

## **Biokonsentrasi Faktor Logam Berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) di Karamba Danau Rawa Pening**

**Anny Miftakhul Hidayah, Purwanto dan Tri Retnaningsih Soeprbowati**

Program Magister Ilmu Lingkungan  
Program Pascasarjana Universitas Diponegoro  
Jl. Imam Barjo SH No. 5 Semarang  
\* Email/korespondensi : anny.miftakhul@yahoo.com

### **Abstract**

Lake Rawapening has potential as an aquaculture development especially for caged aquaculture activities. Water quality is one of the important requirements in aquaculture bussiness sustainability and safe fish production for human consumption. Previous researches showed that the cage regions of Lake Rawapening have decreased its water quality in the presence of heavy metal content of Pb, Cd, Cr and Cu in water, sediment and tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.). This research aimed to determine the value of bio-concentration factors of heavy metals Pb, Cd, Cr and Cu in tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.) which is cultured in cages Lake Rawapening and maximum daily consumption of tilapia that is safe for human consumption. Sampling was done by purposive random sampling at three cages stations. The results showed that the highest BCF values of heavy metals in tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.) was on Cu 146-172, while the lowest metal on Cd metal 1.25-2. According to the category of the BCF rate, Cu was categorized as moderately accumulated, whereas Pb, Cd, and Cr were categorized as low accumulated. so that farmed tilapia cages are suitable for consumption. Daily consumption of farmed tilapia in Lake Rawapening was maximum 1,4 kg/day

**Keywords:** Lake Rawapening, heavy metals, tilapia, BCF .

### **Abstrak**

Danau Rawapening memiliki potensi sebagai tempat pengembangan perikanan darat terutama untuk kegiatan perikanan budidaya karamba. Kualitas perairan merupakan salah satu syarat penting dalam keberlanjutan usaha budidaya perikanan dan hasil produksi ikan yang masih aman untuk dikonsumsi oleh manusia. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kawasan karamba Danau Rawapening telah mengalami penurunan kualitas air dengan adanya kandungan logam berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada perairan, sedimen dan ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn.). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai biokonsentrasi faktor logam berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) yang dibudidayakan di karamba Danau Rawapening dan batas maksimum harian konsumsi ikan nila yang aman untuk dikonsumsi oleh manusia. Pengambilan sampel dilakukan secara purposive random sampling pada tiga stasiun karamba. Hasil penelitian menunjukkan nilai BCF logam berat pada ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) tertinggi pada logam Cu yaitu 146-172 sedangkan terendah pada logam Cd yaitu 1.25-2. Berdasarkan kategori nilai BCF logam Cu termasuk dalam kategori akumulasi sedang sedangkan logam Pb, Cd dan Cr dalam kategori akumulasi rendah, sehingga ikan nila hasil budidaya karamba masih layak untuk dikonsumsi. Konsumsi harian ikan nila yang dibudidayakan di Danau Rawapening maksimum adalah 1,4 kg/hari.

**Kata Kunci:** Danau Rawapening, logam berat, ikan nila, BCF

### **PENDAHULUAN**

Danau merupakan perairan tergenang (*lentik*) sehingga lebih banyak terkontaminasi oleh limbah yang masuk ke perairan tersebut. Limbah

yang masuk ke perairan danau akan mengendap di dasar perairan dalam jangka waktu yang lama. Pencemaran air di perairan danau umumnya diakibatkan oleh limbah dari kegiatan masyarakat

sekitar yang masuk melalui sungai-sungai yang merupakan inletnya.

Danau Rawapening terletak di dataran rendah yang dikelilingi oleh beberapa perbukitan dan gunung seperti Gunung Ungaran, Gunung Merbabu dan Gunung Telomoyo. Secara hidrologis air Danau Rawapening berasal dari curah hujan, air tanah dan air permukaan yang berasal dari aliran sungai dari 9 Sub DAS. Hal ini menyebabkan air di danau mengalami penambahan terus menerus, sementara air yang keluar hanya melalui 1 outlet yaitu Sungai Tuntang (KLH, 2011).

Penurunan kualitas air Danau Rawapening diakibatkan oleh aktivitas masyarakat sekitar danau. Limbah yang masuk ke perairan ini dihasilkan dari kegiatan pertanian, peternakan, limbah domestik dari pemukiman maupun dari limbah nutrisi dari sisa pakan ikan yang dibudidayakan di karamba. Penurunan kualitas air danau salah satunya disebabkan oleh masuknya logam berat ke perairan. Sumber pencemaran logam berat yang masuk ke perairan danau ini diduga berasal dari aliran sungai yang membawa limbah dari lahan pertanian, peternakan dan pemukiman penduduk. Darmono (2001) menyatakan bahwa sumber pencemaran logam berat di perairan dapat berasal dari lahan pertanian yang menggunakan pupuk atau pestisida.

