yang terambil masih muda, (ii) kerang yang terambil merupakan kerang yang baru berpindah tempat, dan belum lama menetap di daerah tersebut, sehingga akumulasi logam dalam jaringan tubuhnya belum tinggi.

Tabel 1. Perbandingan rata-rata hasil pengukuran kadar logam Cd dalam daging kerang thothok (*Geloina erosa*), air, dan sedimen mangrove di Muara Dua, Motean, dan Dermaga Lomanis dengan Baku Mutu Kadar Logam Cd

Komponen	Rata-rata	Baku mutu
Cd Daging	0,05 mg/kg	1,0 mg/kg ¹⁾
Cd Air	0,04 ppm	0-0,01 ppm ²⁾
Cd Sedimen	0,12 mg/kg	0,1-2,0 mg/kg ³⁾

Keterangan:

¹⁾Keputusan Dirjen POM Nomor 03725/B/VII/1989, Depkes RI untuk ikan dan olahannya

²⁾Kep-02/MENKLH/1/88 BM Air Laut untuk Biota Laut dan Kep. Gub. Jateng Nomor 660.1/26/1990

³⁾Resau National D'Observatiin (RNO) 1988

Logam berat yang terakumulasi oleh kerang bersumber dari air yang masuk tubuhnya, sedimen, dan plankton yang merupakan makanan kerang. Sebagian besar logam berat yang terakumulasi dalam tubuh organisme masuk melalui rantai makanan dan sedikit yang masuk melalui air. Unsur logam berat masuk ke dalam tubuh organisme melalui tiga cara, yaitu rantai makanan, insang, difusi dan kemudian diikat oleh protein pada sel target (Waldichuk 1974).

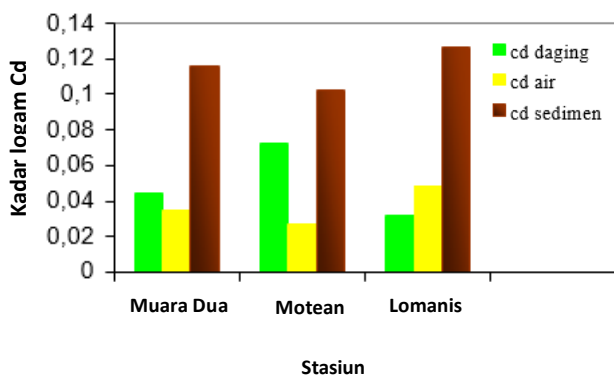
Rata-rata hasil pengukuran kadar logam Cd pada air di tiga stasiun adalah 0,04 ppm. Kadar logam Cd tersebut berada di atas Baku Mutu maksimal yang ditetapkan Kep-02/MENKLH/1/88 Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut dan Kep. Gub. Jateng Nomor 660.1/26/1990, yaitu 0,01 ppm. Angka 0,04 ppm ini menunjukkan bahwa kadar logam Cd dalam air sudah melebihi ambang batas, hal ini disebabkan masuknya limbah yang mengandung Cd cukup banyak sehingga mencemari badan perairan. Segara Anakan merupakan kawasan yang mendapat masukan air tawar dari banyak sungai, antara lain; Citanduy, Cibereum, Donan, dan Cimeneng. Donan merupakan sungai yang paling banyak menyumbang zat tercemar karena aliran air sungai Donan bercampur dengan limbah-limbah industri di Cilacap. Limbah tersebut berasal dari pabrik Semen Nusantara, kilang minyak Pertamina, pupuk pertanian, dan aktivitas manusia yang berhubungan dengan logam Cd. Sumber logam Cd di Segara Anakan juga banyak didapat dari pelapukan batu yang disebabkan curah hujan dan pembusukan bahan organik. Kadar logam Cd dalam sedimen adalah 0,12 mg/kg. Kadar logam Cd dalam sedimen masih dalam standart Baku Mutu Resau National D'Observatiin (RNO) 1988, yaitu 0,1-2,0 mg/kg, hal ini disebabkan sebagian logam berat dalam sedimen dapat mengalami perubahan ke dalam bentuk larutan baik melalui presipitasi sebagai oksida atau karbonat maupun melalui pembentukan campuran padat dengan logam lain (Kim et al. 1998).

