



Analisis Kualitas Fisiko Kimia dan Kadar Logam Berat pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* L.) di Perairan Kaligarang Semarang

Analysis of the Physicochemical Quality and Heavy Metal levels in *Cyprinus carpio* L. and *Oreochromis niloticus* L. Living in Kaligarang River Semarang

✉ Nur Kusuma Dewi¹⁾, Rossi Prabowo²⁾, Nana Kariada Trimartuti¹⁾

DOI: 10.15294/biosaintifika.v6i2.3106

¹⁾Jurusan Biologi, FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

²⁾Fakultas Pertanian Universitas Wahid Hasyim Semarang, Indonesia

Info Artikel

Diterima Agustus 2014
Disetujui September 2014
Dipublikasikan September 2014

Keywords:

Carp; heavy metals; physicochemical; tilapia

Abstrak

Tujuan penelitian untuk mengetahui kualitas fisiko kimia air sungai Kaligarang dan kandungan logam berat pada ikan mas dan ikan nila yang hidup di sungai tersebut. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen lapangan, menggunakan Karamba Jaring Apung. Parameter fisiko-kimia yang diukur adalah suhu, pH, DO, alkalinitas, kesadahan, kecerahan dan kecepatan arus serta kandungan logam berat di air sungai, menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Kadar logam berat Cd, Pb dan Hg juga dianalisis pada ikan mas dan ikan nila. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu, pH, DO, alkalinitas, kesadahan, kecerahan dan kecepatan arus masih berada dalam kisaran yang layak bagi kehidupan ikan. Kadar Cd, Pb dan Hg di perairan masing-masing adalah sebesar 0,006 mg/L, 0,01 mg/L dan 0,0006 mg/L. Kadar Cd, Pb dan Hg pada hati ikan nila berturut-turut 0,000407 mg/kg, 0,000812 mg/kg dan 0,000575 mg/kg, sedangkan pada ikan mas 0,000307 mg/kg, 0,000269 mg/kg dan 0,000349 mg/kg. Kesimpulan; air sungai Kaligarang terkontaminasi logam berat Cd, Pb dan Hg dan ikan yang hidup di sungai tersebut telah mengakumulasi ketiga logam berat tadi.

Abstract

The aim of this study was to determine the quality of water in Kaligarang based on the physicochemical characteristics and heavy metal content in carp and tilapia fish live in the river. This study was a field experiment, by using Karamba floating net; The fish were caught and how they were maintained. The physicochemical parameters of the water measured were temperature, pH, oxygen, alkalinity, hardness and brightness, speed of the flow and content of heavy metals. The heavy metal content was measured using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Levels of heavy metals (Cd, Pb and Hg) were also analyzed in carp and tilapia. The results showed that temperature, pH, oxygen, alkalinity, hardness, brightness and speed of the flow were still within the appropriate range for the life of the fish. Levels of Cd, Pb and Hg in water were 0.006 mg/L, 0.01 mg/L and 0.0006 mg/L, respectively. Surprisingly, the levels of Cd, Pb and Hg in liver of tilapia were 0.000407 mg/kg, 0.000812 mg/kg and 0.000575 mg/kg, respectively, whereas in carp were 0.000307 mg/kg, 0.000269 mg/kg and 0.000349 mg/kg, respectively. It can be concluded that, Kaligarang River was contaminated with heavy metals Cd, Pb and Hg. This contamination leads to the accumulation of heavy metals in fish that live in the river.

© 2014 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lt 1. Kampus Unnes Jl. Raya sekaran Gunungpati, Semarang 50229
Telp/Fax.8508033 E-mail: noorkusumadewi@yahoo.co.id

p-ISSN 2085 - 191X
e-ISSN 2338-7610

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk, percepatan ekonomi dan perkembangan industri merupakan sumber polusi lingkungan, terutama di negara-negara berkembang. Kondisi ini menimbulkan berbagai masalah lingkungan baik di daratan maupun di perairan. Industri sangat penting untuk pertumbuhan ekonomi, membuka lapangan kerja dan mengurangi kemiskinan. Namun demikian, kegiatan industri tersebut dapat menyebabkan timbulnya polutan yang mencemari lingkungan, baik udara, daratan maupun perairan apabila limbah industri tidak ditangani dengan baik. Pencemaran tersebut dapat berupa bau yang kurang sedap, peningkatan kadar senyawa organik, peningkatan BOD, COD, DO dan logam berat. Zat yang dapat mencemari lingkungan air salah satunya adalah logam berat (Argawala, 2006)