Danau Rawapening mempunyai potensi sebagai tempat pengembangan perikanan darat yaitu perikanan tangkap dan perikanan budidaya terutama untuk budidaya karamba jaring apung dan karamba tancap. Potensi ini sangat tergantung pada kualitas air danau, sehingga jika kualitas air danau menurun atau mengalami pencemaran secara tidak langsung akan mempengaruhi hasil produksi dan kelangsungan usaha budidaya karamba ini. Produksi kegiatan perikanan dari budidaya karamba di Danau Rawapening mengalami peningkatan setiap tahunnya. Data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Semarang (2012) menunjukkan bahwa hasil produksi karamba pada tahun 2009 sebesar 215,97 ton, tahun 2010 sebesar 439,4 ton dan pada tahun 2011 sebesar 627,9 ton. Sementara hasil produksi perikanan tangkap pada tahun 2009 sebesar 1.110,5 ton, tahun 2010 sebesar 1.133,8 ton dan pada tahun 2011 mencapai 1.142,7 ton.

Menurut penelitian Sittadewi (2008) menyatakan bahwa ekosistem darat Sungai Galeh dan Sungai Panjang yang merupakan salah satu sungai yang memasok air ke Danau Rawapening memiliki beberapa karakteristik. Bagian hulu dan tengah didominasi oleh ekosistem hutan rakyat dan perkebunan rakyat serta daerah permukiman sedang bagian hilir banyak dijumpai persawahan dan perkebunan rakyat serta peternakan. Data dari Pemerintah Kabupaten Semarang (2000) menunjukkan bahwa daerah tangkapan air Danau Rawapening yang meliputi wilayah Kecamatan Ambarawa, Banyubiru, Bawen, Tuntang, Getasan dan Jambu hampir sebagian besar lahannya dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian, tegalan, perkebunan, kolam dan hutan rakyat.

Hasil penelitian yang dilakukan Hidayah dkk (2012) menunjukkan bahwa kawasan karamba Danau Rawapening telah mengalami penurunan kualitas air dengan adanya kandungan logam berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada perairan, sedimen dan ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn.). Kandungan logam berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada perairan masih berada dibawah nilai baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. Kandungan logam berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada sedimen masih dibawah nilai baku mutu menurut ANZECC sedangkan menurut standar dari negara Kanada, Swedia dan Belanda kandungan logam berat Cu pada sedimen telah berada di atas nilai baku mutu. Sementara kandungan logam berat Pb, Cd pada ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) masih berada di bawah nilai baku mutu batas cemaran logam dalam pangan sesuai SNI 7387 :2009. Menurut standar mutu negara Uni Eropa kandungan logam berat Cr juga masih berada dibawah nilai baku mutu, sedangkan kandungan logam berat Cu telah diatas nilai baku mutu.

Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar toksik yang dapat mengakibatkan kematian (*lethal*) maupun bukan kematian (*sub-lethal*) seperti terganggunya pertumbuhan, tingkah laku dan karakteristik morfologi berbagai organisme akuatik (Effendi, 2003). Dampak yang ditimbulkan dari adanya logam berat dalam perairan tergantung dari keberadaan logam dalam air dan sedimen, daya toksik dan konsentrasinya dalam lingkungan. Logam berat jika masuk dalam

tubuh makhluk hidup akan mengalami biokonsentrasi, bioakumulasi dan biomagnifikasi.

Connel dan Miller (2006) menyatakan bahwa biokonsentrasi adalah masuknya bahan pencemar secara langsung dari air oleh makhluk hidup melalui jaringan seperti insang atau kulit. Sedangkan bioakumulasi adalah masuknya bahan pencemar oleh makhluk hidup dari suatu lingkungan melalui suatu mekanisme atau lintasan. Sementara biomagnifikasi adalah proses dimana bahan pencemar konsentrasinya semakin meningkat dengan meningkatnya posisi makhluk hidup pada suatu rantai makanan.