Ekosistem mangrove merupakan barrier biogeokimia terhadap bahan pencemar logam berat dalam sedimen. Tumbuhan mangrove merupakan pengeliminasi pencemaran logam berat. Peran ini pada tumbuhan dikenal sebagai fitoremediasi. Logam berat dieliminasi dengan beberapa cara yaitu: (i) fitostabilisasi; tumbuhan

menstabilkan limbah dalam tanah; (ii) fitostimulasi: akar tanaman menstimulasi penghancuran limbah dengan bantuan bakteri rhizosfer; (iii) fitodegradasi: tanaman mendegradasi limbah; (iv) fitoekstraksi: jaringan tanaman, terutama daun mengakumulasi limbah; (v) fitovolatasi: limbah diubah menjadi senyawa yang mudah menguap; serta (vi) rhizofiltrasi: akar menyerap limbah dari air. Tumbuhan mangrove dapat menyerap logam berat dan menyimpannya dalam jaringan tubuh contohnya daun, batang, dan akar, sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran di air dan sedimen. Sistem perakaran tumbuhan mangrove yang besar dan luas dapat menahan dan memantapkan sedimen tanah, sehingga mencegah tersebarnya bahan pencemar ke area yang lebih luas (Setyawan et al. 2004).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Cd sedimen lebih besar daripada kadar Cd dalam daging dan air. Logam berat cenderung terakumulasi pada sedimen yang merupakan komponen di dasar perairan. Limbah di udara akan terdisposisi dari atmosfer, bersama dengan limbah cair dan padat akan terangkut oleh air hujan, sungai, dan laut menuju lingkungan mangrove dan pantai serta mengendap dan terakumulasi pada sedimen tanah. Sedimen merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan untuk memantau logam berat dalam perairan laut dan sebagai terminal terakhir tempat terakumulasinya semua pencemaran logam berat yang masuk perairan (Fostner et al. 1983).

Perbedaan Kadar Logam Cd dalam Daging Kerang thothok (*Geloina erosa*), Air, dan Sedimen di Muara Dua, Motean, dan Dermaga Lomanis Rata-rata kadar logam Cd dalam daging kerang thothok tertinggi terdapat di Motean, yaitu 0,0722 mg/kg Gambar 1). Motean merupakan salah satu daerah di laguna Segara Anakan yang ramai dihuni penduduk. Penduduk Motean dan sekitarnya sering mengkonsumsi kerang thothok. Kadar logam Cd dalam daging kerang ini perlu diwaspadai, karena logam Cd tetap berbahaya walaupun dalam jumlah yang kecil. Nilai probabilitas Levene Tes adalah 4,724 ($p > 0,05$), hal ini menunjukkan bahwa distribusi logam Cd dalam daging di Muara Dua, Motean, dan Lomanis tidak berbeda nyata atau seragam.



Gambar 1. Perbedaan kadar logam Cd di Muara Dua, Motean, dan Dermaga Lomanis

Tabel 2. Rata-rata kadar logam Cd dalam daging kerang thothok (*Geloina erosa*) di Muara Dua, Motean, dan Dermaga Lomanis

Stasiun	Rata-rata Cd Daging (mg/kg)
Muara Dua	0,0439
Motean	0,0722
Dermaga Lomanis	0,0322

Tabel 3. Rata-rata kadar logam Cd air di Muara Dua, Motean, dan Dermaga Lomanis

Stasiun	Rata-rata Cd air (ppm)
Muara Dua	0,0272
Motean	0,0344
Dermaga Lomanis	0,0483

Tabel 4. Rata-rata hasil pengukuran kadar logam Cd sedimen di Muara dua, Motean, dan Dermaga Lomanis

Stasiun	Rata-rata Cd air (mg/kg)
Muara Dua	0,1194
Motean	0,1017
Dermaga Lomanis	0,1283

Kadar logam Cd air di Lomanis lebih tinggi dari kadar Cd Muara Dua dan Motean, yaitu 0,0483 ppm. Tes Levene menunjukkan nilai probabilitas 0,550. Nilai ini sama dengan nilai alfa ($p \geq 0,05$), maka kadar logam Cd di tiga stasiun sebagian mempunyai beda nyata dan sebagian seragam. Dari analisis statistik diketahui bahwa kadar logam Cd air di Muara Dua dan Motean tampak seragam atau tidak ada perbedaan nyata, sedangkan kadar logam Cd di Lomanis dengan Muara Dua dan Motean tampak beda nyata.

