

Kajian beban pencemaran dan kapasitas asimilasi terhadap kandungan logam berat Pb dan Zn pada daging ikan mas dan nila di perairan Waduk Cirata, Jawa Barat

Ani Widiyati✉, Estu Nugroho, Kusdiarti

Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar Bogor

✉ Jln. Raya Sempur No. 1, Bogor

e-mail: brpbat@dkp.go.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung beban pencemaran dan kapasitas asimilasi dari logam berat Pb dan Zn terhadap kandungan logam berat Pb dan Zn dalam daging ikan mas dan ikan nila di perairan Waduk Cirata, Jawa Barat. Pengumpulan data dilakukan secara *in situ* dan *ex situ*. Variabel yang diamati adalah kandungan Pb dan Zn dalam air dan daging ikan. Nilai kapasitas asimilasi dibuat dengan membuat grafik hubungan antara parameter yang diukur di muara sungai dengan parameter di perairan waduk dengan baku mutu air yang sudah ditetapkan. Nilai beban pencemaran Pb dan Zn adalah 64,13 dan 14,40 ton/bulan. Nilai kapasitas asimilasi dari Pb dan Zn digambarkan dengan persamaan regresi $y = 23,79x - 1478,83$ $R^2 = 0,94$; $y = 7,33x - 37,09$; $R^2 = 0,97$ dan $y = 7,33x - 37,09$, $R^2 = 0,97$. Kandungan logam berat Pb dalam daging ikan mas dan nila belum melewati ambang batas yang disarankan oleh Badan POM; sedangkan kandungan Zn pada daging ikan mas dan nila telah melewati ambang batas yang disarankan oleh Badan POM.

Kata kunci: beban pencemaran, kapasitas asimilasi, logam berat.

Pendahuluan

Waduk Cirata telah menghadapi masalah yang cukup serius yaitu penurunan kualitas perairan akibat adanya pencemaran baik bahan organik maupun anorganik. Pencemaran anorganik diantaranya pencemaran oleh logam berat. Daerah aliran sungai (DAS) Citarum merupakan sumber air terbesar yang masuk ke waduk Cirata, melingkupi wilayah 3 kabupaten yaitu Kabupaten Bandung, Purwakarta dan Cianjur.

Keberadaan logam berat di perairan bersumber dari limbah industri, limbah perkotaan, pertanian, dan pertambangan. Logam berat Hg, Pb, dan Cd adalah jenis logam berat yang berbahaya untuk makhluk hidup (Darmono, 1995). Oginawati (2004) mencatat bahwa kandungan merkuri (Hg) di perairan waduk Cirata telah melewati ambang batas, sedangkan pada endapan sedimennya tercatat bahwa selain Hg juga Kadmium (Cd) telah melebihi ambang batas. Logam yang dapat menyebabkan keracunan adalah jenis logam yang termasuk logam esensial seperti Cu, Zn, Se dan yang non esensial seperti Hg, Pb, Cd dan As. Toksisitas logam pada makhluk hidup umumnya disebabkan logam berat non esensial, namun tidak menutup kemungkinan adanya keracunan logam esensial jika melebihi dosis (Darmono, 1995). Akumulasi logam berat pada ikan dapat terjadi karena adanya kontak antara medium yang mengandung bahan toksik dengan ikan. Logam berat masuk ke dalam tubuh organisme perairan melalui tiga jalur yaitu lewat makanan, insang, dan difusi melalui permukaan kulit (Poels, 1983). Manahan (2002) menyatakan bahwa akumulasi logam berat dalam tubuh organisme perairan dipengaruhi faktor konsentrasi logam berat dalam air dan sedimen, jenis organisme, umur dan nilai pH air. Semakin rendah pH air maka kelarutan logam berat semakin tinggi.

