



AKUMULASI CADMIUM (CD) PADA IKAN WADER MERAH (*PUNTIUS BRAMOIDES* C.V), DI SUNGAI KALIGARANG

R Prabowo[✉], Purwanto², HR Sunoko²

¹Fakultas Pertanian Universitas Wahid Hasyim Semarang, Indonesia

²Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Februari 2016
Disetujui Maret 2016
Dipublikasikan April 2016

Keywords:
Kaligarang river; Red
Wader fish; Cadmium

Abstrak

Kadmium merupakan bahan beracun yang menyebabkan keracunan kronik pada manusia, maka tingkat maksimum yang diperbolehkan di perairan adalah 0,01 mg/L (PP No 82 Th 2001 Tentang Kualitas Air). Penelitian ini bertujuan (1) mengidentifikasi gambaran umum kualitas air Sungai Kaligarang, (2) Mengidentifikasi konsentrasi logam berat Kadmium (Cd) di Sungai Kaligarang, serta (3) mengidentifikasi akumulasi logam berat Cd pada ikan wader merah (*Puntius bramoides* C.V) yang hidup di Sungai Kaligarang. Penelitian ini merupakan penelitian observasi eksploratif dengan pendekatan kuantitatif. Penentuan lokasi pengambilan sampel secara purposif sampling. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter lingkungan berupa Suhu, pH, BOD, DO di Sungai Kaligarang tidak melebihi baku mutu berdasarkan mutu air penggolongan kelas I. Parameter logam berat Cd dalam air tidak melebihi aturan yang ditetapkan PP Nomor 82 Th 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Kadar logam berat yang terkandung pada ikan wader merah masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan baik dari FDR New Zealand, FAO, Serta SNI. 7387.2009, Tentang Batas Maksimum Cemaran logam Berat Dalam Pangan.

Abstract

Cadmium is a toxic substance that causes chronic poisoning in humans and the maximum permissible level in the water is 0.01 mg / L. (The Government Regulation No. 82 of 2001 on water quality). This study aims to (1) identify general description of Kaligarang water quality, (2) heavy metal concentrations of Cadmium (Cd) in Kaligarang river and (3) identifying Cd accumulation of heavy metal in red Wader fish. This research is an observational exploration with a quantitative approach that aims to describe the level of heavy metal Cd in water and wader in Kaligarang. The location is determined by sampling study with purposive sampling. The result shows that the environmental parameters such as temperature, pH, BOD, DO of Kaligarang does not exceed the quality standard as applied by the classification of water quality class I. Parameter of heavy metals Cd in the water does not exceed the rules as set by the PP. No. 82 Th 2001 on management of water quality and red water pollution control. Heavy metal level contained in red wader is still below the quality standard as set by both FDR New Zealand, FAO, and SNI.7387.2009 about maximum level of heavy metal pollution in food.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:
Jl. Menoreh Tengah X / 22, Sampangan, Kota Semarang

PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat sangat berbahaya bagi lingkungan. Banyak laporan memberikan fakta betapa berbahayanya pencemaran lingkungan terutama oleh logam berat pada kawasan perairan, baik akibat penggunaan untuk konsumsi sehari-hari maupun ketika mengkonsumsi biota air tawar yang hidup di perairan tercemar tersebut. Kasus pertama kali dilaporkan terjadi di Jepang, yaitu timbulnya penyakit "itai-itai" (*Ouch-ouch*) yang menyebabkan para nelayan dan keluarganya terkena keracunan kronis akibat logam berat Cd dan mengakibatkan kematian manusia 100 orang (Supriharyono 2000; Soemirat 2005).

Sastrawijaya (2000) menyebutkan pencemaran lingkungan terjadi karena masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau oleh proses alam sehingga kualitas menurun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi. Menurut UU No.32 tahun 2009, pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Kaligarang merupakan aliran sungai yang berada di wilayah Kota Semarang dimana sungai ini masuk dalam kelas 1 yang dimanfaatkan sebagai bahan baku air minum. Pencemaran sungai dapat terjadi karena pengaruh kualitas air limbah yang melebihi baku mutu air limbah, di samping itu juga ditentukan oleh debit air limbah yang dihasilkan (Dewi 2012). Pesatnya laju pertumbuhan pembangunan terutama di bidang industri, pertanian, dan sebagainya di DAS Kaligarang yang ditunjang oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, memungkinkan manusia memanfaatkan berbagai jenis bahan kimia termasuk logam berat untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Pembangunan pabrik-pabrik di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS) yang hampir seluruh pabrik tersebut membuang limbahnya ke aliran sungai, tentunya mengkhawatirkan masyarakat karena memicu

terjadinya perubahan baku mutu di perairan tersebut.