Kadar logam Cd air yang tinggi di Lomanis karena wilayah tersebut relatif lebih dekat dengan aktivitas manusia baik domestik maupun industri, sedangkan Muara Dua dan Motean relatif lebih jauh dari aktivitas perindustrian. Lomanis merupakan dermaga penyebrangan yang sering dilalui kapal sebagai alat transportasi yang secara tidak langsung sebagai sumber logam Cd. Selain itu Lomanis sangat dekat dengan pabrik kilang minyak dan pabrik semen yang dapat menghasilkan limbah logam berat Cd. Hasil penelitian kadar logam Cd di Lomanis oleh Pagoray (2001) adalah 0,0370 ppm. a Kadar logam Cd air di Lomanis mengalami peningkatan. Peningkatan kadar ini sangat memungkinkan karena aktivitas di sekitar Lomanis semakin meningkat dari tahun ke tahun.

Kadar logam Cd di sedimen rata-rata mempunyai nilai yang hampir sama di tiga stasiun. Perbedaan kadar logam Cd di sedimen tidak tampak nyata (nilai probabilitas Levene 7,933 $> 0,05$). Sedimen Lomanis memiliki kadar logam Cd lebih tinggi sedikit dari sedimen Muara Dua dan Motean. Lomanis terletak lebih dekat dengan aktivitas manusia dan industri (pabrik semen dan kilang minyak Pertamina).

Hasil penelitian menunjukkan kadar logam Cd sedimen di Muara Dua dan Motean adalah 0,1194 mg/kg dan 0,1017 mg/kg. Setyawan et al. (2004) menyebutkan bahwa kadar logam Cd di Muara Dua adalah 0,0976 mg/kg dan Motean 0,1223 mg/kg. Dari data itu dapat dibandingkan bahwa kadar logam Cd di Muara Dua mengalami peningkatan dan kadar logam Cd sedimen Motean mengalami penurunan. Peningkatan kadar logam Cd sedimen Muara Dua dikarenakan akumulasi logam Cd dalam sedimen semakin tinggi dengan bertambahnya waktu akumulasi. Sedangkan penurunan kadar logam Cd sedimen di Motean dapat diasumsikan bahwa pengambilan sampel penelitian di substasiun yang tidak sama (acak/random), sehingga hasil yang didapat juga tidak sama. Curah hujan yang mengalami peningkatan akan menyebabkan pengenceran perairan, sekaligus akan mempengaruhi pengangkutan jumlah sedimen yang masuk ke mangrove. Sedimentasi tingkat tinggi menyebabkan akresi daratan, sehingga dapat diasumsikan bahwa penelitian tempat penelitian terdahulu dengan sekarang mengalami perubahan karena penambahan daratan.

Hubungan antara kadar logam Cd dalam daging kerang thothok (*Geloina erosa*), air, dan sedimen dengan parameter lingkungan

Suhu di tiga stasiun berkisar antara 30,3-31,6 °C. Suhu rata-rata 30,8°C masih sesuai untuk peruntukkan hidup biota akuatik. Menurut PP Nomor 20 Tahun 1990 batas maksimum suhu perairan normal adalah 31°C (Infolab 2004). Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses metabolisme dan penyebaran organisme terestrial dan akuatik. Umumnya organisme akuatik mampu beradaptasi terhadap perubahan suhu mendadak. Suhu rata-rata di Muara Dua lebih tinggi disebabkan perairan yang dangkal akan lebih cepat menerima pemanasan. Suhu yang rendah disebabkan limpasan air sungai yang lebih dingin.

Menurut Keputusan Menteri KLH Nomor Kep02/MENKLH/I/1988 nilai maksimal pH air yang diperbolehkan dalam baku mutu air pada sumber air yaitu 6-9, sedangkan menurut Odum (1993) pH air normal yang

Tabel 5. Rata-rata hasil pengukuran suhu dan pH di Muara Dua, Motean dan Dermaga Lomanis

Stasiun	Rata-rata suhu (°C)	Rata-rata pH
Muara Dua	31,6	7,63
Motean	30,6	7,45
Lomanis	30,3	7,89

Tabel 6. Hubungan antara kadar logam Cd dalam daging thothok (*Geloina erosa*), air, dan sedimen mangrove dengan parameter lingkungan (suhu dan pH)

Signifikansi	Cd		
	Daging	Air	Sedimen
Suhu	+0,193	-0,038	-0,174
	0,163	0,786	0,209
pH	-0,070	0,125	+0,669*
	0,617	0,366	0,000

memenuhi syarat untuk perairan berkisar 6,5-7,5. Hasil pengukuran pH di tiga stasiun menunjukkan bahwa pH tersebut masih berada dalam batas normal pH perairan. pH merupakan faktor penentu asam biasanya perairan. Penurunan pH akan memberikan pengaruh umum terhadap keanekaragaman plankton, penurunan kelimpahan total, dan biomassa.

