

Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) Pada Makrozoobenthos Di Perairan Waduk Cirata, Provinsi Jawa Barat

Ega Adhi Wicaksono, Sriati, Walim Lili
Universitas Padjadjaran

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai akumulasi logam timbal pada makrozoobenthos, pola persebarannya di Waduk Cirata dan mengetahui peranan makrozoobenthos dalam proses biomagnifikasi yang terjadi di Waduk Cirata. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Pengukuran kandungan logam timbal pada sedimen dan makrozoobenthos dengan menggunakan metode AAS (Atomic Absorbtion Spectofotometer). Makrozoobenthos di Waduk Cirata yang teridentifikasi terdiri dari 9 genus yang keseluruhannya tergolong kedalam Filum Moluska dan Kelas Gastropoda. Kepadatan makrozoobenthos paling rendah berada di Stasiun Muara Cibalagung dengan kepadatan 74 individu/m² dan kelimpahan tertinggi berada pada Stasiun Dam dengan kepadatan 267 individu/m². Kandungan logam timbal pada makrozoobenthos berkisar antara 0,78 – 3,22 mg/kg, yang secara umum lebih rendah dari kandungan logam timbal pada sedimen yang berkisar antara 0,29 – 5,04 mg/kg sementara kandungan logam timbal pada air pada semua stasiun yaitu <0,01 ppm. Kandungan logam timbal pada sedimen Inlet Muara Citarum menurun secara perlahan hingga pada stasiun Muara Cibalagung, kemudian kembali naik pada stasiun Gandasoli dan Dam. Hal tersebut diduga akibat adanya masukan logam timbal akibat penggunaan pakan pada budidaya KJA di Waduk Cirata. Makrozoobenthos diduga tidak terlalu berperan dalam dalam proses biomagnifikasi di Waduk Cirata.

Kata kunci : Logam Berat, Makrozoobenthos, Waduk

Abstract

The aims of this research are to determine the accumulation of lead metals on makrozoobenthos, the distribution of lead metals in Cirata Reservoir and to understand the role of makrozoobenthos on biomagnification process in Cirata Reservoir. The method use on this research is survey. Measurement of lead metals in sediments and makrozoobenthos use AAS (Atomic Absorbtion Spectofotometer) method. Makrozoobenthos which is identified in Cirata Reservoir consist of 9 Genus which all classified into Molusk Filum and Gastropoda Class. The lowest abundance of makrozoobenthos is in Muara Cibalagung Station with a abundance of 74 individu/m² and the highest abundance is in Dam Station with a abundance of 267 individu/m². The content of lead on makrozoobenthos are 0,78 -3,22 mg/kg which generally lower than content of lead on sediment that range for 0,29 – 5,04 mg/kg, while the content of lead on water in all station is <0,01 ppm. Content of lead metal in sediment of Muara Citarum decrease gradually until Muara Cibalagung Station, and then increased in Gandasoli Station and Dam Station allegedly as a consequence of lead metals input from the use of fish feed on floating fish cage in Cirata Reservoir. Makrozoobenthos allegedly do not have significant role on biomagnification process in Cirata Reservoir.

Keywords : lead metals, makrozoobenthos, Reservoir

Pendahuluan

Waduk Cirata merupakan salah satu dari tiga waduk di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum, Provinsi Jawa Barat. Waduk Cirata sebagai ekosistem perairan memiliki berbagai potensi diantaranya adalah tempat budidaya ikan, sumber pengairan, tempat rekreasi dan sarana perhubungan. Di sisi lain, Waduk Cirata sangat rentan terhadap tekanan akibat aktifitas manusia, baik yang berasal dari dalam perairan waduk maupun dari Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum. Oleh karena itu diperlukan suatu usaha pencegahan penurunan kualitas air di Waduk Cirata akibat pencemaran.

Menurut pemantauan kualitas air di Waduk Cirata pada Desember 2002 ditemukan konsentrasi beberapa jenis logam berat seperti Pb, Zn, Cr, Cu, Cd, As dan Hg (Amien 2007). Pada dasarnya diketahui bahwa logam berat merupakan unsur yang cukup berbahaya bagi lingkungan perairan. Sifat logam berat mudah mengendap pada sedimen dan mempunyai waktu tinggal (*residence time*) hingga ribuan tahun (Saputra 2009). Logam berat juga dapat terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup melalui beberapa jalan yaitu melalui saluran nafas, saluran makanan dan melalui kulit (Darmono 2001).

Logam timbal pada umumnya dapat ditemukan pada berbagai kegiatan industri. Penggunaan yang cukup besar dapat ditemukan dalam industri aki sebagai bahan elektroda yang umumnya 93% terbuat dari timbal. Produksi logam juga pada umumnya mengandung timbal, seperti industri amunisi, kabel dan solder (Darmono 1995). Logam timbal juga digunakan dalam industri percetakan, cat dan pelapisan logam. Publikasi mengenai industri penghasil logam berat yang membuang limbah secara langsung ke Waduk Cirata hingga saat ini masih belum banyak ditemukan, namun Garno (2001) menduga pencemaran logam berat di Waduk Cirata berasal dari Waduk Saguling.