Bioakumulasi terjadi dalam jaringan tubuh setelah terjadi absorpsi logam dari air atau melalui pakan yang terkontaminasi. Menurut Darmono (2001) bioakumulasi logam berat pada ikan tergantung pada jenis logam dan species ikan. Akumulasi logam berat tertinggi umumnya terdapat pada jaringan hati dan ginjal.

Menurut Ivanciuc dkk (2006) menyatakan bahwa bioakumulasi bahan kimia dalam suatu perairan merupakan kriteria penting dalam mengevaluasi ekologi dan tingkat pencemaran suatu lingkungan. Untuk mengukur tingkat pencemaran suatu perairan oleh bahan kimia yang disebabkan oleh kegiatan industri, pertanian dan limbah rumah tangga adalah dengan mengukur biokonsentrasi biota yang hidup didalamnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui biokonsentrasi faktor logam berat Pb, Cd, Cr dan Cu pada ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) yang dibudidayakan di karamba Danau Rawapening dan batas maksimum konsumsi ikan yang aman untuk dikonsumsi

## BAHAN DAN METODE

### Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di kawasan karamba Danau Rawapening pada bulan Juli 2012. Pengambilan sampel air dan ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn) dilakukan pada tiga stasiun secara metode *purposive sampling*. Letak dan posisi geografis pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini. Analisa laboratorium dilakukan di Laboratorium Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Semarang.

Tabel 1. Posisi Geografis Stasiun Pengambilan Sampel Penelitian

Stasiun	Letak	Keterangan
1 - Sumenep	S 07 <sup>0</sup> 18' 25.2" E 110 <sup>0</sup> 25' 41.2"	Dekat pemukiman penduduk
2 - Selonder	S 07 <sup>0</sup> 16' 51.0" E 110 <sup>0</sup> 25' 32.6"	Dekat inlet
3 - Sumurup	S 07 <sup>0</sup> 16' 18.3" E 110 <sup>0</sup> 26' 10.5"	Dekat outlet

Analisa data dilakukan dengan menggunakan formulasi :

### 1. Biokonsentrasi Faktor (BCF)

Biokonsentrasi faktor merupakan kecenderungan suatu bahan kimia yang diserap oleh organisme akuatik. BCF merupakan rasio antara konsentrasi bahan kimia dalam organisme akuatik dengan konsentrasi bahan kimia di dalam air ( LaGrega dkk, 2001).

$$BCF = C_{org} / C$$

dimana :

$$C_{org} = \text{Konsentrasi logam berat dalam organisme (mg/kg atau ppm)}$$

$$C = \text{Konsentrasi logam berat dalam air (ppm)}$$

### 2. Batas Maksimum Konsumsi Ikan

Untuk mengetahui batasan konsumsi ikan yang telah terkontaminasi oleh logam berat untuk mencegah efek negatif bagi kesehatan manusia yang mengkonsumsinya dihitung dengan menggunakan rumus (EPA, 2000) :

$$CR_{lim} = \frac{RfD \times BW}{C_m}$$

dimana :

$$CR_{lim} = \text{Batas maksimum tingkat konsumsi ikan (kg/hari)}$$

$$RfD = \text{Referensi dosis (mg/kg-hari)}$$

$$BW = \text{Berat badan (kg)}$$

$$C_m = \text{Konsentrasi logam berat dalam ikan (mg/kg)}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Biokonsentrasi Faktor Logam Berat Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linn.)

Keberadaan logam berat di perairan menimbulkan terjadinya proses akumulasi di dalam tubuh organisme air. Akumulasi dapat terjadi melalui absorpsi langsung terhadap logam berat yang terdapat dalam air dan melalui rantai makanan. Menurut Tillitt dkk (1992) dalam Van der Oost (2003) menyatakan bahwa logam berat yang bersifat hidrofobik mengakumulasi dalam organisme air melalui beberapa mekanisme yaitu secara langsung dari air melalui insang atau kulit (biokonsentrasi), melalui penyerapan dari partikel tersuspensi (pencernaan) dan melalui makanan yang terkontaminasi (biomagnifikasi). Biokonsentrasi adalah akumulasi logam berat yang diambil secara langsung dari air oleh organisme seperti ikan atau tumbuhan air, sedangkan bioakumulasi adalah pengambilan logam berat melalui air dan makanan, sementara biomagnifikasi adalah meningkatnya kandungan logam berat dalam jaringan organisme berdasarkan rantai makanan.