Tabel 6 diketahui bahwa korelasi suhu dengan kadar logam Cd dalam daging kerang thothok adalah +0,193. Angka positif menandakan adanya korelasi yang searah antara suhu dan kadar logam Cd dalam daging. Kenaikan suhu menyebabkan peningkatan akumulasi logam Cd dalam jaringan. Suhu mempengaruhi reaksi kimia, metabolisme, pelepasan logam berat oleh organisme, dan meningkatkan proses bioakumulasi logam dalam tubuh organisme (Odum 1993). Hubungan antara suhu dengan kadar logam Cd di air menunjukkan hubungan tidak searah sebesar -0,038, begitu juga hubungan suhu dengan kadar logam Cd di sedimen (-0,174). Tanda negatif menunjukkan bahwa peningkatan suhu akan menyebabkan penurunan kadar logam yaitu 0,038 dan 0,174, begitu pula sebaliknya. Sebenarnya ada hubungan antara suhu dan kadar logam Cd pada air dan sedimen yaitu 0,038 dan 0,174, tetapi karena kecil sehingga bisa diabaikan. Kenaikan dan penurunan suhu tidak mempengaruhi tinggi rendahnya kadar logam Cd di air maupun kadar logam Cd di sedimen.

Korelasi pH dengan kadar logam Cd dalam daging kerang dan air menunjukkan hubungan yang tidak searah. Nilai negatif pada korelasi pH dengan kadar logam Cd dalam daging kerang dan air mempunyai arti bahwa kenaikan pH dengan angka tersebut menyebabkan turunnya kadar logam Cd dengan nilai yang sama dengan kenaikan. Nilai suhu yang sangat kecil tersebut dapat dikatakan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar logam Cd, sehingga dapat diabaikan. Kadar logam Cd di sedimen dengan pH mempunyai nilai korelasi searah +0,669. Kenaikan pH senilai 0,669 menyebabkan naiknya kadar logam Cd 0,669. Hubungan pH dan kadar logam pada sedimen dapat dikatakan signifikan ($p < 0,01$). Kenaikan pH akan menyebabkan turunnya kelarutan logam sehingga logam berat akan cenderung mengendap. pH yang tinggi menyebabkan toksisitas logam mengalami peningkatan (Fostner et al. 1983).

Analisis regresi kadar logam cd dalam daging kerang thothok (*Geloina erosa*) dan faktor-faktor yang mempengaruhinya (kadar Cd dalam air, kadar Cd dalam sedimen, suhu, dan pH)

Masyarakat memanfaatkan kerang thothok untuk konsumsi. Kerang yang hidup di perairan yang tercemar logam kemungkinan besar juga ikut tercemar logam. Logam Cd terakumulasi dalam jaringan kerang. Besarnya kadar logam Cd dalam daging dapat dipengaruhi oleh kadar logam Cd dalam perairan, sedimen, suhu, dan pH. Kerang mengambil makanannya dari perairan (*filter feeder*). Keadaan ini menyebabkan kadar logam Cd di air secara tidak langsung masuk ke jaringan tubuh kerang. Kerang hidup dan menetap di dasar perairan (*sessil*). Sedimen merupakan komponen utama dasar perairan, sehingga kadar logam Cd yang terdapat dalam sedimen secara tidak