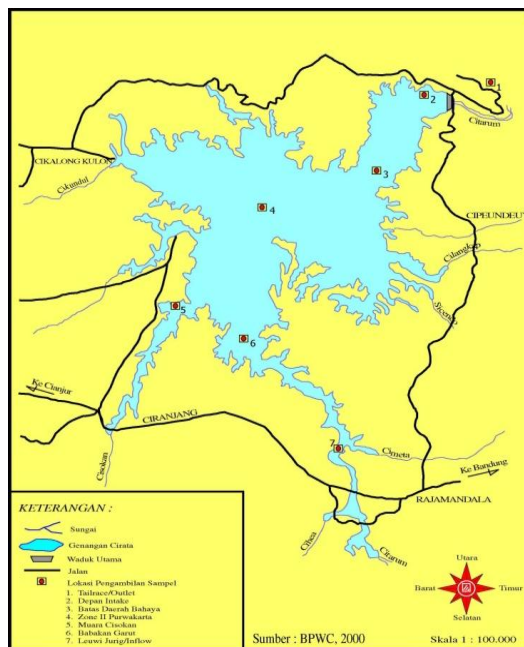
Penelitian ini bertujuan untuk menghitung beban pencemaran dan kapasitas asimilasi kandungan logam berat (Pb, Zn) di perairan Waduk Cirata terhadap kandungan logam berat Pb dan Zn dalam daging ikan mas dan nila.

Bahan dan metode

Penelitian dilakukan di Waduk Cirata, Jawa Barat pada tahun 2009. Sampel diperoleh dari 8 titik lokasi (Gambar 1), dengan titik koordinat disajikan pada Tabel 1. Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Pengambilan data primer adalah pengukuran parameter Pb dan Zn diambil pada permukaan perairan (0,2 meter; 5 meter dan dasar perairan), dengan 3 kali ulangan. Metode analisis pengukuran parameter penelitian disajikan pada Tabel 2. Data sekunder meliputi sumber pencemar dan data parameter yang diukur dua tahun sebelumnya (2007-2008). Analisis beban pencemaran membutuhkan parameter debit sungai (Q) dan konsentrasi limbah (C); selanjutnya data dihitung berdasarkan model Garuo (2002) yakni:

$$BP = \sum Q_i \times C_i \times 3600 \times 24 \times 30 \times 1 \times 10^{-6}$$

BP = beban pencemaran yang berasal dari sungai (ton/bulan)
 Q_i = debit sungai ke-i (m³/detik)
 C_i = konsentrasi limbah parameter ke-i (mg/l)



Gambar 2. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Air di Waduk Cirata

Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel parameter Pb dan Zn di perairan Waduk Cirata

Tabel 1. Metode analisis pengukuran logam berat Pb dan Zn

No.	Parameter	Satuan	Metode analisis
1	Logam berat Pb	ppm	AAS
2	Logam berat Zn	ppm	AAS
3	Logam berat Pb, Zn pada daging ikan mas dan nila	ppm	AAS

Nilai beban pencemaran digunakan untuk mencari nilai kapasitas asimilasi yaitu dengan cara membuat grafik hubungan antara konsentrasi masing-masing parameter di perairan waduk dengan total beban pencemaran parameter di muara sungai. Jika pola hubungan tersebut direferensikan terhadap standar baku mutu (PP No 82 tahun 2001), maka diperoleh nilai kapasitas asimilasi wilayah perairan terhadap suatu parameter limbah tertentu.

Pencemaran di waduk secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$y = f(x)$$

Secara matematis persamaan regresi linier adalah :

$$y = a + bx$$

dimana :

x = nilai parameter di sungai

y = nilai parameter di perairan waduk

a = nilai tengah/rataan umum

b = koefisien regresi untuk parameter di sungai

Peubah x merupakan jumlah nilai dari seluruh muara yang diamati untuk parameter tertentu dan y merupakan nilai parameter di perairan waduk.

Hasil dan pembahasan

Beban pencemaran dan kapasitas asimilasi Pb dan Zn

Beban sumber pencemaran pada badan air merupakan jumlah bahan yang dihasilkan dari sumber yang dapat diketahui, seperti limbah industri dan yang tidak diketahui sumbernya secara pasti yang masuk ke perairan bersama air hujan dan limpasan air permukaan (Husin & Eman, 1991; Manan, 1992). Beban pencemaran dihitung untuk mengetahui dan mengidentifikasi besarnya beban pencemaran yang masuk ke dalam perairan Waduk Cirata.