Kaligarang merupakan salah satu sungai yang terletak di kota Semarang, termasuk prioritas sasaran Program Kali Bersih di Propinsi Jawa Tengah. Sungai Kaligarang airnya digunakan sebagai sumber air baku untuk air minum Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) kota Semarang, dan sebelum masuk di tempat penjernihan air PDAM juga di gunakan untuk pertanian, rumah tangga dan industri. Kaligarang memberikan suplai air dominan bagi kota Semarang. Penduduk di sekitar sungai, terutama daerah hilir banyak yang memanfaatkan sebagai tempat untuk mencari ikan untuk lauk pauk sehari-hari maupun untuk di perjual belikan. Sementara itu sebagian penduduk saat ini tidak mau menggunakannya lagi untuk air minum, karena mereka takut terkena dampak toksisitas logam berat; mereka memilih menggunakan air kemasan untuk keperluan minum maupun memasak. Zat pencemar bisa masuk ke dalam air karena alami dan non alami. Pencemaran non alami disebabkan oleh aktivitas manusia berupa kegiatan pabrik.

Kaligarang letaknya memanjang di sebelah barat kota Semarang, hulunya berada di gunung Ungaran dan hilirnya menyatu dengan sungai banjir kanal barat kota Semarang. Sungai tersebut di daerah Pegandan, tepatnya di Tugu Soeharto, bertemu dengan aliran sungai Kreo dan sungai Kripik. Badan Lingkungan Hidup Jawa Tengah

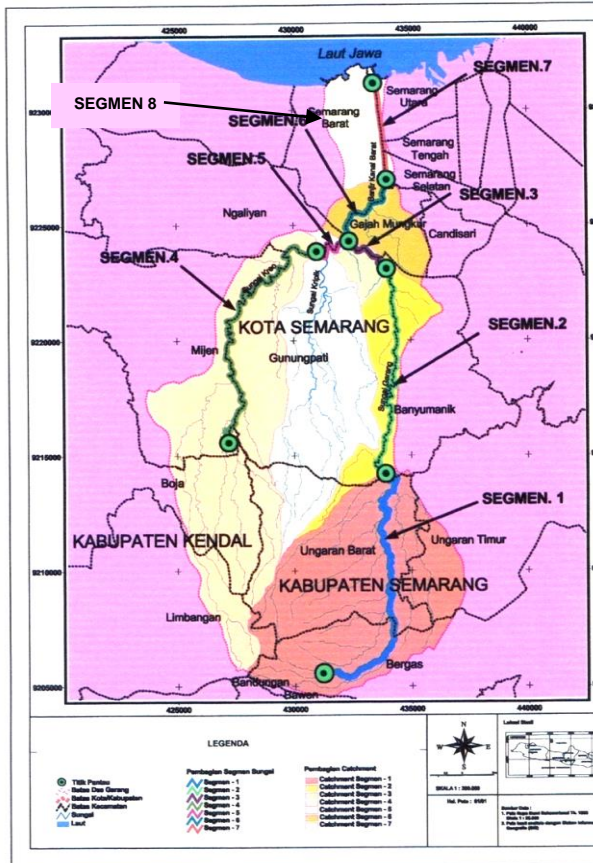
(2010) dalam penelitiannya menemukan adanya kandungan logam berat Timbal, Merkuri dan Kadmium pada sedimen aliran sungai Kreo yang berasal dari lindi (*leachate*) Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang Semarang, sehingga sangat dimungkinkan logam-logam berat tadi sampai di aliran sungai Kaligarang dan mencemari air sungai tersebut.

Pengembangan berbagai aktifitas industri di sekitar Kaligarang yang menggunakan logam berat Cd, Pb dan Hg menyebabkan unsur ini mencemari air sungai. Apabila terjadi kenaikan konsentrasi substansia logam berat Cd, Pb dan Hg dibadan perairan, maka memungkinkan dapat tercapainya tingkat konsentrasi toksik bagi kehidupan akuatik; sehingga berpotensi sebagai polutan berbahaya. Akibatnya ikan yang ada di perairan tersebut dapat mengakumulasikan Cd, Pb dan Hg, sehingga dalam jangka panjang ikan-ikan akan mengalami keracunan kronis. Kadmium, Timbal dan Merkuri bersifat toksik, *karsinogenik, bioakumulatif dan biomagnefikasi* (Miller 2007; Plaa 2007).