Sungai Kaligarang terletak di Provinsi Jawa Tengah, membentang dari daerah Ungaran sampai dam Simongan Semarang. Terletak pada 6°59'30" Lintang Selatan sampai 7°07' dan 110°23' Bujur Timur sampai 110°25'. Aliran sungai ini berhulu dari Sungai Gung yang berasal dari daerah Ungaran. Akhir dari aliran Sungai Kaligarang adalah Sungai Banjir kanal Barat yang terbentang dari dam Simongan dan bermuara ke Laut Jawa (Trimartuti 2000). Panjang aliran Sungai Kaligarang kurang lebih 35 Km, mencakup Kabupaten Semarang, Kabupaten Kendal dan Kota Semarang

Sungai Kaligarang termasuk dalam wilayah dengan iklim tropis dengan temperatur sedang. Suhu udara rata-rata sebesar 29°C dengan curah hujan rata-rata 1669,121 mm/tahun. Curah hujan yang tinggi banyak terdapat di Kabupaten Semarang dengan rata-rata 2.889 mm/tahun, sedangkan di Kota Semarang curah hujan rata-rata sebesar 495,36 mm/tahun (BLH Provinsi Jateng 2009). Sumber air Sungai Kaligarang terletak di pegunungan Ungaran. Sungai Kaligarang mempunyai anak sungai yang cukup banyak yang berbentuk seperti ranting pohon yang sering disebut sebagai aliran pola dendritik. Anak sungai tersebut adalah Sungai Blimbing, Sungai Kreo, Sungai Gung dan Sungai Kranji (Hakim 2004).

Kadmium merupakan bahan beracun yang menyebabkan keracunan kronik pada manusia, maka tingkat maksimum yang diperbolehkan di perairan adalah 0,01 mg/L (PP No 82 Th 2001 Tentang Kualitas Air). Jenis logam berat ini mempunyai nilai toksisitas yang sangat tinggi bagi manusia dan banyak dihasilkan sebagai limbah industri yang berada di sepanjang DAS Kaligarang. DAS Kaligarang sendiri diprediksi tercemar logam berat akibat pembuangan limbah industri yang banyak dibangun di sepanjang Kaligarang. Perkembangan industri di DAS Kaligarang secara langsung maupun tidak langsung menyebabkan pencemaran logam berat Cd di aliran Kaligarang. Kadmium bersifat toksik, bioakumulatif, biomagnifikasi dan karsinogenik (Withgott & Brennan 2007). Pencemaran logam berat Cd tersebut, akan mengakibatkan ikan yang hidup dan berkembang biak di Kaligarang akan ikut

mengakumulasi logam berat. Logam berat yang terserap oleh tubuh ikan, akan diikat oleh protein tionein yang disintesis di dalam hati yang kemudian disebarkan ke seluruh tubuh melalui mekanisme peredaran darah (Soemirat 2005). Logam kadmium (Cd) akan mengalami proses biotransformasi dan bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan dan manusia). Dalam biota perairan, jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan (biomagnifikasi), dan dalam rantai makanan, biota yang tertinggi akan mengalami Cd yang lebih banyak. Keracunan kadmium bisa menimbulkan rasa sakit, panas pada bagian dada, penyakit paru-paru akut dan menimbulkan kematian. Salah satu contoh kasus keracunan akibat pencemaran Cd adalah timbulnya penyakit itai-itai di Jepang (Dewi 2004). Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengidentifikasi gambaran umum kualitas air Kaligarang hilir, tengah dan hulu, (2) Mengidentifikasi konsentrasi logam berat Kadmium (Cd) di Kaligarang Hilir, Tengah dan Hulu, dan (3) Mengidentifikasi akumulasi logam berat Cd pada ikan Wader merah.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian observasi eksploratif dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk menggambarkan kandungan logam berat Cd pada air dan ikan wader merah di Kaligarang. Penentuan lokasi pengambilan sampel penelitian dengan purposif sampling.

Pengambilan Sampel Air

Untuk mempelajari dampak air limbah terhadap kualitas sungai, sekurang-kurangnya harus diambil dua lokasi sampel. Satu lokasi berada di hulu dimana air tidak tercemar dan yang satunya berada di muara di mana air tercemar secara vertikal dan lateral. Lokasi di muara diusahakan lebih banyak daripada di hulu. Hal ini diperlukan untuk mempelajari dampak pencemaran secara lebih terinci. Pada setiap lokasi diambil dua posisi, yaitu sisi kanan dan kiri sungai, untuk mendapatkan gambaran pengaruh pencemaran melintang. Pengambilan sampel air pada posisi sama, yakni ± 30 cm permukaan atau

dan dasar sungai. Volume sampel diambil secukupnya untuk berbagai keperluan termasuk analisis pendahuluan dan ulangan.

Pengambilan Sampel Ikan

Pengambilan sampel ikan dalam penelitian ini menggunakan jaring (*gill net*) dan jala dengan ukuran 0,5-2 inch. Untuk pengawet ikan di gunakan termos es. Pengambilan sampel untuk masing- masing stasiun sebanyak 6 ekor.

Preparasi Sampel

Sampel air yang telah diambil dari masing masing sub titik pengambilan digabungkan (dikomposit) menjadi satu. Untuk analisis logam Cd, sampel air ditambah asam nitrat (HNO_3) beberapa tetes (sampai pH <2) kemudian dimasukkan ke dalam *ice box*. Sementara sampel untuk pengukuran pH dan suhu diukur di lapangan (*insitu*) (Tabel 1).

Tabel 1. Metode pengukuran parameter kualitas air.