Bioakumulasi logam berat dalam organisme air merupakan dampak negatif dari masuknya bahan pencemar dalam suatu ekosistem. Bioakumulasi dalam organisme air secara umum dipengaruhi oleh kandungan logam berat dalam air, pakan, jenis ikan, ekskresi dan metabolisme. Ikan nila merupakan jenis ikan pemakan segala (omnivora), artinya selain memakan pelet yang diberikan, ikan nila juga memakan organisme yang ada seperti *fitoplankton*, *zooplankton* atau ikan kecil yang ada. Menurut Hidayah dkk (2012) ikan nila dipilih sebagai objek penelitian karena merupakan jenis ikan yang paling banyak dibudidayakan di karamba Danau Rawapening. Data dari Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang (2012) menunjukkan jumlah produksi ikan nila pada tahun 2011 sebesar 416,5 ton dari jumlah total produksi ikan di karamba sebesar 627,9 ton.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai biokonsentrasi faktor (BCF) pada ikan nila hasil budidaya karamba di Danau Rawapening maka nilai BCF logam berat Cu adalah yang tertinggi yaitu 146-172 (Tabel 2).

Tabel 2. Nilai BCF Logam Berat pada Ikan Nila

LB	ST	[LB] air	[LB] ikan	Nilai
		(mg/L)	(mg/kg)	BCF
1	2	3	4	5
Cd	1	0.005	0.01	2.00
	2	0.008	0.01	1.25
	3	0.005	0.01	2.00
Cr	1	0.03	0.16	5.33
	2	0.03	0.16	5.33
	3	0.03	0.13	4.33
Pb	1	0.03	0.11	3.67
	2	0.03	0.18	6.00
	3	0.03	0.11	3.67
Cu	1	0.005	0.86	172
	2	0.005	0.76	152
	3	0.005	0.73	146

Sumber : Data Primer Olahan (2012)

LB = Logam Berat

[LB] = Konsentrasi Logam Berat

Logam Cd merupakan logam *non esensial* yang keberadaannya dalam tubuh makhluk hidup dapat dikatakan tidak diharapkan. Nilai BCF logam Cd pada ikan nila di karamba Danau Rawapening berkisar 1.25-2. Menurut Zainuri dkk (2011) bahwa akumulasi logam berat dalam tubuh organisme tergantung pada konsentrasi logam berat dalam air/lingkungan, suhu, pH, oksigen terlarut. Akumulasi logam berat Cd pada ikan nila yang dibudidayakan di perairan ini diduga berasal dari air maupun pakan ikan yang telah terkontaminasi. Kandungan logam berat Cd pada air dan sedimen berasal dari erosi di DAS Rawapening, limbah pertanian dan limbah rumah tangga yang masuk ke dalam danau ini. Menurut Darmono (2001) pupuk fosfat yang digunakan dalam pertanian umumnya mengandung Cd yang tinggi. Dari beberapa hasil penelitian juga menunjukkan bahwa semakin lama pemakaian pupuk fosfat akan menaikkan konsentrasi Cd dalam permukaan tanah. Pupuk fosfat yang sering digunakan biasanya mengandung Cd tidak kurang dari 20 mg/kg (Widowati dkk, 2008).

Kemampuan organ tubuh dalam mengakumulasi logam berat ditentukan oleh nilai

indeks faktor konsentrasi (IFK) atau nilai BCF. Semakin tinggi nilai BCF pada suatu organisme menunjukkan semakin tinggi organisme tersebut mengakumulasi logam berat. Berdasarkan kategori nilai BCF menurut Van Esch (1977) dalam Suprapti (2008) mengelompokkan sifat polutan ke dalam tiga urutan yaitu: sangat akumulatif ( $BCF > 1000$ ), akumulatif sedang ( $BCF 100-1000$ ) dan akumulatif rendah ( $BCF < 100$ ).

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa logam Cd bersifat akumulatif rendah pada ikan nila. Meskipun bersifat akumulatif rendah, keberadaan logam berat Cd pada ikan nila tetap harus diwaspadai karena sifat logam berat itu sendiri yang akumulatif jika dikonsumsi terus menerus dalam jangka waktu yang lama sehingga menimbulkan keracunan yang bersifat kronis. Keracunan kronis yang ditimbulkan oleh logam Cd menimbulkan kerusakan pada sistem fisiologis tubuh seperti ginjal, paru-paru, jantung dan sistem sirkulasi darah.