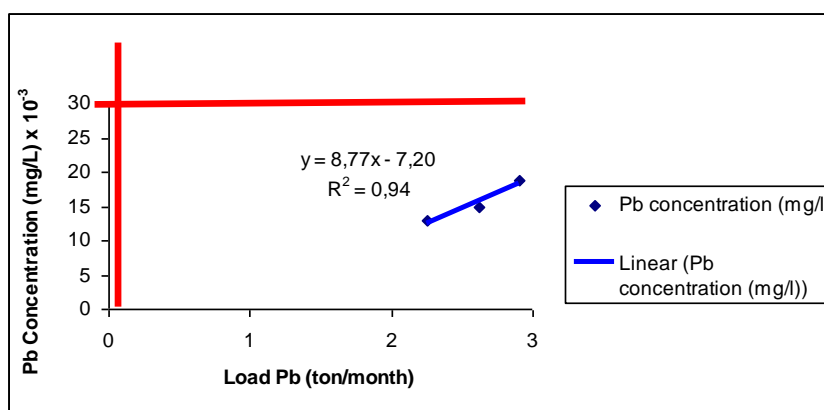
Perairan waduk memiliki kemampuan menampung beban pencemaran sampai pada batas-batas tertentu. Kemampuan ini dipengaruhi oleh proses pengenceran dan perombakan yang terjadi di dalamnya. Kapasitas asimilasi didefinisikan sebagai kemampuan air atau sumber air dalam menerima beban pencemar limbah tanpa menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air yang ditetapkan sesuai peruntukannya. Apabila beban limbah yang masuk ke perairan melebihi kemampuan asimilasinya, maka kondisi ini dapat menyebabkan terjadinya pencemaran. Jika kapasitas asimilasi belum terlampaui, menunjukkan bahwa beban pencemar yang masuk masih tergolong rendah, dimana beban yang masuk akan mengalami proses difusi atau dispersi atau penguraian di dalam lingkungan perairan waduk. Hal ini ditandai oleh nilai konsentrasi parameter beban pencemar yang masih di bawah nilai ambang batas baku mutu air. Begitu juga sebaliknya, jika nilai kapasitas asimilasinya telah melebihi kemampuan asimilasinya, maka kondisi ini dapat menyebabkan terjadinya pencemaran.

Data perhitungan regresi (fungsi y), beban pencemaran dan kapasitas asimilasi logam berat Pb dan Zn 2007-2009 dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Persamaan regresi yang terbentuk merupakan hubungan beban pencemaran di muara sungai dengan kualitas air di Waduk Cirata dalam jangka waktu 3 tahun (tahun 2007-2009). Tabel 2 memperlihatkan hasil perhitungan beban pencemaran dan kapasitas asimilasi parameter logam berat Pb dan Zn dari Waduk Cirata. Beban pencemaran logam berat Pb dan Zn masing-masing sebesar 2,62 dan 14,40 ton/bulan; sedangkan kapasitas asimilasinya masing-masing sebesar 13 dan 9 ton per bulan.

Tabel 2. Beban pencemaran dan kapasitas asimilasi Pb dan Zn di perairan Waduk Cirata

No.	Parameter	Fungsi y	R ²	Beban pencemaran (ton/bulan)	Kapasitas asimilasi (ton/bulan)
1	Pb	$y = 7,33x - 37,09$	0,94	2,62	13,00
2	Zn	$y = 7,33x - 37,09$	0,97	14,40	9,00