Parameter kualitas air	Alat	Keterangan
Suhu	Termometer	In-situ
DO	Titirasi Winker	In-situ
Ph	pH meter	In-situ
Logam Berat Cd	Spektrofotometrik	Laboratorium

Sampel ikan yang telah dibersihkan dengan air, dicuci, kemudian dibilas dengan aquabidest dan dibedah menggunakan pisau bedah, diambil seluruh jaringannya dan diberi label. Untuk analisa, jaringan ikan dikeringkan dengan oven 105 °C selama 24 jam, dimasukkan ke dalam deksikator lalu ditimbang untuk mengetahui kadar air (Razak, 1989 dalam Amriani 2011).

Analisis data

Untuk menghilangkan ion mayor seperti N^+ , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , K^+ dan Mg^{2+} ditambahkan metil iso butil keton, APDC dan NaDDC sehingga memudahkan proses adsorbs logam berat oleh AAS. Pengukuran logam berat pada ikan dilakukan dengan menambahkan HNO_3 pekat dan HClO_4 , dipanaskan pada suhu 60- 70°C selama 2-3 jam

sampai larutan jernih. Sampel siap diukur dengan AAS (Hutagalung *et al.* 1997).

Data kandungan logam berat pada air dianalisis secara deskriptif dan dibandingkan dengan baku mutu lingkungan sesuai PP No. 82 Th 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Untuk ikan, akan dibandingkan berdasarkan petunjuk standar baku mutu Surat keputusan Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan NO. 03725/B/SK/VII/1989 Th 1989 tentang Batas Maksimum Cemar Logam dalam Makanan Untuk Ikan dan Olahannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Akumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) dalam air

Data hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan logam berat Cd pada Sungai Kaligarang rata-rata 0,008 mg/l. Adanya logam berat Cd di aliran Sungai Kaligarang dikarenakan adanya buangan limbah, baik limbah pertanian, industri maupun rumah tangga. Hal ini sesuai dengan pendapat Forstner dan Prosi (1978) bahwa sumber pencemar logam berat dalam air berasal dari batuan dan tumpahan lahar, proses industri, ekskresi manusia dan sampah dan buangan padat.

Tabel 2. Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Air Sungai Kaligarang.

Stasiun Pengamatan	Logam Berat Kadmium (Cd) (mg/l)	Baku Mutu Cd (mg/l)
Hulu (Stasiun I)	0,0003	
Tengah (Stasiun II)	0,0008	0,01
Hilir (Stasiun III)	0,0156	

Kandungan Kadmium (Cd) pada Sungai Kaligarang di Stasiun III (hilir) cenderung lebih tinggi dibandingkan di stasiun pengamatan II (tengah) dan Stasiun I (hulu). Hal ini berhubungan dengan letak masing masing lokasi dengan sumber pencemaran logam berat Cd oleh industri di sekitar DAS Kaligarang. Selain itu, bagian hilir sebagai muara, menerima beban pencemaran dari wilayah yang ada di atasnya yaitu stasiun tengah dan hulu.

Dalam PP No. 82 Th 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian

Pencemaran Air, untuk air sungai kelas I, kriteria mutu air yang diterapkan untuk parameter logam berat Cd maksimal 0,01 mg/L. Dari data penelitian di atas, diketahui bahwa untuk stasiun pengamatan hulu kandungan logam berat Cd sebesar 0,0003 mg/L. Sementara untuk Stasiun II, kadar Cd di air sebesar 0,0008 mg/L. Hal itu berarti kandungan logam berat Cd di Stasiun I (hulu) dan Stasiun II (tengah) masih berada di bawah kriteria baku mutu air yang ditetapkan PP. No. 82 Th 2001. Sementara pada Stasiun III (pengamatan hilir) kadar logam berat Cd sebesar 0,0156 mg/L. Sesuai kriteria baku mutu air PP No. 82 Th 2001, maka kadar logam berat Cd pada air di bagian hilir Sungai Kaligarang sudah melampaui kriteria mutu air untuk parameter logam berat Cd pada penggolongan klasifikasi mutu air baik kelas 1, 2, 3 maupun 4 yang ditetapkan. Dengan demikian bisa dikatakan, pada stasiun pengamatan bagian hilir Sungai Kaligarang sudah mengalami pencemaran logam berat Kadmium (Cd).

Adanya logam berat Cd di Stasiun hulu Sungai Kaligarang ini dikarenakan adanya pembuangan limbah pertanian, rumah tangga, maupun limbah industri rumah tangga. Hal ini karena bagian hulu sungai Kaligarang merupakan kawasan perumahan dan padat penduduk, sehingga dimungkinkan limbah rumah tangga banyak yang ikut dibuang ke badan sungai. Pada sisi kiri-kanan hulu Sungai Kaligarang merupakan kawasan pertanian yang aliran airnya menuju ke badan sungai sehingga limbah Cd pertanian juga akan ikut terbuang mengikuti aliran ke badan sungai. Hal serupa juga disampaikan Widowati *et al.* (2008), bahwa faktor yang menentukan kadar Cd di tanah pertanian adalah cemaran Cd dari udara, perairan, sistem irigasi, dan pupuk. Pupuk fosfat yang sering digunakan biasanya mengandung Cd tidak kurang dari 20 mg/kg. Hasil penelitian menunjukkan terjadinya peningkatan kandungan Cd dalam tanah dan bijih barley dengan penggunaan pupuk fosfat.