Berdasarkan hal-hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kualitas fisikokimia air sungai Kaligarang serta kadar logam berat pada ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.) yang hidup di sungai tersebut, sehingga hasilnya dapat dijadikan masukan pada pihak-pihak terkait dalam menentukan kebijakan di lapangan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen lapangan dengan rancangan *pretest and posttest control group design*, dilakukan selama 1,5 bulan pada musim peralihan antara kemarau dan penghujan. Lokasi penelitian di sungai Kaligarang bagian hilir pada segmen 6 (Gambar 1). Lokasi ini digunakan untuk penempatan Karamba Jaring Apung (KJA). Bagian hilir segmen 6 dipilih untuk perlakuan karena lokasinya paling memungkinkan untuk budidaya ikan menggunakan karamba. Lokasi ini airnya relatif tenang, arus air tidak begitu besar, tempat penduduk sekitar mencari ikan, dan merupakan tempat bertemunya limbah industri yang berdiri di sepanjang sungai.



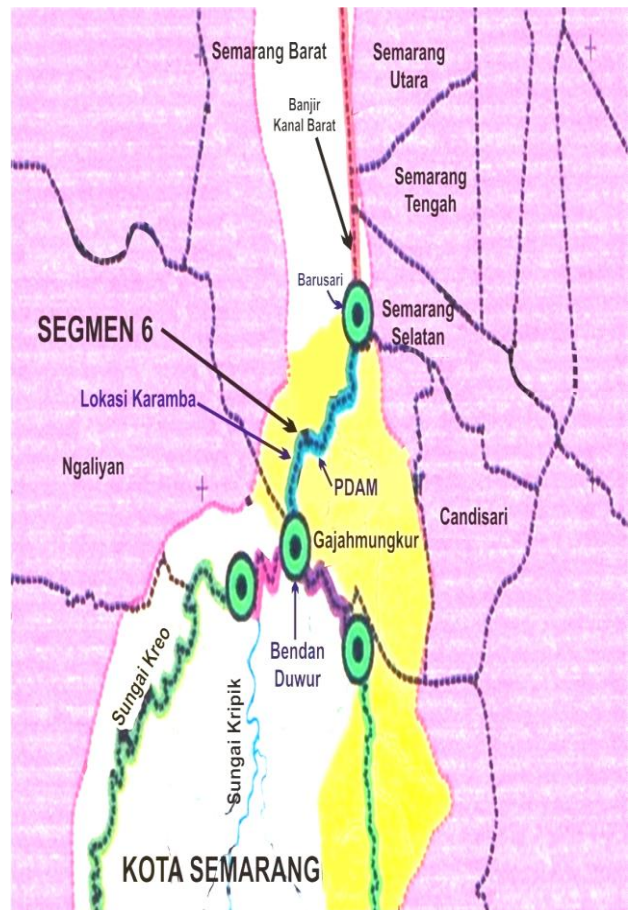
Sumber : Peraturan Gubernur Jawa Tengah No. 156 Tahun 2010, tanggal 14 Desember 2010

Keterangan :

1. Air sungai menerima limbah dari daerah Semarang/daerah hulu
2. Air sungai menerima limbah industri baja “Raja Besi” dan daerah hulu
3. Air sungai menerima limbah daerah Kaligarang atas/hulu-tengah
4. Air sungai menerima limbah Kreo dan Kaligarang atas/hulu-tengah
5. Air sungai tempat pembuangan limbah industri keramik/ubin
6. Air sungai tempat pembuangan limbah ISTW (Industri Baja dan Seng)
7. Air Kaligarang yang digunakan sebagai sumber air baku air minum PDAM Tirto Moedal jalan Kelud Raya
8. Air sungai tempat pembuangan limbah industri: kayu lapis “Semarang Makmur”, tekstil

Gambar 1. Peta Segmen Sungai Kaligarang (BLH Kota Semarang, 2010)

Adapun Sampel air diambil dari bagian hilir segmen 6 sungai Kaligarang. Sedangkan sampel untuk analisis kandungan logam berat (Pb, Cd dan Hg) adalah ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.), masing-masing sebanyak 100 ekor. Pengambilan sampel dilakukan setelah satu setengah bulan ikan berada di KJA.