Makrozoobentos merupakan organisme yang dapat berfungsi sebagai bioindikator pencemaran logam berat. Makrozoobentos adalah organisme yang hidup di dasar perairan (Dhayiyat 2011). Sifat makrozoobentos yang cenderung bersifat menetap dan tidak mampu menghindari bahan-bahan pencemar juga memberikan kontribusi tersendiri bagi

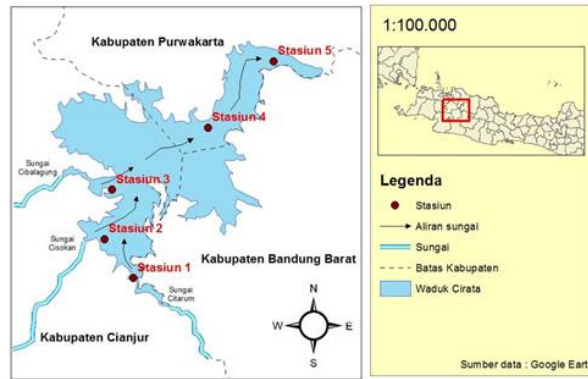
kemungkinan terjadinya akumulasi logam berat pada organisme makrozoobentos. Hal ini menjadikan makrozoobentos sebagai salah satu kelompok organisme yang sering digunakan sebagai indikator pencemaran lingkungan tidak terkecuali pada pencemaran logam berat

Penelitian mengenai kandungan logam berat yang terkonsentrasi pada ikan telah banyak dilakukan di Waduk Cirata. Pada tahun 2014 telah ditemukan kandungan logam berat timbal pada ikan golsom (*Aequidens rivulatus*), Ikan mas (*Cyprinus caprio*), Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan ikan hampal (*Hampala macrolepidota*) di Waduk Cirata dengan rata-rata kandungan logam berat timbal sebesar 1,218 mg/kg (BPWC 2014). Ikan merupakan organisme dengan tingkat trofik tinggi yang tidak hanya mengakumulasi logam berat langsung dari lingkungan melainkan kemungkinan juga mengakumulasi logam berat melalui proses biomagnifikasi. Biomagnifikasi secara umum dapat didefinisikan sebagai meningkatnya konsentrasi polutan melalui sedikitnya dua trophic level dalam rantai makanan (Barwick dan Maher 2003).

Makrozoobentos dapat berperan sebagai penghubung produsen dengan konsumen tingkat tinggi pada rantai makanan (Ardi 2002) memberikan peluang akumulasi logam berat melalui sistem biomagnifikasi pada tingkatan trofik yang lebih tinggi pada rantai makanan (Amien 2007). Mengingat Waduk Cirata sebagai penyumbang produksi yang tinggi bagi perikanan Jawa Barat, maka penelitian tentang kandungan logam berat pada makrozoobentos penting dilakukan agar produksi ikan di Jawa Barat khususnya yang berasal dari Waduk Cirata dapat terhindar dari bahan berbahaya.

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Waduk Cirata Provinsi Jawa Barat, pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 27 Juni 2015. Pengukuran logam timbal dilakukan di laboratorium kimia lingkungan FMIPA Unpad Jl. Singaperbangsa no 1. Pengambilan sampel dilakukan di 5 titik stasiun (Gambar 1.) meliputi Muara Citarum, Muara Cisokan, Muara Cibalagung, Gandasoli dan Dam Waduk Cirata.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Waduk Cirata

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survei. Dengan pengukuran parameter utama meliputi kelimpahan makrozoobenthos dan kandungan logam timbal pada makrozoobenthos. Parameter penunjang yang diukur meliputi kandungan timbal pada sedimen dan air serta kualitas air. Tata cara pengambilan makrozoobenthos mengacu pada SNI no 19-3957-1995 mengenai tata cara pengambilan Plankton dan Makrozoobentos di Perairan. Makrozoobenthos yang diperoleh kemudian dihitung kelimpahannya dalam satuan individu/m² dan diukur panjangnya. Pengukuran kandungan logam timbal pada makrozoobenthos dan sedimen mengacu pada metode pengukuran Darmono (1995) dan metode pengukuran kandungan logam timbal pada air mengacu pada SNI 06-6989.8-2004 mengenai cara uji timbal pada air dan air limbah.

Analisis yang dilakukan berupa analisis secara deskriptif komparatif. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk kemudian dibandingkan hasil pengukurannya antar stasiun yang diamati. Kandungan logam timbal sedimen dibandingkan antar stasiun untuk melihat perbedaan dan pola persebarannya. Untuk mengetahui kemampuan makrozoobenthos dalam mengakumulasi logam timbal dalam sedimen dan air dengan menggunakan BCF (Bioconcentration Factor) atau faktor biokonsentrasi. Analisis faktor biokonsentrasi dilakukan berdasarkan konsentrasi logam berat dalam biota dibagi dengan konsentrasi logam berat dalam air dan konsentrasi logam berat dalam sedimen. Nilai BCF >1 menunjukkan

bahwa organisme perairan memiliki kemampuan akumulasi bahan pencemar yang tinggi, sedangkan nilai BCF <1 menunjukkan bahwa organisme perairan memiliki kemampuan akumulasi bahan pencemar yang rendah Menurut Connell dan Miller (2006) faktor biokonsentrasi dihitung dengan rumus :

$$C_B = \frac{K_B}{C_W}$$

Keterangan :

CB = Faktor Biokonsentrasi

KB = Konsentrasi Logam Berat dalam Biota

CW = Konsentrasi Logam Berat dalam Air/Sedimen

Untuk melihat kemungkinan adanya peran makrozoobenthos dalam proses biomagnifikasi di Waduk Cirata dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian dengan penelitian kandungan logam berat pada tingkat tropik lain seperti pada plankton yang dilakukan Nurlailudin (2015) dan pada ikan diambil dari monitoring Waduk Cirata yang dilakukan pada tahun 2014.