Pada Stasiun II (tengah) DAS Kaligarang, kadar logam berat Cd pada air sebesar 0,0008 mg/l. Kadar Cd pada Stasiun ini lebih tinggi dibandingkan di Stasiun I (hulu). Hal ini berhubungan dengan letak dari Stasiun II (tengah) merupakan penerima beban pencemar yang ada di bagian atasnya/hulu dan sumber limbah lain.

Stasiun pengamatan tengah terletak di daerah Tugu Suharto. Stasiun ini mendapat beban cemaran sepanjang DAS Kaligarang mulai Kecamatan Banyumanik, Srandol Kulon, Tinjomoyo dan Bendan Duwur. Di Kecamatan Banyumanik, terdapat pemukiman padat penduduk yang membuang limbah domestik ke badan sungai di Banyumanik, Srandol kulon dan Bendan Duwur. Beban lain yang diterima Stasiun II ini adalah adanya pertemuan dengan anak sungai Kreo yang pada bagian hulunya terdapat tempat pembuangan akhir sampah (TPA). Kondisi ini berpotensi besar memberi beban tambahan kandungan logam berat Cd pada Stasiun II Sungai Kaligarang. Hal serupa juga disebutkan oleh Palar (2004), bahwa salah satu kasus pencemaran yang berasal dari limbah industri adalah pencemaran yang terjadi di sungai Kalamazoo, Michigan, Amerika Serikat. Pabrik-pabrik kertas yang berada disepanjang aliran sungai Kalamazoo telah membuang limbah produksinya yang mengandung PCB (*polychlorinated biphenyls*).

Stasiun III (hilir) Sungai Kaligarang mengandung logam berat Cd sebesar 0,0156 mg/l. Data tersebut menunjukkan bahwa pada stasiun hilir Sungai Kaligarang sudah melampaui baku mutu logam berat Cd yang ditetapkan PP. No. 82 Tahun 2001. Menurut PP No.82 tersebut, air sungai yang masuk kelas I, kriteria mutu air yang ditetapkan untuk parameter logam berat Cd maksimal 0,01 mg/L. Tingginya kadar logam berat Cd di Stasiun III dikarenakan stasiun ini menerima beban cemaran terbanyak, selain dari bagian yang ada di atasnya (hulu dan tengah). Pada stasiun hilir ini juga terdapat beberapa industri yang membuang limbah industrinya ke badan Sungai Kaligarang.

Kandungan logam berat Cd pada Stasiun I dan II (Tabel 1) menunjukkan bahwa air Sungai Kaligarang masih di bawah ambang baku mutu yang ditetapkan PP No. 82 Th 2001. Kondisi ini menunjukkan bahwa air di stasiun ini masih aman digunakan sebagai sumber baku air minum. Tetapi adanya logam berat Cd di perairan yang bersifat bioakumulasi dalam organisme hidup (tumbuhan, hewan dan manusia), jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan

(biomagnifikasi) sehingga biota yang menduduki rantai makanan tertinggi akan mengalami akumulasi Cd lebih banyak dan dapat menyebabkan keracunan. Oleh karena itu perlu upaya mengurangi kandungan kadar Cd di air Sungai Kaligarang.

Kandungan Cd di bagian hilir Sungai Kaligarang sudah berada di atas nilai baku mutu yang ditetapkan PP No. 82 Th 2001 sehingga perlu upaya untuk menurunkan cemaran logam berat. Salah satu upaya adalah pengurangan beban cemaran yang masuk badan sungai terutama oleh kegiatan rumah tangga dan industri di sepanjang Sungai Kaligarang. Pada wilayah pemukiman padat penduduk, baik di wilayah hulu, tengah maupun hilir sebaiknya dilengkapi instalasi IPAL komunal sehingga buangan limbah domestik rumah tangga tidak secara langsung masuk dan memberi beban cemaran ke badan Sungai Kaligarang. Bagi industri diharapkan lebih mengoptimalkan IPAL sehingga tidak membuang limbah industrinya ke badan Sungai Kaligarang. Dengan upaya tersebut diharapkan beban cemaran domestik dan industri tidak lagi membebani badan Sungai Kaligarang yang digunakan sebagai sumber baku air minum oleh PDAM Kota Semarang. Selain itu, PDAM juga berkewajiban ikut memonitor dan mengatasi kandungan logam berat Sungai Kaligarang. Beberapa upaya yang dapat dilakukan oleh pihak PDAM adalah memanfaatkan teknologi rekayasa lingkungan seperti fitoremediasi, biosorpsi dan bioremediasi untuk menurunkan cemaran logam berat Cd pada sumber air yang digunakan. Dengan upaya tersebut diharapkan air yang didistribusikan PDAM kepada pengguna terbebas dari cemaran logam berat Cd serta logam berat yang lain.