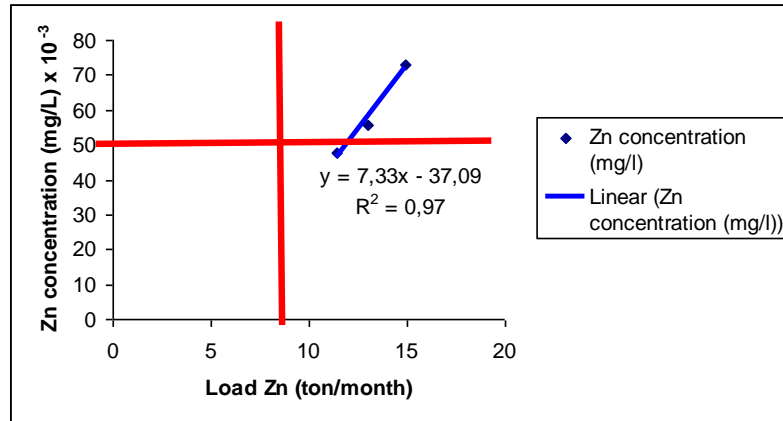
Kapasitas asimilasi Pb di perairan Waduk Cirata ditunjukkan pada Gambar 2. Hasil perpotongan garis regresi dengan garis baku mutu menghasilkan perpotongan kapasitas asimilasi sebesar 13,00 ton/bulan (Gambar 2). Hal ini mengindikasikan bahwa beban pencemaran Pb belum melewati daya dukung lingkungannya. Nilai kapasitas asimilasi untuk Pb ditentukan berdasarkan persamaan regresi $y = 8,77x - 7,20$ dan $R^2 = 0,94$.



Gambar 3. Kapasitas asimilasi Pb di perairan Waduk Cirata

Nilai kapasitas asimilasi Zn di perairan Waduk Cirata ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai kapasitas asimilasi untuk Zn ditentukan berdasarkan persamaan regresi $y = 7,33x - 37,09$ dan $R^2 = 0,97$. Hasil perpotongan garis regresi dengan garis baku mutu menghasilkan perpotongan kapasitas asimilasi sebesar 9,00 ton/bulan. Hal ini mengindikasikan bahwa beban pencemaran sudah melewati daya dukung lingkungannya.

Sumber logam berat Zn di waduk Cirata diduga berasal dari buangan limbah industri tekstil di sepanjang DAS Citarum. Logam berat Pb diduga berasal bocoran drum yang digunakan sebagai pelampung serta dari bahan bakar perahu motor yang digunakan sebagai sarana transportasi untuk mengangkut ikan dan pakan ikan di perairan Waduk Cirata. Hasil pengukuran kandungan logam berat di perairan oleh Badan Pengelola Waduk Cirata (BPWC, 2009) pada triwulan pertama dan kedua 2008 menemukan bahwa kadar Pb di sejumlah lokasi penelitian mencapai 0,04 miligram (mg) per liter dan 0,11 mg per liter pada triwulan kedua; kadar Zn mencapai 0,03 mg per liter pada triwulan pertama. Padahal, ambang batas ideal untuk air baku minum, perikanan, dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Barat Nomor 39 Tahun 2000 tentang Baku Mutu Air adalah 0,02 mg per liter untuk Zn dan 0,03 mg per liter untuk Pb (BPWC, 2003). Kandungan logam berat di Waduk Cirata tersebut sudah melewati baku mutu air yang diperbolehkan. Kandungan Logam berat yang tinggi di perairan terakumulasi di dalam tubuh organisme dan akan tetap tinggal dalam jangka waktu lama sebagai racun (Lestari dan Edward, 2004).



Gambar 3. Kapasitas asimilasi Zn di perairan Waduk Cirata

Kandungan logam berat pada ikan konsumsi (mas dan nila)

Berdasarkan hasil analisis pada penelitian ini, logam berat yang ditemukan pada daging ikan mas dan nila dari 8 stasiun adalah logam Cu, Zn, Pb, Cd dan Hg. Pada daging dan organ hati ikan mas Logam berat Pb dan Hg ditemukan pada daging dan hati ikan mas (Setijaningsih, 2009). Kandungan logam berat Pb dan Zn sudah melampaui ambang batas yang diperbolehkan oleh Badan POM yaitu 2 mg/kg daging (Tabel 3). Logam berat pada sampel ikan mas lebih besar dibandingkan pada ikan nila. Diduga penyerapan logam berat pada daging ikan mas lebih besar dibandingkan ikan nila. Jenis logam berat pada daging ikan nila yang sudah melampaui baku mutu Badan POM adalah logam Zn.