Hasil dan Pembahasan

Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Sumber aliran di Waduk Cirata berasal dari beberapa inlet utama diantaranya Inlet Citarum, Inlet Cisokan dan Inlet Cibalagung. Aliran sungai diduga sebagai sumber pencemaran logam berat di Waduk Cirata (Garno 2001). Muara Sungai Citarum memiliki keadaan umum terdapat banyak tumbuhan air berupa eceng gondo, KJA (Karamba Jaring Apung), dan kegiatan transportasi perahu. Muara Cisokan merupakan lokasi dengan

tumbuhan eceng gondok yang cukup banya, air pada Muara Cisokan cenderung hijau dan berbau. Muara Cibalagung merupakan lokasi yang terdapat kegiatan pengembangan pariwisata yang berpotensi memberikan input polutan ke Waduk Cirata. Gandasoli merupakan lokasi dengan vegetasi tepi waduk yang cukup rimbun menghubungkan daerah pusat KJA di tengah waduk dengan daerah terlarang kegiatan di outlet waduk. Dam merupakan lokasi di dekat outlet waduk, berada pada lokasi terlarang untuk kegiatan perikanan tangkap maupun perikanan budidaya di Waduk Cirata.

Kualitas Air Lokasi Penelitian

Suhu di lokasi penelitian berkisar antara 28,4 -31 °C pada permukaan air dan 27,5 – 30°C pada dasar perairan (5m). Suhu dalam suatu badan perairan sangat dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, aliran serta kedalaman air (Effendi 2003). Berdasarkan suhu perairan, dapat dikatakan bahwa kisaran suhu lokasi penelitian masih mendukung kehidupan makrozoobenthos. Organisme *benthic* umumnya akan mulai mengalami kematian pada suhu 35-40°C, karena pada kisaran suhu tersebut aktivitas tingkah laku, metabolisme, pertumbuhan dan perkembangbiakan bentos akan terhambat (Welch 1952). Suhu perairan juga dapat mempengaruhi reaktifitas logam timbal, dimana pada suhu tinggi kandungan oksigen terlarut akan berkurang, sedikitnya kandungan oksigen terlarut dapat merubah Pb^{4+} menjadi Pb^{2+} dimana Pb^{2+} toksisitasnya lebih tinggi (Palar 2008).

pH yang terukur di Waduk Cirata berkisar pada 7,07 – 8,09 pada bagian permukaan air dan 6,7 – 7,5 pada bagian dasar perairan (5m), secara umum tergolong netral cenderung basa. pH air di lokasi penelitian masih berada pada kisaran normal dan mendukung aktifitas organisme akuatik pada perairan. Menurut Pescod (1973) nilai pH yang mendukung kehidupan biota akuatik berkisar antara 6,5-8,5. pH lokasi penelitian yang cenderung basa memungkinkan logam berat yang ada pada air akan terendap ke dasar perairan. Kompleks logam akan mulai

terbentuk pada kondisi basa, kompleks ini akan terendap ke dasar perairan (Novotony dan Olem 1994).

Oksigen terlarut di lokasi penelitian berkisar 6,5 – 7,9 mg/l pada bagian permukaan air dan 2,5 – 4,7 mg/l pada dasar perairan (5m). kadar oksigen terlarut kurang dari 4 mg/L dapat menimbulkan dampak yang kurang menguntungkan bagi organisme akuatik didalamnya (Effendi 2003). Oksigen terlarut juga dapat mempengaruhi toksisitas logam berat timbal, pada nilai oksigen terlarut yang rendah umumnya logam timbal dalam bentuk Pb^{4+} akan berubah menjadi Pb^{2+} yang bersifat lebih beracun (Palar 2008).

Kelimpahan Makrozoobenthos

Makrozoobenthos yang ditemukan di lokasi penelitian terdiri dari 9 Genus berbeda yang keseluruhannya tergolong dalam filum moluska dan kedalam kelas Gastropoda. Genus yang ditemukan adalah *Anentome*, *Bithynia*, *Filopaludina*, *Gyraulus*, *Indoplanorbis*, *Lymnaea*, *Melanoides*, *Pomacea*, dan *Physastra*. Kelas Gastropoda merupakan makrozoobenthos yang tergolong dalam organisme fakultatif, artinya dapat bertahan pada kondisi lingkungan yang cukup luas. Nilai kelimpahan makrozoobenthos selama penelitian menunjukkan Waduk Cirata memiliki kisaran kelimpahan makrozoobenthos antara 74 – 267 individu / m² (Tabel 1).

Stasiun Cibalagung juga diketahui sebagai stasiun dengan vegetasi tumbuhan paling minim diantara stasiun lainnya. Sedikitnya vegetasi di Stasiun Cibalagung diakibatkan pada stasiun ini merupakan salah satu pusat pengembangan wisata di Waduk Cirata. Berkurangnya vegetasi di Stasiun Cibalagung pada akhirnya akan mengurangi input berupa serasah-serasah tumbuhan dari vegetasi tanaman yang merupakan salah satu makanan alami dari makrozoobenthos terutama dari golongan Gastropoda air tawar yang secara umum bersifat herbivora (Pennak 1953). Sedikitnya keberadaan tumbuhan air yang berfungsi sebagai makanan pada akhirnya akan mengurangi kelimpahan makrozoobenthos di Stasiun Cibalagung.