Rendahnya kandungan Cd badan air di Sungai Kaligarang dimungkinkan terjadi karena adanya proses pengenceran logam berat oleh pengaruh kuat arus sungai. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Rochyatun (2006), rendahnya kadar logam berat Cd dan Pb pada air lebih disebabkan kemampuan perairan tersebut untuk mengencerkan bahan cemaran yang cukup tinggi

Tabel 3. Panjang, Lebar, Berat dan Kandungan Logam Berat Cd pada Ikan Wader

Stasiun	Ikan	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Berat Badan (g)	Berat hati (g)	Cd Badan mg/kg	Cd Hati mg/kg
Stasiun I	1	9	2	6.64	0.42	nd	nd
	2	8.5	1.8	4.95	0.33	nd	nd
	3	8.5	2	6.32	0.4	nd	nd
	4	8.5	2	6.04	0.54	nd	nd
	5	8	2	5.5	0.36	nd	nd
	6	8	2	5.41	0.37	nd	nd
Stasiun II	6	7.5	2	4.26	0.41	nd	nd
	1	16	4.5	53	0.52	nd	0.053
	2	15	4.5	4	0.78	0.027	0.057
	3	15	4.5	40.27	0.53	nd	0.048
	4	13.5	4.5	36.91	0.32	0.015	0.075
	5	13.5	4	32	0.06	0.021	0.051
Stasiun III	6	13.5	4	36	0.34	nd	0.063
	1	16.5	5.5	75.26	0.66	nd	0.071
	2	16	5	54.16	0.44	0.032	0.057
	3	15	5	51.4	0.65	nd	0.053
	4	15	5	60.03	0.72	nd	0.061
	5	15	5.5	58.02	0.35	0.062	0.062
	6	14	4.5	37.69	0.22	nd	0.053

Catatan: nd: *not detected* (Tidak terdeteksi)

Hasil penelitian diketahui bahwa pada Stasiun I tidak ditemukan akumulasi logam berat Cd pada tubuh dan hati ikan wader (Tabel 3). Hal ini disebabkan karena pada Stasiun I, kadar logam berat yang terpapar di badan air masih sangat kecil yaitu sebesar 0,0003 mg/l. Hal yang sama disampaikan Trimartuti (2000), bahwa tidak terdapat akumulasi logam berat pada daging ikan lunjar di perairan yang mengandung kadar Cd sangat rendah (0.0001 mg/l). Akumulasi logam berat Cd pada ikan sangat dipengaruhi oleh kandungan Cd yang terdapat pada perairan.

Pada Stasiun II dan III, terdapat akumulasi logam berat Cd pada tubuh dan organ hati ikan wader. Hal ini dikarenakan pada Stasiun II, kadar logam berat Cd pada perairan sebesar 0,0008mg/l. Peningkatan kadar logam berat Cd pada perairan Stasiun II dan III, sangat berpengaruh terhadap peningkatan akumulasi logam berat Cd pada tubuh dan hati ikan wader pada Stasiun ini. Hal ini sesuai dengan pendapat Clark (1986) bahwa racun atau logam berat di lingkungan perairan akan turut masuk ke dalam tubuh ikan. Akumulasi logam

berat pada ikan, secara biologik masuk melalui proses rantai makanan.

Pada Tabel 3 diketahui bahwa akumulasi logam berat Cd pada ikan di Stasiun II dan III relatif sama. Sementara pada Stasiun III akumulasi logam berat Cd pada hati ikan wader sebesar 0,053-0,071 mg/kg. Akumulasi logam berat Cd dalam organ hati ikan pada yang relatif sama Stasiun II dan Stasiun III dikarenakan Stasiun II dan III kondisi perairannya landai dan tenang, sehingga memudahkan ikan bermigrasi antar stasiun. Hal inilah yang menyebabkan kadar logam berat Cd pada ikan tersebut diakumulasi di kedua stasiun tersebut.

Akumulasi logam berat Cd pada organ hati ikan lebih besar dibandingkan pada tubuh ikan. Pada Stasiun III, kandungan logam berat Cd pada hati ikan (0,057 mg/kg) lebih besar dibandingkan pada tubuh ikan (0,032 mg/kg). Organ hati merupakan organ detoksikasi yang dapat mengakumulasi logam berat dengan mudah. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Trimartuti (2000) bahwa meski hampir seluruh organ tubuh

menyerap Cd, namun konsentrasi tertinggi ditemukan pada hati dan ginjal, bahkan kira-kira 1/3 dan 1/6 Cd dalam tubuh disimpan pada ginjal dan hati. Kemudian, setelah pemaparan kadar rendah dengan waktu lama, Cd tersebut mulai disimpan dalam otot.

Kadar Cd pada organ hati ikan Wader pada Stasiun III sebesar 0,071 mg/kg. Nilai tersebut masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan FDR New Zealand serta FAO yaitu untuk logam berat Cd sebesar 1 mg/kg (Priyanto 2008), serta SNI. 7387.2009, Tentang Batas Maksimum Cemaran logam Berat Dalam Pangan. Dalam keputusan Dirjen POM No. 03725/B/SK/VII/89 tidak mengatur logam berat Cd pada makanan, tetapi dalam SNI. 7387.2009, disebutkan batas maksimum logam berat pada ikan dan hasil olahannya sebesar 0,1 mg/kg.