Logam Cr juga merupakan logam *non esensial*, nilai BCF logam Cr pada ikan nila berkisar 4.33-5.33. Logam Cr juga bersifat akumulatif rendah karena nilai  $BCF < 100$ . Sumber logam Cr di perairan ini sebagian besar berasal dari proses pengikisan (erosi) batuan mineral dari daerah tangkapan air di sekitar danau dan juga limbah rumah tangga yang mengandung logam Cr seperti sabun detergen maupun produk-produk konsumen lainnya. Erosi batuan mineral dimungkinkan berasal dari limbah hasil pertambangan batu andesit yang ada di daerah sekitar Danau Rawapening.

Logam Pb merupakan logam *non esensial* yang belum diketahui kegunaannya dalam tubuh makhluk hidup sehingga adanya unsur tersebut lebih dari normal dapat menyebabkan keracunan. Keberadaan logam Pb dalam tubuh seringkali menggantikan logam *esensial* dalam aktivitas kerja enzim dan bersifat menghambat kerja enzim (Palar, 2004). Berdasarkan Tabel 2 nilai BCF logam Pb pada ikan nila bersifat akumulatif rendah. Nilai BCF logam Pb berkisar antara 3,67-6. Akumulasi logam Pb pada ikan nila di karamba Danau Rawapening berasal dari buangan bahan bakar yang mengandung logam Pb dari perahu motor yang digunakan untuk kegiatan pariwisata maupun alat transportasi oleh nelayan.

Selain itu diduga juga berasal dari limbah pertanian yang mengandung residu pestisida. Limbah pertanian ini berasal dari daerah tangkapan air Danau Rawapening yaitu di Kecamatan Getasan, Ambarawa dan Bandungan yang merupakan sentra daerah pertanian sayur mayur yang tentunya banyak menggunakan pestisida sebagai pembasmi hama tanaman. Berdasarkan penelitian dari Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu (2009) terhadap kualitas tanah untuk lahan tanaman pangan, sayuran dan buah-buahan diperoleh data bahwa residu pestisida yang digunakan oleh para petani untuk membasmi hama mengandung logam berat Pb, Cu dan Hg.

Data hasil penelitian juga menunjukkan bahwa nilai BCF logam Pb pada ikan nila tertinggi berada di stasiun 2 zona selonder yang merupakan daerah masuknya air dari beberapa sungai yaitu sungai Galih, sungai Torong dan sungai Panjang. Sebagai daerah muara sungai tentunya menampung semua limbah dari berbagai aliran sungai dengan konsentrasi limbah yang lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya.

Logam Cu merupakan mineral mikro karena dibutuhkan sedikit dalam tubuh namun diperlukan dalam proses fisiologis. Walaupun dibutuhkan dalam jumlah sedikit, bila kelebihan dapat mengakibatkan keracunan. Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai BCF tertinggi terdapat pada logam berat Cu yaitu berkisar 146-172.

Nilai BCF logam Cu tertinggi terjadi di stasiun 1 zona sumenep yang merupakan daerah kawasan pemukiman penduduk, kemudian stasiun 2 zona selonder yang dekat dengan *inlet* dan stasiun 3 zona sumurup yang dekat dengan *outlet* Danau Rawapening. Berdasarkan kategori nilai BCF, logam Cu bersifat akumulatif sedang yaitu berada pada kisaran nilai 100-1000.

Menurut Chapman dkk (1996) dalam Sudarso dkk (2001) menyatakan bahwa logam berat Cu merupakan logam esensial yang secara alami terkonsentrasi pada organisme hidup sehingga nilai BCF logam tersebut mungkin lebih tinggi dari ambang batas penggolongan substansi bioakumulat. Disamping itu karena organisme mempunyai kemampuan dalam regulasi dan stabilisasi konsentrasi internal logam *esensial* dalam jaringan, meskipun adanya gangguan atau konsentrasi tinggi dari lingkungan luar. Dengan

demikian nilai BCF jenis logam Cu yang tinggi pada kawasan karamba ini belum tentu menunjukkan tingkat bioavailabilitas sebenarnya logam tersebut.

Toksisitas logam Cu meningkat dengan penurunan alkalinitas, oksigen terlarut, pH dan padatan tersuspensi. Rendahnya tingkat oksigen terlarut dalam kolom air akan meningkatkan respirasi ikan melalui insang, di mana aliran air yang mengandung tembaga akan semakin meningkat sehingga akan meningkatkan kandungan tembaga dalam tubuh ikan. Distribusi penyerapan logam Cu pada ikan maksimum ditemukan pada hati kemudian ginjal, insang dan otot. Konsentrasi logam Cu pada hati sekitar sepuluh kali konsentrasi logam Cu pada jaringan otot (LaGrega, 2001).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Salami dkk (2008) mengenai pengaruh logam berat Cu pada ikan nila diperoleh hasil bahwa semakin besar konsentrasi Cu di air semakin besar penambahan konsentrasi Cu total di ikan. Akumulasi logam berat Cu terbanyak ditemukan pada hati diikuti insang dan otot. Hati mengakumulasi logam Cu sampai 15-20 kali konsentrasi Cu pada otot.