Tabel 1. Kelimpahan Makrozoobenthos Dalam Individu/m²

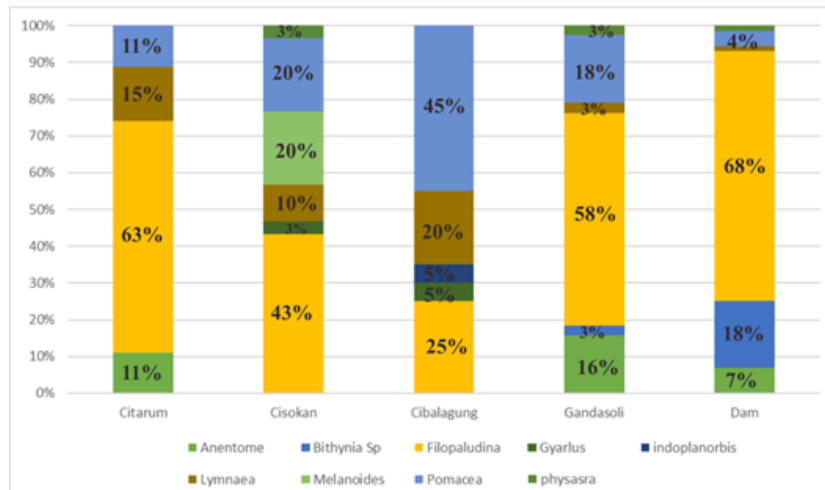
No.	Organisme	Lokasi				
		Citarum	Cisokan	Cibalagung	Gandasoli	Dam
1	Anentome	11	0	0	22	19
2	Bithynia	0	0	0	4	48
3	Filopaludina	63	48	19	81	181
4	Gyraulus	0	4	4	0	0
5	Indoplanorbis	0	0	4	0	0
6	Lymnaea	15	11	15	4	4
7	Melanoides	0	22	0	0	0
8	Pomacea	11	22	33	26	11
9	Physasra	0	4	0	4	4
Kelimpahan Total		100	111	74	141	267

Lokasi dengan kelimpahan makrozoobenthos yang paling tinggi terdapat pada daerah sekitar Dam dengan nilai kelimpahan mencapai 267 individu/m². Daerah Dam memiliki kelimpahan makrozoobenthos yang tinggi diduga akibat minimnya kegiatan manusia di daerah tersebut dikarenakan daerah Dam merupakan daerah terlarang bagi berlangsungnya kegiatan penangkapan ikan maupun budidaya ikan. Kegiatan manusia yang sedikit akan berimbas pada sedikitnya polutan yang masuk ke dalam badan perairan. Indeks keanekaragaman dan kelimpahan makrozoobenthos di Waduk Cirata umumnya lebih tinggi di bagian outlet waduk dikarenakan cemaran bahan organik yang rendah (Herawati 2006).

Kelimpahan makrozoobenthos di Stasiun Gandasoli juga tergolong tinggi. Stasiun Gandasoli adalah stasiun yang terletak diantara pusat kegiatan KJA di Tengah Waduk dan daerah terlarang kegiatan di Outlet Waduk. Tingginya kelimpahan makrozoobenthos di Stasiun Gandasoli diduga akibat banyaknya

vegetasi tumbuhan pada stasiun ini. Vegetasi tumbuhan pada akhirnya akan memberikan input berupa serasah yang dimanfaatkan sebagai makanan dari makrozoobenthos. Tingginya makanan yang ada pada Stasiun Gandasoli pada akhirnya akan meningkatkan kelimpahan makrozoobenthos pada stasiun tersebut.

Berdasarkan komposisi kelimpahan makrozoobenthos (Gambar 2) hampir pada setiap stasiun didominasi oleh Genus *Filopaludina* dengan kelimpahan relatif mencapai 68% kecuali pada stasiun cibalagung dimana makrozoobenthos dengan komposisi paling tinggi adalah *Pomacea* dengan kelimpahan relatif mencapai 45% dari keseluruhan jenis. *Filopaludina* dan *Pomacea* juga ditemukan pada setiap stasiun pengamatan menunjukkan kedua jenis tersebut memiliki kemampuan toleransi yang luas di Waduk Cirata. *Pomacea* sp atau dikenal dengan nama lokal keong murbei atau keong mas dilaporkan telah ditemukan di seluruh wilayah di Indonesia (Marwoto 2010).



Gambar 2. Komposisi Kelimpahan Makrozoobenthos di Perairan Waduk Cirata

Keong *Pomacea* secara umum menyukai berbagai tipe habitat baik pada perairan mengalir maupun pada perairan yang relatif tergenang, umumnya sangat sering dijumpai pada perairan danau yang relatif agak dalam dengan substrat lumpur dan banyak tumbuhan air. *Filopaludina* memiliki nama lokal keong tutut merupakan keong yang hidup di air tawar, biasanya hidup di perairan dengan substrat lumpur dengan aliran air yang lamban seperti pada perairan kolam dan danau. *Filopaludina* bernapas dengan menggunakan insang dan makan dengan cara *filter feeder*. Substrat perairan Waduk Cirata yang umumnya berupa pasir berlumpur (Lismana 2006) dan juga keberadaan tanaman eceng gondok hampir pada setiap lokasi di Waduk Cirata menjadikan jenis *Filopaludina* dan *Pomacea* dapat berkembang dengan baik pada setiap lokasi di Waduk Cirata.

Konsentrasi Logam Timbal (Pb) Air dan Sedimen

Hasil Pengukuran menunjukkan pada keseluruhan stasiun, kandungan logam timbal pada air berada dibawah batas kemampuan deteksi alat yaitu sebesar 0,01 ppm. Hal tersebut menunjukkan bahwa logam timbal

pada air berada pada konsentrasi yang sangat rendah. Hal serupa tidak ditunjukkan pada pengukuran logam timbal di sedimen, dimana dapat dilihat kandungan logam timbal pada sedimen cukup bervariasi pada setiap stasiun. Kandungan logam timbal yang terukur pada sedimen di Waduk Cirata berkisar antara 0,29 – 5,32 mg/kg. Dengan kandungan logam timbal yang terendah adalah pada stasiun Cibalagung dan kandungan logam timbal yang paling tinggi adalah pada stasiun Dam. Konsentrasi logam berat timbal yang terukur pada air dan sedimen di Waduk Cirata disajikan pada Tabel 8.