langsung ikut mempengaruhi kadar logam dalam daging kerang. Persamaan regresi antara Hipotesis yang digunakan adalah: $H_0 =$ Koefisien regresi tidak signifikan $H_1 =$ Koefisien regresi signifikan. Dari persamaan regresi diatas dapat dijelaskan: (i) Konstanta senilai 0,219 menyatakan bahwa jika tidak ada pengaruh dari kadar logam Cd dalam air, kadar logam Cd dalam sedimen, suhu, dan pH, maka besar kadar logam Cd dalam daging sebesar 0,219 mg/kg. (ii) Koefisien regresi untuk X_1 senilai -0,319 menyatakan bahwa setiap penurunan (karena tanda -) nilai score 1 untuk kadar logam Cd dalam air, dengan tidak ada nilai kadar logam Cd sedimen, suhu, dan pH maka kadar logam Cd dalam daging kerang thothok sebesar 0,597 mg/kg. (iii) Koefisien regresi untuk X_2 +0,110 menyatakan bahwa setiap peningkatan (karena tanda +) nilai score 1 untuk kadar logam Cd dalam sedimen, dengan tidak ada nilai kadar logam Cd air, suhu, dan pH maka kadar logam Cd dalam daging 0,012 mg/kg. (iv) Koefisien regresi untuk X_3 +1,370 menyatakan bahwa setiap peningkatan (karena tanda +) nilai score 1 untuk suhu, dengan tidak ada nilai skor kadar.

Suhu dan pH merupakan parameter lingkungan yang memberikan pengaruh terhadap kadar logam. Menurut Odum (1993) peningkatan suhu menyebabkan laju penyerapan dan proses bioakumulasi logam berat dalam tubuh organisme juga meningkat. Kenaikan pH akan menyebabkan turunnya kelarutan logam berat sehingga logam cenderung mengendap.

Besar R (koefisien korelasi) 0,259 menunjukkan bahwa korelasi antara kadar logam Cd dalam daging kerang thothok dengan empat variabel independennya (kadar Cd air, kadar Cd sedimen, suhu, dan pH) adalah tidak kuat. Asumsi tidak kuat, karena R berada di bawah 0,5. Lemahnya korelasi kadar logam Cd dalam daging kerang dengan variabel independennya dimungkinkan karena kerang yang diambil sebagai sampel merupakan kerang yang baru menetap di tempat tersebut, sehingga kondisi lingkungan sekitar belum memberikan pengaruh yang signifikan. Adjusted R square mempunyai nilai sebesar -0,009. Hal ini menunjukkan bahwa hanya 0,9 % saja empat variabel independen mempengaruhi kadar logam Cd dalam daging kerang thothok, sedangkan 99,9% dipengaruhi oleh faktor lain.

Hasil uji ANOVA, didapat F hitung adalah 0,879 dengan signifikansi 0,483. Hal ini menunjukkan pengaruh variabel independen secara keseluruhan tidak signifikan. Dari kolom Standart Error (SE) dapat diketahui bahwa nilai SE pH adalah 0,10 (nilai SE yang paling kecil). Hal ini berarti, pH merupakan variabel yang paling mempengaruhi kadar logam Cd dalam daging kerang thothok.

Tabel 7. Persamaan regresi antara kadar cd dalam daging kerang thothok dengan kadar Cd air, kadar Cd sedimen, suhu, dan pH

Faktor (Y,X) persamaan	Persamaan regresi
Kadar Cd daging dan kadar Cd air	$Y = -0,129 - 0,319X_1$
Kadar Cd daging dan kadar cd sedimen	$Y = -0,129 + 0,110X_2$
Kadar Cd daging dan suhu	$Y = -0,129 + 1,370X_3$
Kadar Cd daging dan pH	$Y = -0,129 - 2,02X_4$

Hasil kolom signifikan menunjukkan variabel kadar Cd dalam air memiliki angka signifikansi 0,435, kadar Cd dalam sedimen 0,494, suhu 0,163, dan pH 0,402. Angka signifikansi tersebut menunjukkan bahwa keempat variabel tersebut tidak mempengaruhi kadar logam Cd dalam daging kerang thothok ($p > 0,05$). Dari koefisien regresi diatas probabilitas $> 0,05$, maka H_0 diterima (koefisien regresi tidak signifikan). Hal ini mengindikasikan model regresi diatas tidak memenuhi untuk prediksi kadar logam Cd dalam daging kerang thothok.