Meskipun kandungan logam berat Cd pada ikan wader pada ketiga stasiun masih rendah dan masih di bawah nilai maksimal yang ditetapkan oleh FDR New Zealand, FAO serta SNI. 7387.2009, tetapi perlu mendapat perhatian. Karena logam berat Cd pada ikan menyebabkan proses bioakumulasi pada tubuh manusia yang memakannya. Hal ini diperkuat dengan adanya kasus penyakit 'itai-itai' dimana masyarakat mengalami keracunan karena telah mengkonsumsi air sungai Zinzu yang tercemar serta mengkonsumsi ikan dari sungai tersebut. Hal lain yang memperkuat bahayanya akumulasi logam berat Cd adalah fakta yang dikemukakan Laws (1993) dalam Trimartuti (2000) bahwa Cd yang terserap dalam tubuh manusia akan mempunyai waktu paruh 16-33 tahun. Cd merupakan racun yang sangat berbahaya dan tersembunyi, sehingga penyerapan dalam jumlah kecil selama bertahun-tahun akan menyebabkan akumulasi sampai tingkat beracun dalam tubuh. Setelah logam berat Cd terserap dalam tubuh, akan diikuti oleh protein thionein membentuk kompleks protein-logam metallothionein yang disintesis hati. Pengikatan logam berat dalam metallothionein tersebut dipercaya sebagai mekanisme untuk pertahanan dan perlindungan yang mencegah logam tersebut mempengaruhi protein-protein penting dalam proses metabolisme tubuh.

Hasil penelitian menunjukkan tidak ada pengaruh ukuran ikan (panjang, lebar dan berat)

terhadap kandungan logam berat Cd dalam tubuh dan hati ikan wader. Kemampuan ikan dalam mengakumulasi logam berat Cd sangat dipengaruhi oleh jenis ikan dan kepekaan kadar logam yang terdapat pada lingkungan perairan. Hal ini didukung hasil penelitian bahwa tidak ada pengaruh ukuran, umur ikan terhadap kandungan logam berat pada daging ikan, serta tidak ada korelasi antara bertambahnya umur atau ukuran ikan dengan kandungan logam berat dalam daging (Trimartuti 2000). Hasil penelitian ini menguatkan pendapat Wisnu dan Hartati (2000), bahwa kecepatan bioakumulasi logam berat Cd lebih tinggi pada awal waktu pemaparan, yaitu pada 0-10 hari. Namun pada pertengahan waktu pemaparan, kenaikan kecepatan bioakumulasi cenderung menurun dan akan relatif stabil pada waktu pemaparan di atas 20 hari.

Bahaya dari kontaminasi dan keracunan logam Cd dan Pb, diantaranya dapat menyebabkan kanker prostat dan dapat merusak organ reproduksi pada laki laki (Harsanto 1997). Hal yang sama dinyatakan Fergusson (1990), bahwa akibat kronis dari keracunan logam berat baik melalui pencernaan maupun pernafasan akan mempengaruhi fungsi ginjal manusia. Pengaruh lain dari keracunan logam berat Cd adalah beberapa enzim menjadi tidak aktif. Hal tersebut terjadi karena logam berat Cd akan menggantikan unsur esensial enzim misalnya Zn. Dengan gangguan tersebut, akan menimbulkan penyakit hipertensi dan anemia.

Kualitas Air Sungai Kaligarang

Hasil pemeriksaan suhu di sepanjang aliran Sungai Kaligarang bervariasi antara 27,5°C sampai 28°C (Tabel 4). Besarnya suhu pada semua lokasi menunjukkan kriteria mutu air masih dalam batas yang ditetapkan yaitu maksimum 30°C. Selain itu kondisi tersebut tidak melebihi baku mutu yang diterapkan berdasarkan PP. No. 82 Th 2001 untuk air sungai yang masuk penggolongan kelas I.

Suhu sangat berperan terhadap pertumbuhan dan metabolisme tubuh ikan. Hal tersebut mendukung pernyataan Hendrata (2004), bahwa kondisi suhu air yang optimal bagi pertumbuhan ikan adalah 25-30°C. Hal serupa juga dinyatakan Trimartuti (2000), bahwa suhu sangat berpengaruh dalam proses metabolisme tubuh ikan.

Secara umum, peningkatan suhu dapat menurunkan daya tahan tubuh ikan terhadap racun. Akumulasi logam berat Cd pada tubuh ikan, selain dipengaruhi oleh faktor biologis ikan dan sifat fisika kimia logam berat tersebut, juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu. Sastrawijaya (2009) juga menyatakan bahwa suhu mempunyai pengaruh besar terhadap kelarutan oksigen. Populasi termal pada organisme air terjadi pada suhu tinggi. Setiap spesies mempunyai suhu optimumnya. Ada ikan yang mempunyai suhu optimum 15°C, ada yang 24°C dan ada yang 32°C.