Pada dasarnya kandungan logam timbal pada air dan pada sedimen merupakan satu kesatuan dalam perairan logam timbal yang terlarut dalam air dapat berikatan dengan ligan-ligan dalam air dan membentuk senyawa yang lebih kompleks. Senyawa-senyawa yang kompleks tersebut akan mengendap ke dasar sedimen sehingga konsentrasi logam berat pada air akan berkurang sedangkan konsentrasi logam berat dalam sedimen menjadi lebih besar. Hal ini sejalan dengan pernyataan Riani (2012) bahwa pencemaran logam berat cenderung lebih terkumpul didalam sedimen perairan

Tabel 2. Hasil Pengukuran Logam Timbal pada Sedimen dan Air di Waduk Cirata

Stasiun	Sedimen/air	Kandungan (mg/kg)
Citarum	Sedimen	5,04
	Air	<0,01
Cisokan	Sedimen	4,22
	Air	<0,01
Cibalagung	Sedimen	0,29
	Air	<0,01
Gandasoli	Sedimen	4,88
	Air	<0,01
DAM	Sedimen	5,32
	Air	<0,01

Keterangan : batas bawah kemampuan deteksi alat 0,01 mg/kg

Logam timbal dalam sedimen perairan, dapat dilihat bahwa semakin menjauhi inlet Citarum konsentrasi logam timbal yang mengendap dalam dasar perairan berangsur-angsur menurun. Hal ini menunjukkan bahwa logam berat dari Inlet Citarum terendapkan secara perlahan hingga pada stasiun Inlet Cibalagung. Inlet Cisokan dan Inlet Cibalagung diduga bukan sumber utama pencemaran logam Timbal, hal ini bisa dilihat dari rendahnya kadar logam berat yang terukur pada kedua stasiun tersebut yang tidak memperlihatkan peningkatan konsentrasi logam timbal yang berarti baik pada sedimen dan air. Hal ini sejalan dengan pernyataan Garo (2001) yang menyatakan bahwa sumber pencemaran utama logam berat di Waduk Cirata merupakan inlet citarum. Setelah melewati tengah waduk (Stasiun Gandasoli dan Dam) dapat terlihat kembali peningkatan konsentrasi logam berat di dalam Sedimen. Hal ini menunjukkan adanya kemungkinan sumber logam timbal yang masuk ke dalam Waduk Cirata melalui bagian tengah waduk.

Bagian tengah Waduk Cirata merupakan pusat budidaya ikan dengan sistem Budidaya Karamba Jaring Apung. Diduga masukan logam berat yang berada di tengah waduk berasal dari masukan pakan ikan yang telah terkontaminasi logam timbal. Menurut monitoring BPWC pada tahun 2014 diketahui pakan yang digunakan pada budidaya KJA di Waduk Cirata mengandung logam timbal

dengan rata-rata konsentrasi logam timbal sebesar 1,162 mg/kg (BPWC 2014). Kebutuhan pakan ikan di Waduk Cirata sangat besar mengingat di Waduk Cirata sendiri terdapat hingga 53.031 petak KJA yang aktif beroperasi (PPSDAL 2012). Apabila setiap petak budidaya KJA membutuhkan 2116 kg pakan/petak/tahun (Gunawan dkk 2008) maka perkiraan masukan logam timbal yang masuk kedalam Waduk Cirata akibat pakan adalah sebesar 130,39 kg timbal / tahun. Penelitian mengenai logam berat pada pakan ikan memang belum banyak dilakukan meski publikasi adanya logam berat pada pakan ikan telah cukup banyak ditemui. Keberadaan logam berat non esensial pada pakan diduga berasal dari kualitas bahan baku pakan terutama pada penggunaan tepung ikan yang memang telah terkontaminasi logam berat (mutiara dkk 2013).

Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) pada Makrozoobenthos

Logam berat yang masuk kedalam perairan dapat terakumulasi dalam organisme yang hidup di perairan tersebut (Palar 2008). Berdasarkan hasil pengukuran, logam timbal telah terakumulasi kedalam organisme makrozoobenthos. Logam timbal yang terukur pada makrozoobenthos di Waduk Cirata memiliki kisaran 0,78 – 3,19 mg/kg (Tabel 3).

Tabel 3. Kandungan Logam Timbal pada Makrozoobenthos

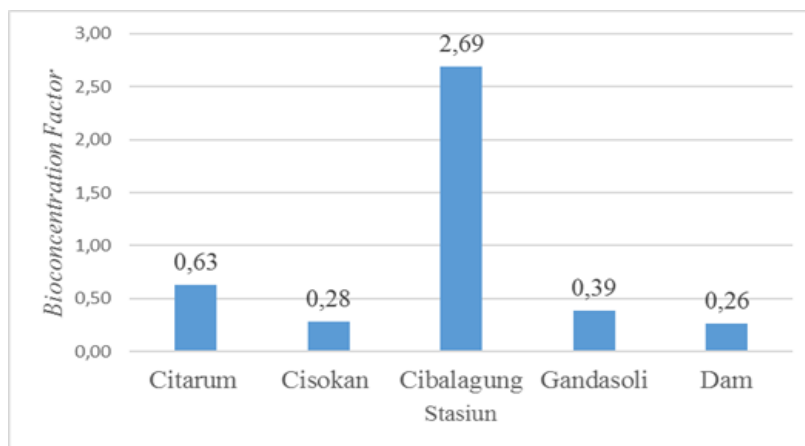
Sampel	Ulangan	Konsentrasi timbal (mg/kg)	rata-rata (mg/kg)
Muara Citarum	1 2	3,16 3,22	3,19
Muara Cisokan	1 2	1,18 1,18	1,18
Muara Cibalagung	1 2	0,78 0,77	0,78
Gandasoli	1 2	1,87 1,91	1,89
Dam	1 2	1,55 1,52	1,54