Segmen 6 terletak di Kelurahan Petompon Kecamatan Gajahmungkur; Lokasi Karamba terletak ± 200 m dari sumber air yang diambil PDAM; Segmen 6 memanjang dari Bendan Duwur sampai Plered (Kelurahan Barusari)

Gambar 2. Kaligarang Segmen 6

Analisis fisiko-kimia meliputi suhu, pH, dan salinitas diukur secara in-situ menggunakan alat Horiba U10, sedangkan DO (*dissolved oxygen*) diukur menggunakan metode Winkler dan alkalinitas diukur dengan metode titrasi di laboratorium.

Analisis Kadar Pb, Cd dan Hg di perairan dan pada sampel ikan mas (*Cyprinus carpio* L.) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus* L.) diukur menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (*Atomic Absorption Spectrophotometry*)/SAA model Buck scientific 200A *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kaligarang dari hilir ke hulu berturut-turut tersaji pada tabel 1.

Hasil penelitian di lapangan tentang pengukuran kualitas fisiko kimia air sungai

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kualitas Fisikokimia Air Kaligarang

Parameter	Hasil Pengukuran								Baku Mutu Air Kelas I (PP No. 82/2001)	Baku Mutu Air Kelas III (PP No. 82/2001)
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Suhu (°C)	27,7	27,8	27,7	28,0	28,0	28,0	27,8	28,0	Suhu Udara ± 3	Suhu Udara ± 3
Ph	7,89	7,06	7,68	7,62	7,49	7,62	,53	7,75	6 - 9	6 - 9
DO mg/L	7,48	5,02	7,12	5,66	5,15	5,29	7,02	4,91	6	3
Cd (mg/L)	0,03	0,014	0,005	0,003	0,004	0,006	0,015	0,018	0,01	0,01
Pb (mg/L)	0,019	,012	0,018	0,023	0,015	0,010	0,012	0,024	0,03	0,03
Hg (mg/L)	0,0005	0,0006	0,0004	0,0006	0,0006	0,0006	0,0004	0,0005	0,001	0,002

Suhu: Selama penelitian suhu perairan Kaligarang bervariasi antara 26,0 - 27,5°C. Suhu sangat berperan dalam proses metabolisme tubuh ikan. Secara umum peningkatan suhu dapat menurunkan daya tahan tubuh ikan terhadap racun. Hal ini sesuai dengan pendapat dari Miller (2007) dan Argawala (2006) bahwa akumulasi Cd pada tubuh ikan selain dipengaruhi oleh faktor fisiologis ikan dan sifat fisika kimia logam berat tersebut, juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu perairan.

Suhu adalah suatu faktor fisik lingkungan yang bekerja bukan mempengaruhi reaksi senyawa logam berat di lingkungan perairan, melainkan mempengaruhi aktivitas mikro biota air terhadap logam berat tersebut (Argawala, 2006). Lebih lanjut dikatakan bahwa toleransi ikan terhadap temperatur berbeda-beda tergantung pada jenis spesies, stadium pertumbuhan, aklimasi, DO, jenis dan tingkat pencemaran, lamanya lingkungan terkena panas dan musim.

Suhu air sungai yang relatif tinggi biasanya ditandai dengan munculnya ikan dan hewan air lainnya ke permukaan untuk mendapatkan oksigen. Ikan yang berada di dalam air yang suhunya tinggi akan meningkat kecepatan respirasinya, sehingga menurunkan jumlah oksigen yang terlarut di air, dan dapat mengakibatkan matinya ikan maupun hewan air lainnya (Sunu 2001; Supriharyono 2009). Berubahnya temperatur baik naik maupun turun yang berlangsung secara mendadak sering kali

bersifat letal bagi organisme perairan, terutama ikan, yang sering disebut sebagai guncangan temperatur (*thermal shock*). Akibat lebih lanjut adalah terjadinya perubahan-perubahan ekologi serta kekacauan ekosistem lingkungan perairan yang bersangkutan (Miller 2007).

Menurut Wardhana (2004) efek-efek merugikan akibat kenaikan suhu adalah : Guncangan temperatur; Meningkatnya kepekaan organisme akuatik terhadap parasit, penyakit serta toksin-toksin kimia; Menurunnya kadar oksigen perairan, sementara kenaikan suhu akan menaikkan pula kebutuhan organisme akan oksigen; Meningkatnya derajat eutrofikasi, sebab kenaikan suhu dan penurunan kandungan oksigen akan memungkinkan berkembangnya ganggang hijau, biru yang tidak diinginkan tumbuh dengan leluasa; Menurunnya daya tahan hidup ikan-ikan muda yang mempunyai toleransi suhu yang lebih rendah; Terganggunya rantai makanan oleh hilangnya satu atau berbagai spesies kunci, terutama plankton, pada tingkat trophik rendah pada rantai makanan; dan Perubahan komposisi spesies ke arah spesies yang tidak diinginkan.