KESIMPULAN

Kadar logam Cd yang terdapat dalam daging kerang thothok (*Geloina erosa*) 0,05 mg/kg, angka tersebut memenuhi Baku Mutu yang ditetapkan Keputusan Dirjen POM Nomor 03725/B/VII/1989, yaitu 1,0 ppm. Kadar logam Cd di air 0,04 ppm, kadar logam Cd tersebut berada diatas Baku Mutu maksimal yang ditetapkan Kep-02/MENKLH/1/88 BM Air Laut untuk Biota Laut dan Kep. Gub. Jateng Nomor 660.1/26/1990, yaitu 0,01 ppm. Kadar logam Cd dalam sedimen adalah 0,12 mg/kg. Kadar logam Cd dalam sedimen masih dalam standart Baku Mutu Resau National D`Observatiin (RNO) 1988, yaitu 0,1-2,0 ppm. Secara statistik perbedaan kadar logam Cd dalam daging kerang thothok dan sedimen di Muara Dua, Motean, dan Dermaga Lomanis tidak menunjukkan beda yang nyata. Perbedaan kadar logam Cd dalam air di tiga stasiun (Muara Dua, Motean, dan Dermaga Lomanis) menunjukkan beda nyata $\{p(0,02) < 0,05\}$. Suhu mempengaruhi kadar logam pada daging kerang thothok. Suhu memberikan pengaruh yang kecil terhadap kadar logam Cd dalam air dan sedimen. pH memberikan pengaruh yang kecil terhadap kadar logam Cd dalam daging kerang thothok dan air. pH mempengaruhi kadar logam dalam sedimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway BJ, Ayres DC. 1997. Chemical Principles of Environment Pollution. Second Edition. Blackie Academic and Professional. Proceedings of the Course Held at the Joint Research Centre of the Commission of European Communities. 1978. Ispra Pergamon Press. Oxford.
- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Penerbit UI Press. Jakarta.
- Fostner U, Edward DG, Prosi F, Whittmann GTW. 1983. Metal Pollution in the Aquatic Environment. Second Edition. Springer, Heidelberg.
- Infolab. 2004. Kendali, Pantau, Komunikasi, Laboratorium Indonesia. Juli- Agustus/Th.V/2004. ISSN: 1410-9417.
- Keputusan Dirjen POM No. 03725/B/VII/1989 tentang Batas Maksimal Cemar Logam Berat dalam Ikan dan Makanan Olahan Hasil Laut.
- Keputusan Gubernur KDH Tingkat I Jawa Tengah No. 660.1/26/1990, tentang Baku Mutu Air untuk keperluan Biota (Golongan C) dan Rekreasi kecuali Renang bagi Propinsi Jateng
- Keputusan Menteri KLH No. Kep.02/MENKLH/1/1988 tentang Baku Mutu Air Laut untuk Biota Laut
- Kim KW, Myung JH, Ahn JS, Chon HT. 1998. Heavy Metal Contamination in Dust and Stream in Taejin Area, Korea. J Geochem Explor 64: 409-419.
- Odum EP. 1993. Dasar-dasar Ekologi. (Terj.: Samingan T). Edisi Ketiga. UGM Press. Yogyakarta.

- Pagoray H. 2001. Kandungan merkuri dan kadmium sepanjang Kali Donan Kawasan Industri Cilacap. *Frontir* Nomor 33. (Maret 2001)
- Rafii A, Suyatna I. 2003. Variasi nilai redoks potensial dalam lapisan sedimen sebagai indikator stabilitas lingkungan perairan di Wilayah Pesisir Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Mahakam* 2 (2): 51-70
- RNO. 1988. RNO. Réseau national d'observation de la qualité du milieu marin. Neuilly-sur-Seine, Hauts-de-Seine, France.[Français]
- Setyawan AD, Indowuryatno, Wiryanto, Winarno K. 2004. Pencemaran logam berat Fe, Cd, Cr, dan Pb pada lingkungan mangrove di Propinsi Jawa Tengah. *Enviro* 4 (20): 45-49.
- Sugianto K, Mukono J, Hadiadi H. 1991. Analisis Kadar Merkuri dan Kadmium dalam Beberapa Hewan Laut di Muara Sungai Kalimas. *Artikel Lingkungan dan Pembangunan*. Universitas Airlangga, Surabaya.
- Surtipanti K, Mukono J dan Hadiadi H. 1992. Determination of Heavy Metal in Meat, Intestine, Liver Eggs, and Chicken Using Neutron Activation and AAS. *Buletin PAIR-BATAN*. Yogyakarta.
- Waldichuk M. 1974. Some Biological in Heavy Metal Pollution. *Pollution and Physiology of Marine Organism*. Academic Press. London.
- Yucesoy B, Turhan A, Ure M, Imir T, Karakaya A. 1997. Effects of occupational lead and cadmium exposure on some immunoregulatory cytokine levels in man. *Toxicology* 123:143-147.