Secara umum konsentrasi logam timbal yang ada pada makrozoobentos lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi logam timbal pada sedimen perairan. Dapat dilihat bahwa kandungan logam timbal yang ada pada sedimen sangat berpengaruh pada kandungan logam timbal yang ada pada makrozoobenthos. Pada stasiun Muara Citarum, Muara Cisokan dan muara Cibalagung terjadi penurunan konsentrasi logam timbal pada sedimen kemudian diikuti juga dengan penurunan kandungan logam timbal pada makrozoobenthos pada stasiun tersebut. Kemudian pada stasiun Gandasoli dan DAM, konsentrasi logam timbal pada makrozoobenthos kembali naik dan diikuti dengan kenaikan kandungan logam timbal pada makrozoobenthos di stasiun tersebut. Faktor lingkungan yang mempengaruhi tingkat penyerapan logam berat ke dalam tubuh organisme adalah konsentrasi logam berat itu sendiri (Bayne 1976). Tingginya kandungan logam timbal yang ada pada sedimen juga diketahui berkorelasi positif dengan kandungan logam timbal yang ada pada makrozoobenthos (Amien 2007).

Untuk mengetahui seberapa besar kemampuan suatu organisme untuk mengakumulasi bahan pencemar dapat digunakan BCF (*Bioconcentration Factor*). Nilai BCF makrozoobenthos yang ada di Waduk Cirata berkisar antara 0,26 – 2,69 (Gambar 3). Nilai BCF terendah dapat diperoleh pada stasiun DAM dengan nilai BCF 0,26 yang berarti bahwa makrozoobenthos yang ada di stasiun Dam mampu

mengakumulasi logam berat 0,26 kali dari lingkungannya, dalam hal ini adalah dari sedimen. Menurut Power (1992) dalam Riani (2012) dikatakan bahwa tingginya konsentrasi logam yang ada pada sedimen belum tentu menyebabkan gejala toksisitas dan belum tentu juga dapat terakumulasi ke dalam organisme.

Stasiun Dam memiliki kualitas air yang paling memungkinkan logam untuk bersifat tidak bioavailable. pH Stasiun Dam berada pada kondisi paling basa di antara semua stasiun, sehingga memungkinkan logam untuk lebih mengendap dan bersifat tidak bioavailable. Beberapa studi juga menyatakan bahwa beberapa jenis makrozoobenthos memiliki kemampuan depurasi logam berat. Suryanto (2003) menyatakan bahwa adanya kemampuan eliminasi logam berat pada bivalvia *Perna viridis*. *Filopaludina martensi* juga diketahui memiliki kemampuan depurasi logam timbal yang diduga melalui mekanisme ekskresi melalui permukaan tubuh, ekskresi melalui saluran pencernaan dan ekskresi melalui urine (Jantatame 1996). Gupta (2011) menyatakan bahwa Gastropoda dan Bivalvia memiliki kemampuan homeostasis logam esensial maupun non esensial melalui pembentukan metallothioneins. Kemampuan depurasi juga dapat menjadi salah satu faktor yang dapat menjelaskan rendahnya BCF pada makrozoobenthos yang ada di Stasiun Dam. Meski begitu, masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan depurasi dari makrozoobenthos yang ada di Waduk Cirata.



Gambar 3. Nilai Bioconcentration Factor Logam Timbal pada Makrozoobenthos

Nilai BCF yang paling tinggi dapat ditemui pada makrozoobenthos yang ada di stasiun Cibalagung. Stasiun Cibalagung memiliki nilai BCF yang tinggi diperkirakan karena perbedaan kelimpahan dominan pada stasiun tersebut, dimana makrozoobenthos yang paling dominan adalah dari jenis Pomacea Sedangkan pada stasiun yang lain makrozoobenthos dengan kelimpahan terbesar adalah Filopaludina Perbedaan jenis organisme sangat mempengaruhi kemampuan dari organisme tersebut untuk mengakumulasi bahan pencemar. Perbedaan kelimpahan jenis ini pada akhirnya akan mempengaruhi nilai kandungan logam timbal yang terukur.

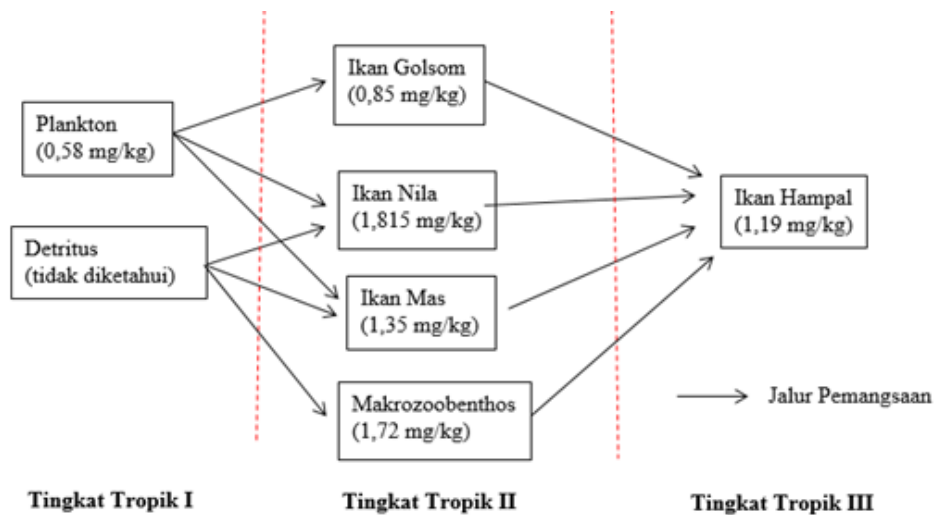
Peran Makrozoobenthos dalam Biomagnifikasi di Waduk Cirata