Derajat keasaman (pH) perairan Kaligarang mengandung pH antara 6 - 7, berarti air sungai tersebut derajat keasamannya normal. Argawala (2006) & Plaa (2007) mengatakan bahwa pada kondisi perairan yang bersifat asam, ion-ion logam berat dibebaskan ke dalam perairan terutama ion Cd⁺⁺, Pb⁺⁺ dan Hg⁺⁺ yang bersifat iritan dan toksik terhadap biota perairan termasuk ikan-ikan yang

hidup di dalamnya. Sebaliknya jika pH meningkat sampai pH 8,5-11, dalam keadaan demikian yang bersifat toksik adalah Cd, Pb dan Hg yang terlarut diperairan. Dengan demikian pada penelitian ini pH perairan Kaligarang tidak berpengaruh terhadap kehidupan ikan, namun sifat toksik Cd, Pb dan Hg di perairan sangat berpengaruh terhadap kehidupan ikan. Toksik yang ada didalam air akan mempengaruhi kinerja enzim yang ada di dalam tubuh ikan.

Pengaruh pH terhadap toksisitas bagi mikroorganisme menunjukkan bahwa toksisitasnya meningkat sejalan dengan kenaikan pH. Kenyataan ini diduga merupakan akibat menurunnya kompetisi antara ion Cd, Pb maupun Hg dengan ion-ion hidrogen dengan naiknya pH larutan (Argawala 2006).

Ikan dapat menyesuaikan diri dengan perubahan-perubahan pH perairan yang masih dalam batas normal toleransinya; tetapi ikan akan memilih suatu perairan yang mempunyai pH paling sesuai bagi kehidupannya jika ada kesempatan untuk memilih (Supriharyono 2009, Miller 2007). Batas toleransi organisme akuatik adalah di antara pH 5-9, maka jika ada polutan yang mengganggu sistem buffer perairan tersebut akan dapat menimbulkan gangguan yang serius bagi organisme akuatik. Salah satu pertahanan ikan untuk menghadapi toksisitas air adalah lendir yang menempel pada tubuh ikan.

Oksigen terlarut (DO) di air sungai Kaligarang berkisar antara 4,91 - 7,48 mg/L. Kandungan O₂ terlarut dalam suatu perairan mempengaruhi daya tahan organisme akuatik terhadap pengaruh letal suatu kontaminan. Rendahnya Cd pada daerah hulu dikarenakan tingginya kecepatan aliran dan turbulensi sehingga akan meningkatkan oksigenase yang dapat menekan tingkat pencemaran yang terjadi. Oksigen terlarut dibutuhkan untuk melakukan purifikasi dengan cara mengoksidasi bahan organik. Efek dari kesulitan bernafas akan merangsang organisme untuk mengikat sel darah merah, hematokrit dan hemoglobin untuk meningkatkan mekanisme transisi oksigen di dalam tubuh.

Air yang masuk ke celah insang mengandung pencemar yang bersifat toksik, maka akan langsung mengenai insang dan merusak sel-sel penyusunan insang. Kerusakan pada sel-sel

Oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) merupakan parameter mutu air yang sangat penting, karena nilai oksigen terlarut dapat menunjukkan tingkat pencemaran di perairan atau tingkat pengolahan air limbah. Besarnya nilai oksigen terlarut dalam suatu perairan akan menentukan kesesuaian kualitas air sebagai sumber kehidupan (Sunu 2001). Banyaknya oksigen terlarut menunjukkan kemampuan badan perairan di dalam mengelola kadar minimal oksigen. Oksigen terlarut dalam air dapat berasal dari atmosfer, atau proses *fotosintesis* tumbuhan air. Jumlah oksigen terlarut dalam air tergantung pada suhu, tekanan atmosfer dan kadar mineral dalam air (Argawala 2006; Miller 2007).