Kenaikan suhu pada air biasanya menyebabkan meningkatnya kandungan logam berat pada ikan yang hidup di perairan tersebut. Meningkatnya kandungan logam berat pada tubuh ikan tersebut berhubungan dengan proses metabolisme ikan yang juga meningkat seiring naiknya suhu perairan. Pada Stasiun II, peningkatan suhu di perairan menyebabkan peningkatan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) (Tabel 4). Hal tersebut mendukung pernyataan Sastrarawijaya (2009), bahwa kenaikan suhu air menyebabkan suhu badan hewan berdarah dingin dalam air itu naik. Hal ini akan menyebabkan laju metabolisme naik dalam ikan, dan selanjutnya menaikkan kebutuhan oksigen.

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Kualitas Air Sungai Kaligarang

Parameter	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III	Baku Mutu
Suhu	27,5	28	27,8	±3
pH	7,70	7,57	7,48	6-9
BOD	2	3	3	2
COD	8	10	9	10
DO	7,52	7,30	5,80	6

pH perairan Sungai Kaligarang berkisar antara 7,46-7,70 (Tabel 4). Besarnya pH pada perairan Sungai Kaligarang tersebut tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan PP. No. 82 Th 2001, untuk air sungai yang masuk penggolongan kelas I. Besarnya derajat keasaman di Sungai Kaligarang sangat mendukung kehidupan ikan yang ada di dalamnya. Pernyataan tersebut sesuai dengan Hendrata (2004), bahwa ikan sangat cocok hidup pada kisaran pH 6-8,5 dan akan optimal pada pH 7-8. Hal yang sama dinyatakan oleh Sastrawijaya

(2009) bahwa air yang mempunyai pH 6,7-8,6 mendukung populasi ikan dalam kolam. Dalam jangkauan pH itu pertumbuhan dan pembiakan ikan tidak terganggu. Ada ikan yang mampu hidup pada pH 5-9.

Pada Tabel 4 diketahui adanya penurunan derajat pH dari Stasiun I sampai Stasiun II dan III, walaupun tidak signifikan. Hal tersebut mendukung pernyataan Sastrawijaya (2009), bahwa air segar dari pegunungan biasanya mempunyai pH lebih tinggi. Makin lama pH air akan menurun menuju suasana asam, karena ada penambahan bahan-bahan organik yang kemudian membebaskan CO₂ jika mengurai. Pada umumnya, jika pH air kurang dari 7 atau lebih dari 8,5 dimungkinkan perairan tersebut telah terjadi pencemaran.

BOD merupakan variabel utama dalam penentuan tingkat pencemaran perairan. Pemeriksaan BOD di sepanjang Sungai Kaligarang berkisar 1,92-3,64 mg/L. Besarnya BOD pada Stasiun I (1,92 mg/L) tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan PP. No. 82 Th 2001 yaitu untuk air sungai yang masuk penggolongan kelas I, BOD tidak melebihi 2 mg/L. BOD di Stasiun II (sebesar 3,05 mg/l) dan Stasiun III (sebesar 3,64 mg/L), berdasarkan PP No. 82 Th 2001 termasuk kategori tercemar dan masuk ke penggolongan air kelas II (air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut, karena melebihi baku mutu yang ditetapkan untuk mutu air penggolongan kelas I). Besarnya BOD pada Stasiun II dan III menunjukkan kandungan bahan organik dan organisme pengurai aerobik pada perairan tersebut lebih besar dari Stasiun I. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Sastrawijaya (2009) bahwa jika jumlah bahan organik dalam air sedikit, maka bakteri aerob mudah memecahkan tanpa mengganggu keseimbangan oksigen dalam air. Tetapi jika jumlah bahan organik banyak, bakteri pengurai akan berlipat ganda karena banyak makanan. Ini biasanya menyebabkan perairan kekurangan oksigen.

Pemeriksaan COD (*Chemical Oxygen Demand*) di sepanjang Sungai Kaligarang berkisar

33,86- 48,82 mg/L (Tabel 3). Besarnya COD tersebut melebihi baku mutu yang ditetapkan PP. No. 82 Tahun 2001, untuk air sungai yang masuk penggolongan kelas I, COD tidak melebihi 10 mg/L. Berdasarkan baku mutu PP No. 82 Th 2001, Sungai Kaligarang (Stasiun I, Stasiun II dan Stasiun III) masuk kategori tercemar dan masuk ke penggolongan air kelas IV (air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut, karena melebihi baku mutu yang di tetapkan untuk mutu air penggolongan kelas I, II dan III).

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan oksidan (misalnya: Kalium Dikromat) untuk menguraikan bahan organik (Fardiaz 1992 dalam Hendrata 2004). Besarnya kandungan COD pada Sungai Kaligarang disebabkan banyaknya zat organik di air yang tidak mengalami penguraian biologi secara cepat karena zat organik tersebut stabil terhadap reaksi biologi atau tidak mampu diurai oleh mikroorganisme yang hidup dalam perairan Sungai Kaligarang tersebut.

Oksigen terlarut (*Desolve Oxigen:DO*) di sungai Kaligarang berkisar 5,80-7,52 mg/L (Tabel 3). Besarnya DO pada Stasiun I (7, 52 mg/L) dan Stasiun II (7,30 mg/L) tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan PP. No. 82 Th 2001 untuk air sungai yang masuk penggolongan kelas I, kriteria DO tidak kurang dari 6 mg/L. Pada Stasiun III, diketahui kandungan DO sebesar 5, 80 mg/L, berdasarkan PP. No. 82 Th 2001, stasiun ini masuk dalam penggolongan kelas II.