Rantai makanan di Waduk Cirata diduga bersumber dari fitoplankton, tumbuhan air dan detritus. Menurut Herawati (2004) ikan liar di Waduk Cirata terdiri dari beberapa tingkat tropik diantaranya ikan Nila, Golsom, dan nilem pada tingkat tropik II sebagai Herbivore dan Detrivore. Ikan Red Devil, Bobosok, Lalawak dan Hampal Sebagai ikan pada tingkat tropik III sebagai karnivora. Meski begitu terdapat beberapa ikan yang dapat menduduki dua tingkat tropik yang berbeda yaitu tingkat tropik II dan III dengan luas pemanfaatan pakan yang luas yaitu ikan Mas dan ikan baung yang berperan sebagai omnivora. Suatu Populasi tertentu memang dapat menduduki satu atau lebih dari tingkat tropik (Samingan 1978).

Kandungan logam timbal yang ada pada organisme plankton di Waduk Cirata

berkisar antara 0,01 – 2,20 mg/kg (Nurlailudin 2015). Sedangkan menurut PPSDAL (2014) ikan liar di Waduk Cirata diketahui memiliki kandungan logam timbal berkisar antara 0,76 – 1,84 mg/kg. Data sekunder yang ada kemudian dihubungkan dengan data primer berupa kandungan logam timbal pada makrozoobenthos yang ada di Waduk Cirata. Untuk mempermudah analisis, maka data kandungan logam timbal pada organisme dari setiap lokasi di Waduk Cirata di rata-ratakan.

Pola persebaran logam timbal dalam tingkat tropik di Waduk Cirata dapat dilihat pada Gambar 4. Plankton sebagai produsen memiliki kandungan logam timbal sebesar 0,91 mg/kg. Plankton kemudian dimangsa oleh ikan Golsom, Nila dan Mas. Hal ini menjadikan Ikan Golsom, Nila dan Mas tergolong tingkat tropik II pada rantai makanan rerumputan. Makrozoobenthos yang tergolong kedalam kelas gastropoda bersifat detrivora atau pemakan detritus sehingga juga berada pada tingkat tropik II pada rantai makanan sisa. Ikan golsom, nila dan mas berturut-turut memiliki kandungan logam timbal sebesar 0,85 mg/kg; 1,82 mg/kg dan 1,35 mg/kg secara umum lebih tinggi dari kandungan logam timbal pada plankton. Hal serupa juga ditunjukkan oleh makrozoobenthos dengan kandungan logam timbal 1,72 mg/kg. Ikan Hampal yang merupakan predator puncak di Waduk Cirata memiliki kandungan logam timbal sebesar 1,19 mg/kg, lebih besar dari plankton sebagai produsen dan ikan Golsom sebagai herbivora namun lebih kecil dari ikan mas, ikan nila dan makrozoobenthos.



Gambar 4. Pola Persebaran Logam Timbal pada Tingkat Tropik di Waduk Cirata
 Sumber : Nurlailudin (2015) dan BPWC (2015), diolah

Perbedaan kebiasaan makan pada ikan golsom, nila dan mas diduga menjadi alasan perbedaan nilai konsentrasi kandungan logam timbal pada ikan tersebut, dimana ikan dengan preferensi pemakan detritus (nila dan mas) memiliki kandungan logam timbal lebih tinggi dibandingkan dengan ikan yang murni hanya pemakan plankton saja (Golsom). Makrozoobenthos yang terdiri dari kelas gastropoda tergolong kedalam detrivora (Darmono 1995) sehingga lebih mudah untuk mengakumulasi logam berat dalam perairan.. Hal ini menjadikan makrozoobenthos, ikan mas dan ikan nila menjadi organisme dengan kandungan logam timbal paling tinggi dibandingkan dengan tingkat tropik lainnya.

Secara umum, indikasi adanya fenomena biomagnifikasi logam timbal hanya terjadi pada rantai makanan Plankton>ikan golsom>ikan hampal, sedangkan pada jalur yang lainnya tidak ditemukan adanya indikasi biomagnifikasi, termasuk pada rantai makanan detritus>makrozoobenthos>ikan hampal. Hal ini menunjukkan bahwa saat ini belum ditemukan peranan makrozoobenthos dalam fenomena biomagnifikasi di Waduk Cirata. kandungan logam berat pada organisme detrivor yang tinggi, hanya berpeluang kecil dalam mentransfer kandungan logam berat pada organisme yang berada pada tingkat tropik di atasnya (Prosi 1979 dalam Connell

et al. 1995). fenomena pembesaran logam pada rantai makanan memang tidak selalu terjadi pada suatu perairan, seperti yang terjadi pada situ lido dan tonjong, dimana tidak ditemukan adanya fenomena biomagnifikasi logam timbal pada perairan tersebut (Satya dkk 2011).