Pada lingkungan perairan yang tidak tercemar, kadar minimum DO sebesar 5 ppm sudah cukup untuk mendukung beberapa aktivitas kehidupan yang normal seperti pertumbuhan juvenil, fecunditas, bertelur dan kelangsungan hidup bagi beberapa spesies ikan (Supriharyono 2009, Argawala 2006, Wardhana, 2004). Sedangkan banyak sedikitnya oksigen yang dikonsumsi organisme tergantung dari jenis, stadium, dan aktivitas dari organisme tersebut.

Alkalinitas di lokasi penelitian sebesar 300 mg/l; sedangkan nilai alkalinitas yang memenuhi syarat untuk budidaya ikan antara 250-300 mg/l (Sunu 2001, Argawala 2006). Nilai alkalinitas lebih besar dari 500 mg/l menunjukkan bahwa perairan memiliki produktivitas rendah, 200-500 mg/l perairan produktif, 50-200 mg/l produktivitas sedang, 10-50 mg/l perairan kurang produktif dan 0-10 mg/l tidak dapat dimanfaatkan (Supriharyono, 2009). Dengan demikian nilai alkalinitas pada lokasi penelitian masih memenuhi syarat untuk kehidupan ikan.

Alkalinitas menggambarkan kandungan basa. Pada perairan yang tercemar nilai alkalinitas menggambarkan basa dan hidroksil. Sedangkan pada perairan yang alami dan normal nilai alkalinitas terutama menggambarkan nilai kebasaaan dari karbonat dan bikarbonat. Nilai alkalinitas yang memenuhi syarat untuk budidaya ikan antara 20-300 mg/l (Sunu 2001; Argawala 2006). Nilai alkalinitas lebih besar dari 500 mg/l menunjukkan bahwa perairan memiliki produktivitas rendah, 200-500 mg/l perairan produktif, 50-200 mg/l produktivitas sedang, 10-

50 mg/l perairan kurang produktif dan 0-10 mg/l tidak dapat dimanfaatkan (Supriharyono, 2009).

Hasil penelitian di Kaligarang menunjukkan bagian hulu sungai mempunyai kesadahan 153 mg/l, bagian hilir sungai 106 mg/l. Di lingkungan perairan yang sadah logam berkurang toksisitasnya terhadap ikan, karena logam-logam bebas akan terikat dengan anion kalsium pada suatu kondisi kesadahannya. Argawala (2006) mengatakan bahwa komponen air sadah yang mengatur toksisitas Cd, Pb dan Hg adalah Calsium; sedangkan nilai kesadahan yang memenuhi syarat untuk kehidupan ikan berkisar antara 150 – 300 mg/l. Miller (2007) mengemukakan bahwa efek racun Cd, Pb dan Hg berhubungan dengan tingkat kesadahan air. Peningkatan kesadahan dapat mengurangi toksisitas Cd, Pb dan Hg terhadap ikan, yang terlihat dengan menurunnya mortalitas pada peningkatan kesadahan. Hal ini diduga karena adanya peranan kesadahan terhadap pengikatan dan pengendapan Cd.

Kecerahan air Kaligarang berkisar antara 12 - 25 cm. Kecerahan tertinggi diperoleh pada hulu dan terendah pada hilir. Kecerahan bagian hulu relatif tinggi karena pada bagian hulu belum terganggu, sehingga air masih bersih dengan dasar sungai berupa pasir dan kerikil. Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan pada waktu bulan Mei dengan curah hujan relatif tinggi, sehingga tingginya kekeruhan pada bagian hilir yang mempunyai substrat dasar berupa lumpur dan pasir disebabkan adanya erosi dan masuknya partikel tanah dan bahan-bahan terlarut lainnya. Miller (2007) mengatakan bahwa kekeruhan di sungai tidak sama sepanjang tahun, air akan sangat keruh pada musim penghujan karena aliran maksimum tertinggi terjadi pada saat aliran air maksimal atau pada waktu musim penghujan. Selain berpengaruh terhadap kekeruhan curah hujan yang tinggi juga berpengaruh terhadap pengenceran Cd yang ada pada perairan sungai.

Dari hasil pengukuran kecepatan arus Kaligarang di dapat hasil kecepatan arus antara 1,5 – 5 m/det. Kecepatan arus di Daerah Petompon relatif lambat dibandingkan dengan kecepatan arus daerah sebelumnya. Hal ini disebabkan karena perairan pada bagian hilir tersebut relatif landai dibandingkan dengan stasiun-stasiun sebelumnya. Oleh karena itu bagian hilir sangat memungkinkan

untuk budidaya ikan menggunakan karamba jaring apung. Daerah Ungaran mempunyai ketinggian tempat 335 mdpl dengan kemiringan 14 – 41 % mempunyai perbedaan arus dengan daerah hilir yang mempunyai ketinggian 9 dpl dengan kemiringan 0 – 3% (BLH 2010). Kecepatan arus pada daerah dataran tinggi cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan dataran rendah.