Laju absorpsi logam dalam air dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain alkalinitas (air tawar), kehadiran senyawa kimia lainnya, suhu, pH, dan besar atau kecilnya organism (Dharmono, 1995). Toleransi suatu organisme terhadap masuknya logam ke dalam tubuh tidak tergantung pada laju absorpsi saja, namun dipengaruhi juga oleh kondisi stres fisiologik (seperti pergerakan yang lambat). Kondisi stress fisiologi akan menyebabkan kenaikan absorpsi logam ke dalam tubuh.

Kandungan logam berat terbesar pada daging dan jeroan ikan mas adalah logam berat Zn sebesar 46,75 mg/kg ikan dan 104,2 mg/kg ikan dari sampel ikan yang diperoleh dari stasiun Sungai Cimeta dan outlet. Diduga hal ini disebabkan pada aliran Sungai Cimeta terdapat TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Sari Mukti yang menampung sampah se kota Bandung Raya sejak tahun 2005, sehingga ada resapan air lindi berbagai sampah masuk ke perairan Sungai Cimeta. Daerah outlet merupakan percampuran berbagai sumber air beserta limbah yang masuk ke Waduk Cirata, sehingga diduga kandungan logam berat perairan cukup tinggi (Tabel 3). Kandungan logam berat terbesar pada ikan nila dan jeroannya adalah 7,84 mg/kg ikan dan 84,15 mg/kg ikan. Mineral Zn dibutuhkan manusia sekitar 2 gram per harinya. Zn dalam tubuh sangat essensial bagi enzim dan berfungsi membantu pertumbuhan (Olson, 1988). Zn juga membantu dalam penyembuhan luka dan diperlukan juga untuk mobilisasi vitamin A dari tempat penyimpanannya di hati (William & Caliendo, 1984). Kandungan Zn dalam jumlah yang berlebihan dapat membahayakan tubuh organisme, mengakibatkan keracunan kronis maupun fatal (Katzung, 2001).

Tabel 3. Kandungan logam berat Pb dan Zn pada daging ikan (mg/kg ikan)

Stasiun	Zn		Pb	
	Mas	Nila	Mas	Nila
Outlet UP Pintu IV	29,36	7,84	0,17	0,19
Intake UP	21,3	5,75	5,98	0,11
Batas Daerah Bahaya	11,31	5,73	3,86	0,04
Zona II Purwakarta	10,33	5,92	3,0	0,12
Muara Cisokan	15,25	5,06	0,41	0,11
Muara Sungai Citarum	12,20	5,75	0,25	0,04
Badan air sungai Citarum	10,30	5,94	0,19	0,11
Muara Sungai Cimeta	46,75	6,22	0,21	0,12

Hasil analisis logam berat pada jeroan ikan mas dan nila disajikan pada Tabel 4. Kandungan logam berat jeroan baik ikan mas maupun nila lebih besar dibandingkan dengan kandungan logam berat pada daging. Hal ini disebabkan secara fisiologis organ jeroan (hati dan ginjal) berfungsi sebagai filter bahan beracun dan memungkinkan terjadinya akumulasi logam pada organ tersebut. Perbedaan konsentrasi logam pada berbagai jaringan tubuh ditentukan oleh peran spesifik dari organ untuk akumulasi, detoksifikasi dan penyimpanan dari logam tersebut (Farkas *et al.*,2000).