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Makrozoobenthos yang ditemukan di Waduk Cirata terdiri dari 9 Genus gastropoda dengan nilai kepadatan terendah pada stasiun Cibalagung dengan kepadatan 74 individu/m² dan yang paling tinggi adalah pada Stasiun Dam dengan kepadatan 267 individu/m².
2. Konsentrasi logam timbal pada makrozoobenthos berkisar antara 0,78 – 3,19 mg/kg dengan nilai rata-rata terendah berada pada Muara Cibalagung dan yang paling tinggi pada Muara Citarum.
3. Konsentrasi logam timbal pada sedimen berkisar antara 0,29 – 5,04 mg/kg, secara umum kandungannya lebih tinggi dari kandungan logam timbal pada makrozoobenthos.

4. Secara umum belum ditemukan peranan makrozoobentos dalam proses biomagnifikasi yang ada di Waduk Cirata.

Daftar Pustaka

- Amien, H. M. 2007. Kajian Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Seng (Zn) pada Air, Sedimen, dan Makrozoobentos di Perairan Waduk Cirata, Provinsi Jawa Barat. [Tesis]. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Ardi. 2002. Pemanfaatan Makrozoobentos Sebagai Indikator Kualitas Perairan Pesisir. Pascasarjana IPB : Bogor.
- Badan Pengelola Waduk Cirata. 2014. Laporan Pemeriksaan Kadar Logam Berat Pada Ikan, Pakan Ikan dan Sedimen Serta Kandungan Nutrisi pada Sedimen di Waduk Cirata. Bandung Barat. 36 Halaman.
- Barwick, M., dan W. Maher. 2003. Biotransference and Biomagnification of Selenium, Copper, Cadmium, Zinc, Arsenic and Lead in a Temperate Seagrass Ecosystem From Lake Macquarie Estuary, NSW. Australia. Marine Environmental Research 56(2003) Elsevier Science Direct. Page 471-502.
- Bayne, L. M. 1976. Marine Mussel : Their Ecology and Physiology. Cambridge University Press. London.
- Connel, D.W., dan G.J. Miller. 1995. Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran. UI Press. Jakarta.
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem biologi MakhluK Hidup. UI Press. Jakarta. 140 hlm.
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam. Universitas Indonesia, Jakarta, 179 hal.
- Dhahiyat, Y. 2011. Ekologi Perairan. Unpad Press, Bandung, 220 hal.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air. Kanisius. Yogyakarta. 258 hlm.
- Garno, Y.S. 2001. Status dan Karakteristik Pencemaran di Waduk Kaskade Citarum. Jurnal Teknologi Lingkungan, 2 (2): 207-213.
- Gupta, S.K., dan J. Singh. 2011. Evaluation of Mollusc as Sensitive Indicator of Heavy Metal Polution in Aquatic System : a Review. The IIOAB Journal, 2 (1) : 49-57.
- Herawati, H. 2004. Studi Kebiasaan Makan pada Ikan Hasil Tangkapan di Waduk Cirata. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNPAD: Sumedang.
- Jantataeme, S., M. Kruatrachue., S. Kaewsawangsap., Y. Chitramvong., P. Sretarugsa., dan E.S. Upatham. 1996. Acute Toxicity and Bioaccumulation of Lead in the Snail, *Filopaludina* (*Siamopaludina*) *martensi* (*Frauenfeldt*). Journal Sci Sx 22: 237-247.
- Lismana, I. 2006. Struktur Komunitas Makrozoobentos dan Kaitannya dengan Kandungan Logam Berat (Pb, Cu, dan Cd) pada Air dan Sedimen di Waduk Cirata, Jawa Barat. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.
- Marwoto, R.M., dan A.S. Nurinisyah. Keanekaragaman Keong Air Tawar Marga *Filopaludina* di Indonesia dan Status Taksonominya (Gastropoda : Viviparidae). Lipi. Bogor.
- Mutiara, A.A., I. Rustikawati., dan T. Herawati. 2013. Akumulasi Timbal dan Kadmium Serta Kerusakan pada Insang, Hati dan Daging Ikan Patin (*pangasiun* sp.) di Waduk Saguling. Jurnal Perikanan dan Kelautan 4(4) : 1-10.
- Novotony, V.H. dan Olem. 1994. Water Quality, Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution. Van Nostrans Reinhold. New York. 1054 hal.

- Nurlailudin, P.F. 2015. Analisis Logam Berat Timbal (Pb) Pada Komunitas Plankton di Waduk Cirata, Jawa Barat. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNPAD. Sumedang.
- Palar, H. 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta. 152 hal.
- Prescod, M.B. 1973. Investigation of Rational Effluent and Stream Standart for Tropical Countries. Bangkok. 59 hal.
- Riani, E. 2012. Perubahan Iklim dan Kehidupan Biota Akuatik (Dampak pada Bioakumulasi dan Beracun & Reproduksi). IPB Press. Bogor.
- Saputra, A. 2009. Bioakumulasi Logam Berat pada Ikan Patin yang Dibudidayakan di Perairan Waduk Cirata dan Laboratorium. [Tesis]. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Satya, A.T., Chrismadha., dan F. Sulawesty. Kajian Biomagnifikasi Logam Berat di Lingkungan Akuatik. *Limnotek* 1(18): 72-82
- Sumingan, T. 1978. Dasar-dasar Ekologi Umum Bagian 1. Pascasarjana Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. IPB. Bogor. 13 hlm.
- Suryanto, D. 2003. Pendugaan Laju Akumulasi Pb, Cd, Cu, Zn dan Ni Pada Kerang Hijau (*Perna viridis* L) Ukuran Lebih Dari 4,7 cm di Perairan Kamal Muara, Teluk Jakarta. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.
- Welch, P.S. 1952. *Lymnology* 2nd ed. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. 538 hal.