Menurut Darmono (2001) bahwa dari beberapa penelitian mengenai bioakumulasi logam dalam jaringan ikan ditemukan bahwa akumulasi logam dari yang besar ke yang kecil berturut-turut adalah hati > ginjal > insang > otot. Sedangkan kekuatan penetrasi logam ke dalam jaringan berturut-turut adalah Cd > Hg > Pb > Cu > Zn > Ni.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Noegrohati (2006) mengenai bioakumulasi pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) menunjukkan bahwa setiap logam berat secara dinamis memiliki nilai bioakumulasi sendiri tergantung pada jenis logam dan kondisi lingkungannya. Nilai BCF ikan nila (*Oreochromis niloticus*) setelah 28 hari terpapar logam berat pada penelitian ini menunjukkan bahwa pada logam berat Cu adalah antara 38 -56, dan logam berat Cd antara 21-24.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai BCF logam berat Cu tertinggi di stasiun 1 zona sumenep yang merupakan karamba dekat dengan pemukiman penduduk yang tentunya banyak menghasilkan limbah rumah tangga. Menurut Wittman (1979) dalam Connel dan Miller (2006)

bahwa limbah rumah tangga yang mengandung logam berat Cu biasanya berasal dari sampah-sampah metabolik dan korosi dari pipa-pipa yang ada di daerah pemukiman. Limbah rumah tangga yang masuk ke kawasan karamba ini tentunya memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan karamba yang dekat dengan daerah *inlet* dan *outlet*.

Dari hasil pengamatan di lapangan terlihat bahwa ikan yang hidup di kawasan karamba stasiun 1 zona sumenep ini kurang baik pertumbuhannya sehingga berakibat pada menurunnya jumlah produksi dan kualitas ikan hasil panen. Hasil panen ikan berumur satu tahun di karamba ini besarnya sama dengan ikan berumur 6 bulan. Hal ini dikarenakan adanya kandungan logam Cu pada perairan akan mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi pada ikan. Dari beberapa hasil penelitian diperoleh data bahwa adanya kandungan logam Cu juga akan menghambat pemijahan, penurunan daya tetas telur dan penurunan pertumbuhan pada ikan (LaGrega dkk, 2001).

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa ikan nila di karamba Danau Rawapening lebih mudah mengakumulasi logam Cu dibandingkan dengan logam Cd, Cr dan Pb. Berdasarkan kategori nilai BCF, logam Cu termasuk dalam akumulasi sedang, logam Cd, Cr dan Pb termasuk dalam kategori akumulasi rendah. Urutan akumulasi logam berat pada ikan nila yang dibudidayakan di karamba Danau Rawapening adalah Cu > Cr > Pb > Cd.

Pada penelitian ini akumulasi logam berat pada ikan nila yang diukur merupakan akumulasi pada daging ikan tidak berdasarkan akumulasi masing-masing jaringan organ tertentu seperti yang biasa dilakukan dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Hal ini dikarenakan penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan untuk mengetahui ada tidaknya kandungan logam berat Pb, Cd, Cr dan Cu dalam tubuh ikan nila yang dibudidayakan di Danau Rawapening, disamping itu daging merupakan bagian yang umum dikonsumsi oleh manusia dan juga dikarenakan keterbatasan waktu serta biaya. Sehingga penelitian selanjutnya mengenai seberapa besar kandungan logam berat pada jaringan tubuh ikan seperti insang, hati, ginjal dan otot memang perlu

dilakukan. Hal ini dikarenakan logam berat masuk ke dalam jaringan tubuh ikan melalui jaringan pernafasan dan jaringan kulit kemudian terjadi penyimpanan sementara di dalam jaringan seperti hati, otot maupun ginjal untuk kemudian dikeluarkan dari tubuh ikan. Dengan melakukan penelitian pada masing-masing jaringan tubuh ikan nila akan dapat diketahui distribusi terbesar logam berat yang terakumulasi dalam tubuh ikan.