Kandungan oksigen terlarut dalam suatu perairan mempengaruhi daya tahan organisme akuatik terhadap pengaruh letal suatu kontaminan. Tingginya kecepatan arus dan turbulensi akibat kemiringan suatu DAS akan meningkatkan oksigenase, sehingga menekan terjadinya pencemaran. Kemudian oksigen tersebut digunakan untuk mengoksidasi bahan organik dalam proses *purification*. Tingginya kandungan oksigen terlarut akibat turbulensi dan derasnya air juga mempengaruhi rendahnya kandungan logam berat Cd dan Pb di perairan pada Stasiun I. Hal serupa dinyatakan Sastrawijaya (2009), bahwa penentuan kadar oksigen terlarut dapat dijadikan ukuran untuk menentukan mutu air. Kehidupan di air dapat bertahan jika ada oksigen terlarut

minimum sebanyak 5 mg/L. Selbihnya bergantung pada ketahanan organisme, derajat keaktifannya, kehadiran pencemar, suhu air dan sebagainya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa Suhu, pH, BOD, DO air sungai Kaligarang tidak melebihi baku mutu yang ditetapkan berdasarkan mutu air penggolongan kelas I, kadar COD masuk dalam kelas 4, kadar DO masuk dalam kelas 2. Kadar Cd pada Stasiun I dan II masih di bawah kriteria baku mutu air yang ditetapkan PP. No. 82 Th 2001, sementara pada Stasiun III sudah melampaui kriteria mutu air kelas I. Akumulasi logam berat Cd pada ikan wader merah masih berada di bawah baku mutu yang ditetapkan FDR New Zealand, FAO, serta SNI. 7387.2009, Tentang Batas Maksimum Cemarannya logam Berat Dalam Pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amriani. 2011. Bioakumulasi Logam berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) Pada Kerang darah (Anadara granoza L) dan Kerang Bakau (Polymesoda bengalensis L) di perairan Teluk Kendari. *Tesis*. Program Maghister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang
- Argawala SP. 2006. *Environmental Studies*. Narosa publishing House PVT.LTD. New Delhi Chennai Mumbai Kolkata.
- Babich H&G Stotzky. 2001. *Influence of Chemical Speciation On The Toxicity of Heavy Metals to The Mikrobiota*. Dalam J.O. Nriagu (eds). *Aquatic Toxicology A*. Wiley Interscience Publication. New York P.
- Clark RB. 1986. *Marine Pollution*. Clarendom Press, Oxford
- Dewi NK. 2004. Penurunan Derajat Toksisitas Kadmium Terhadap Ikan Bandeng (*Chanos Chanos Forskal*) menggunakan Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes (Mart) Solms*) dan Fenomena Transportnya. *Tesis*. Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang.
- Dewi NK. 2012. Biomarker pada Ikan Sebagai Bioindikator Pencemaran Logam Berat Kadmium Timbal dan Merkuri di Perairan Kaligarang Semarang. *Disertasi*. Program Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang.

- Forstner U & GTW Wittman. 1983. *Metal Pollution In The Aquatic Environment*. Springer Verlag. Berlin Heidelberg, New York, Tokyo, Germany.
- Harsanto JB. 1997. *Parameter dan Kriteria Pencemaran Lingkungan dalam Dasar Dasar Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. Badan pengendalian dampak lingkungan (bapedal)- PPLH UGM, Yogyakarta.
- Hutagalung, D.P, D. Setiapermana, dan S.H. riyono. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota (Buku kedua)*. P30 LIPI.
- Palar H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. *Nomor 82 Tahun 2001* tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Priyanto N, Dwiyitno, Ariyani F. 2008. Kandungan Logam Berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) pada Ikan, Air dan Sedimen di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 3(1): 69-76.
- Rochyatun E, Kaisupy MT, Rozak A. 2006. Distribusi Logam Berat Dalam Air dan Sedimen di Perairan Muara Sungai Cisadane. *Jurnal Makara Sains*. 10(1): 35- 40
- Sastrawijaya AT. 2000. *Pencemaran lingkungan*. Rineka Cipta. Surabaya
- Soemirat J. 2005. *Toksikologi Lingkungan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Sunu P. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. PT. Grasindo. Jakarta
- Supriharyono. 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Trimartuti NK. 2001. Akumulasi logam berat Cd Pada Ikan Lunjar (*Rasbora argyrotaenia*). Wader (*Barbodes ballaroides*) dan Nilem (*Osteochillus haseltii*) di kaligarang Semarang. *Tesis*. Yogyakarta; Universitas Gadjah Mada.
- Widowati W, Sastiono A & R Yusuf. 2008. *Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta, Andi Offset.
- Wisnu, Anugraha M & Hartati A. 2000. Penyerapan Logam Berat Merkuri dan Kadmium Pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Purifikasi*. 1(2):
- Withgott J & Brennan Scott. 2007. *Environment: The Science Behind the Stories*. San Fransisco; Pearson Benjamin Cummings