Kisaran nilai kualitas fisikokimia air Kaligarang yang diperoleh dalam pengukuran selama penelitian, yang tersaji pada Tabel 1, apabila dibandingkan dengan nilai Baku Mutu parameter kualitas fisikokimia perairan untuk kehidupan ikan ternyata kualitas fisikokimia air uji pada umumnya masih berada dalam kisaran yang layak bagi kehidupan ikan menurut (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air). Namun air sungai tersebut terkontaminasi oleh logam berat Cd, Pb dan Hg sehingga perlu diwaspadai penggunaannya sebagai air minum maupun sebagai tempat budidaya ikan; karena logam berat bersifat toksik, *karsinogenik, bioakumulasi dan biomagnefikasi* sehingga berbahaya bagi kesehatan tubuh (Miller 2007; Plaa 2007).

Hasil analisis kadar logam berat menunjukkan rerata kadar Cd, Pb dan Hg di perairan masing-masing sebesar 0,006 mg/L, 0,01 mg/L dan 0,0006 mg/L, sehingga masih di bawah nilai Baku Mutu Cd, Pb dan Hg untuk air sungai kelas I. Baku Mutu Cd, Pb dan Hg untuk air sungai kelas I masing-masing adalah 0,01 mg/L, 0,03 mg/L dan 0,001 mg/L.

Adapun rerata nilai akumulasi Cd pada hati ikan nila adalah sebesar (0,000407±0,000028) mg/kg. Sedangkan pada ikan mas rerata nilai akumulasi Cd adalah sebesar (0,000307±0,000038) mg/kg. Rerata nilai akumulasi logam Pb pada hati ikan nila adalah sebesar (0,000812±0,000092) mg/kg. Sedangkan pada hati ikan mas rerata nilai akumulasi Pb adalah sebesar (0,000269±0,000026) mg/kg. Rerata nilai akumulasi logam Hg pada hati ikan nila adalah sebesar (0,000575±0,000021) mg/kg. Sedangkan pada hati ikan mas rerata nilai akumulasi Hg adalah sebesar (0,000349±0,000030) mg/kg. Besarnya akumulasi logam Cd, Pb dan Hg pada hati ikan mas dan ikan

nila di perairan yang terpajan logam berat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Akumulasi Logam Berat Cd, Pb dan Hg pada Hati Ikan Nila dan Ikan Mas

Jenis ikan	Rerata kadar Cd (mg/kg)	Rerata kadar Pb (mg/kg)	Rerata kadar Hg (mg/kg)
Ikan nila	(0,000407±0,000028)	(0,000812 ± 0,000092)	(0,000575 ± 0,000021)
Ikan mas	(0,000307±0,000038)	(0,000269 ± 0,000026)	(0,000349 ± 0,000030)

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa logam berat telah mengalami *biokonsentrasi* dan *bioakumulasi* pada hati ikan mas dan ikan nila. Kemampuan ikan dalam mengakumulasi-logam berat berbeda, ikan nila mengakumulasi-logam berat lebih besar daripada ikan mas. Hal ini diduga karena ikan mas lebih sensitif terhadap logam berat dibandingkan dengan ikan nila. Ikan mas merupakan ikan yang rentan terhadap logam berat, sehingga sesaat begitu logam berat diabsorpsi oleh tubuh dan ditransportasikan kehati langsung diikat oleh protein (*thionein*) membentuk *metallothionein* dan *didetoksifikasi* oleh hati serta ditransportasikan ke ginjal untuk diekskresikan. Pengikatan logam berat oleh *thionein* tersebut dipercaya sebagai mekanisme pertahanan dan perlindungan yang mencegah logam tersebut mempengaruhi protein-protein penting dalam proses metabolisme tubuh (Miller 2007; Katzung 2007). Hasil yang diperoleh dari data konsentrasi kadmium, timbal dan merkuri pada hati ikan mas dan ikan nila menunjukkan bahwa semua variabel berdistribusi normal nilai kemaknaan/signifikansi ($p > 0,05$). Sehingga selanjutnya digunakan analisis parametrik *One Sample T-Test*.