### Batas Konsumsi Harian Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linn.)

Dengan adanya akumulasi logam berat Cd, Cr, Pb dan Cu pada ikan nila yang dibudidayakan di Danau Rawapening maka perlu diketahui batasan konsumsi ikan untuk mencegah efek negatif yang timbul bagi kesehatan manusia yang mengkonsumsinya. Dalam menghitung konsumsi harian ikan ( $CR_{lim}$ ) yang telah terkontaminasi logam berat parameter yang digunakan menurut US EPA (*Environmental Protection Agency*) adalah RfD (*reference dose*),  $C_m$  (konsentrasi logam berat dalam ikan yang terukur) dan berat badan orang yang umum digunakan adalah 70 kg.

$CR_{lim}$  merupakan perhitungan konsumsi seumur hidup harian maksimum dalam kilogram ikan yang diharapkan tidak menyebabkan efek yang merugikan bagi manusia yang mengkonsumsinya. Penggunaan RfD dalam menghitung batas konsumsi dikarenakan konsentrasi kontaminan yang dibutuhkan untuk menghasilkan efek kesehatan kronis umumnya jauh lebih rendah dibandingkan dengan yang menyebabkan efek kesehatan akut. Penerapan RfD ini juga untuk melindungi resiko konsumen dari efek kesehatan yang akut (EPA, 2000). Perhitungan batas konsumsi harian ikan nila dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Batas Konsumsi Ikan Nila

LB	RfD (mg/kg-d)	$C_m$ (mg/kg)	BW (kg)	$CR_{lim}$ (kg/d)
Cd	0.001	0.01	70	7,0
<b>Cr</b>	<b>0.003</b>	<b>0.15</b>	<b>70</b>	<b>1,4</b>
Cu	0.0371	0.78	70	3,3

Sumber : Data Primer Olahan (2012)

- Nilai  $C_m$  merupakan nilai rata-rata konsentrasi

Keterangan: logam berat pada 3 stasiun

- Nilai RfD logam Pb tidak berlaku (US EPA)

- BW = berat badan

\*) US EPA (2000)

\*\*) HEAST dalam Dibiasio & Kimiko (2003)

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh hasil konsumsi harian maksimum ikan nila yang telah mengandung logam Cd adalah 7 kg/hari, logam Cr 1,4 kg/hari dan logam Cu 3,3 kg/hari. Batasan maksimum konsumsi harian ikan nila ditentukan dengan memilih nilai terkecil, karena bahan makanan yang telah mengandung logam berat meskipun dengan kandungan sedikit jika dikonsumsi secara terus menerus akan terakumulasi dalam tubuh manusia dan cenderung bersifat toksik. Dari ketiga jenis logam yang terkandung dalam ikan nila, logam Cr merupakan logam dengan nilai minimal meskipun tingkat toksisitas lebih rendah dibandingkan dengan logam Cd, sehingga batas konsumsi maksimum harian ikan nila hasil budidaya karamba di Danau Rawapening adalah 1,4 kg/hari. Menurut Widowati dkk (2008) urutan tingkat toksisitas logam berat terhadap manusia mulai yang paling toksik adalah Hg, Cd, Ni, Pb, Cr, Sn dan Zn. Dengan hasil ini maka dapat disimpulkan bahwa ikan nila hasil budidaya di danau ini masih aman untuk dikonsumsi. Untuk wilayah Kabupaten Semarang konsumsi protein ikan per tahun hanya sebesar 18,23 kg/kapita/tahun atau sebesar 0,05 kg/kapita/hari (Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang, 2011).

### KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Nilai BCF logam berat pada ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) tertinggi pada logam Cu yaitu 146-172 sedangkan terendah pada logam Cd yaitu 1.25-2. Berdasarkan kategori nilai BCF logam Cu termasuk dalam kategori akumulasi sedang sedangkan logam Pb, Cd dan Cr dalam kategori akumulasi rendah.