Tabel 5. Kandungan logam berat dalam jeroan ikan mas dan nila (mg/kg ikan)

Stasiun	Zn		Pb	
	Mas	Nila	Mas	Nila
Outlet UP Pintu IV	104,2	38,2	0,92	0,38
Intake UP	71,52	23,25	0,36	0,48
Batas Daerah Bahaya	74,97	23,24	0,44	0,31
Zona II Purwakarta	11,51	27,28	0,46	1,21
Muara Cisokan	12,6	28,92	0,36	2,2
Muara Sungai Citarum	48,09	14,29	0,34	0,96
Badan air sungai Citarum	80,42	47,2	0,45	0,87
Muara Sungai Cimeta	96,39	84,15	0,25	13,47

Kandungan logam berat di perairan Waduk Cirata disajikan pada Tabel 4. Kandungan logam berat Pb masih di bawah ambang batas baku mutu air menurut PP No.82 tahun 2001 yakni di bawah 5 ppm. Kandungan logam Zn sudah mendekati ambang batas minimum baku mutu air. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Setijaningsih (2009) bahwa kelarutan Pb di Waduk Cirata masih di bawah ambang batas minimum baku mutu air.

Tabel 6. Kandungan logam berat di perairan Waduk Cirata

Stasiun	Zn	Pb
Outlet UP Pintu IV	0,013	td
Intake UP	0,012	td
Batas Daerah Bahaya	0,021	td
Zona II Purwakarta	0,015	td
Muara Cisokan	0,021	td
Muara Sungai Citarum	0,009	td
Badan air sungai Citarum	0,015	0,037
Muara Sungai Cimeta	td	0,017

Simpulan

1. Beban pencemaran Pb dan Zn di perairan Waduk Cirata masing-masing sebesar 2,62 dan 14,40 ton/bulan;
2. Kapasitas asimilasi logam Pb dan Zn di perairan Waduk Cirata masing-masing sebesar 13,00 dan 9,00 ton/bulan;
3. Kandungan logam berat Pb pada daging ikan mas dan nila masih di bawah ambang batas yang disarankan oleh Badan POM;
4. Kandungan logam berat Zn pada daging ikan mas dan nila sudah melewati ambang batas yang disarankan oleh Badan POM.

Senarai pustaka

- Badan Pengelola Waduk Cirata [BPWC]. 2003. Laporan Pemantauan Kualitas Air Waduk Cirata. Bandung.
- Badan Pengelola Waduk Cirata [BPWC]. 2009. Laporan Pemantauan Kualitas Air Waduk Cirata. Bandung.
- Darmono. 1995. *Logam dalam sistem biologi makhluk hidup*. UI Press, Jakarta.
- Farkas, A., Salanki, J. and Varanka, I. 2000. Heavy metal concentrations in fish of Lake Balaton. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 5: 271-279.
- Garno, Y. S. 2002 . Beban pencemaran limbah perikanan budi daya dan eutrofikasi di perairan waduk pada DAS Citarum. *J. Tek. Ling. P3TL-BPPT* 3:112-120.
- Husin, Y. dan Eman, K. 1991. *Metoda teknik analisis kualitas air*. Penelitian. Lingkungan Hidup. Lembaga Penelitian. IPB. Bogor.
- Katzung, B. 2001. Introduction to autonomic pharmacology. Basic and Clinical Pharmacology. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Kementerian Lingkungan Hidup [KLH]. 2004. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Kementrian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Lestari dan Edward. 2004. Dampak pencemaran logam berat terhadap kualitas air laut dan sumber daya perikanan (Studi Kasus: kematian massal ikan-ikan di Teluk Jakarta). *Makara Sains, Vol. 8, No. 2*: 52-58.
- Oginawati, K. 2004. Keragaan polutan di perairan waduk. Lokakarya Pemecahan Masalah Budi Daya Ikan dalam KJA di Perairan Waduk. Bogor, 20 Juli 2004.
- Setijaningsih, L. 2009. Kajian kandungan logam berat timbal (Pb) dan merkuri (Hg) pada air dan ikan budi daya keramba jaring apung (KJA) di Waduk Cirata, Jawa Barat. Tesis. Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor.
- William E.R., Caliendo M.A. 1984. *Nutrition : principles, Issues, an Applications*. New York: McGraw-Hill Book Company.