Tabel 3. Hasil Uji One Sample T-Test Kadar Logam Berat Pada Hati Ikan Nila dan Mas

Variabel	Signifikansi/Kemaknaan (p)
Cd ikan mas	0,147
Pb ikan mas	0,087
Hg ikan mas	0,064
Cd ikan nila	0,034*
Pb ikan nila	0,120
Hg ikan nila	0,004*

* Terdapat perbedaan yang signifikan, $p < 0,05$

Uji statistik *One Sample T-Test* dilakukan untuk pengujian perbedaan data akumulasi Cd, Pb dan Hg pada hati ikan mas dan ikan nila. Hasil pengujian data penelitian menggunakan uji *One sample T-Test* disajikan pada tabel 3.

Uji *One Sample T-Test* nilai akumulasi Cd pada hati ikan mas menghasilkan nilai signifikansi sebesar $p = 0,147$ ($p > 0,05$), sedangkan pada ikan nila nilai signifikansi sebesar $p = 0,034$ ($p < 0,05$). Uji *One sample T-Test* nilai akumulasi Pb pada hati ikan mas menghasilkan nilai signifikansi sebesar $p = 0,087$ ($p > 0,05$) yang ternyata lebih besar dari 0,05. Demikian pula berdasarkan uji *One sample T-Test* nilai akumulasi Pb pada hati ikan nila menghasilkan nilai signifikansi sebesar $p = 0,120$ ($p > 0,05$). Sedangkan uji *One sample T-Test* nilai akumulasi Hg pada hati ikan mas menghasilkan nilai signifikansi sebesar $p = 0,064$ ($p > 0,05$). Adapun uji *One sample T-Test* nilai akumulasi Hg pada hati ikan nila menghasilkan nilai signifikansi sebesar $p = 0,004$ ($p < 0,05$). Data tersebut menunjukkan bahwa rerata kadar Cd, Pb dan Hg yang mengikat *thionein* pada hati ikan mas berkisar pada nilai konsentrasi yang relatif sama sedangkan pada ikan nila rerata kadar Hg dan Cd yang mampu mengikat *thionein* terjadi pada nilai konsentrasi yang berbeda; namun untuk Pb terjadi pada konsentrasi yang relatif sama untuk masing masing sampel. Hal ini diduga ada kaitannya dengan kemampuan sampel dalam *mendetoksifikasi* logam. Di samping itu juga ada kaitannya dengan kemampuan afinitas elektron dari masing-masing logam untuk berikatan dengan *thionein* membentuk *metallothionein* (Argawala 2006).

SIMPULAN

Kualitas fisikokimia air Kaligarang, yakni suhu, oksigen terlarut, pH, serta alkalinitas, kesadahan, kecerahan dan kecepatan arus masih memenuhi syarat untuk budidaya ikan; berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Namun air sungai Kaligarang terkontaminasi logam berat Cd, Pb dan Hg dan

ikan yang hidup di sungai tersebut telah mengakumulasi-kannya ketiga logam berat tadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Argawala, S.P. (2006). *Environmental Studies*. Narosa Publishing House PVT. LTD. New Delhi Chennai Mumbai Kolkata.
- Badan Lingkungan Hidup Kota Semarang. (2010). *Laporan Status Lingkungan Hidup Kota Semarang Tahun 2010*. BLHD Kota Semarang.
- Katzung B.G. (2007). *Basic and Clinical Pharmacology*, 10th Ed (International Ed), Boston, New York:Mc.Graw Hill.P.1-10
- Klaassen C.D. 2001. *Csarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*, 6th Ed. Mc. Graw Hill, New Yorks.
- Laws, E.A. (2000). *Aquatic Pollution, An Introductory Text*. John Wiley and Sons. New York.
- Miller, T.G, Jr. (2007). *Living in The Environment : Principle, Connection and Solutions*. Singapore: Thompson Brooks/Cole.
- Plaa G.L. (2007). *Introduction to toxicology:Occupational & Environmental*. In Katzung B.G. (ed): *Basic & Clinical Pharmacology*, 10th Ed (International Ed), Boston, New York: Mc Graw Hill p. 958-970.
- Sunu, P. (2001). *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. P.T. Gramedia Widia Sarana Indonesia. Jakarta
- Supriharyono. (2009). *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Wardhana, W. A. (2004). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Andi, Yogyakarta.