Saran dari penelitian adalah bahwa ikan nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) hasil budidaya karamba Danau Rawapening masih aman untuk dikonsumsi karena berdasarkan perhitungan konsumsi harian ikan yang telah terkontaminasi logam berat menurut EPA maksimum adalah 1,4 kg/hari.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Secara khusus diucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Pembinaan Pendidikan dan Pelatihan Perencana-Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Pusbindiklatren-Bappenas) atas beasiswa yang telah diberikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Semarang. 2012. Kabupaten Semarang Dalam Angka Tahun 2012.
- Connel, D.W. and GJ.Miller. 2006. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. Y. Koestoer (Penerjemah). Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang. 2011. Profil Dinas Peternakan dan Perikanan Kabupaten Semarang Tahun 2010.
- Dinas Pertanian dan Kehutanan Kota Batu. 2009. Laporan Akhir Pengujian Kualitas Tanah untuk Lahan Pertanian/Perkebunan Kota Batu.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Hidayah, A. M., Purwanto dan Tri Retnaningsih Soeprbowati. 2012. Kandungan Logam Berat Pada Air, Sedimen dan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Linn.) Di Karamba Danau Rawapening. Dalam Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 11 September 2012.
- Ivanciuc, T., Ovidiu Ivanciuc dan Douglas J. Klein. 2006. Modelling the Bioconcentration Factor and Bioaccumulation Factor of Polychlorinated Biphenyls with Posetic Quantitative Super-Structure/Activity Relationship (QSSAR). *Molecular Diversity* 10 : 133 – 145.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2011. Gerakan Penyelamatan Danau (Germadani) Danau Rawapening. Jakarta.
- LaGrega, M.D., Phillip L. Buckingham, Jeffrey C. Evans and Environmental Resources Management. 2001. Hazardous Waste Management. Second Edition. McGraw Hill Interntional Edition. New York.
- Manahan, S.E. 2002. Environmental Chemistri. Seventh Edition. Lewis Publisher. New York.
- Noegrohati, S. (2006). Bioaccumulation Dynamic of Heavy Metals in *Oreochromis Nilotycus*. *Berkala MIPA*, 16 (2) Mei 2006.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Partial Agreement in the Social and Public Health Field Council of Europe. 2002. Technical Document Guidelines on Metals and Alloys Used as Food Contact Materials. Ratmini, N. A. 2009. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb), Merkuri (Hg) dan Cadmium (Cd) Pada Daging Ikan Sapu-Sapu (*Hyporsarcus pardalis*) di Sungai Ciliwung Stasiun Srengseng, Condet dan Manggarai. *Vis Vitalis* Vol. 02 No. 1. ISSN 1978-9513.
- Pemerintah Kabupaten Semarang. 2000. Laporan Akhir Proyek Perencanaan Tata Lingkungan Daerah Aliran Sungai (DAS) Rawapening
- Salami, I.R.S, Suphia R, Anastasia P. K dan Ayda T.Y. 2008. Pengaruh Logam Berat Tembaga Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Potensi Depurasinya. *Jurnal Penelitian Perikanan* Vol. 11 Nomor 1 : 49-58.
- Sudarso, Y.,Fanie I.M., M. Badjoeri dan Siti Aisyah. 2001. Studi Bioavailabilitas Logam Berat Pada Ikan Budidaya Jaring Apung di Waduk Saguling. *Limnotek* Volume VIII No.1.
- Suprapti, N.H., 2008. Kandungan Chromium pada Perairan, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sayung Desa Morosari Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Bioma* Vol. 10 No. 2 Hal. 36-40. ISSN : 1410-8801.
- Supriyanto, Samin dan Zainul Kamal. 2007. Analisis Cemar Logam Berat Pb, Cu dan Cd Pada Ikan Air Tawar Dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA). Prosiding Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta. ISSN 1978-0176.

- Supriharyono. 2000. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis. Penerbit Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Suryono, T., Yoyok Sudarso, Awalina, Yustiawati dan MS. Syawal. 2010. Status Kontaminasi Merkuri di Ruas Sungai Cikaniki, Jawa Barat. Jurnal LIMNOTEK Volume 17 No.1 : 37-48. LIPI. Cibinong. ISSN 0854-8390.
- United States Environmental Protection. 2000. Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories. Volume 2 Risk Assessment and Fish Consumption Limits. Third Edition.
- Van der Oost, R., Jonny Beyer dan Nico. P.E. Vermeulen. Fish Bioaccumulation and Biomarkers in Environmental Risk Assessment : A Review. Environmental Toxicology and Pharmacology 13 (2009), 57-149.
- Widowati, W., Astiana S. dan Raymond J.R. 2008. Efek Toksik Logam, Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Penerbit ANDI. Yogyakarta.
- Zainuri, M., Sudrajat dan Evi Sulistiani Siboro. 2011. Kadar Logam Berat Pb Pada Ikan Beronang (*Siganus sp*), Lamun, Sedimen dan Air di Wilayah Pesisir Kota Bontang Kalimantan Timur. Jurnal