

BIOAKUMULASI LOGAM MERKURI PADA BEBERAPA TIPE KEBIASAAN MAKAN FUNSIONAL BIOTA AIR DI SUNGAI CIKANIKI

Gunawan Pratama Yoga*, Yoyok Sudarso*, Tri Suryono*, Awalina*,
Muhamad Suhaemi Syawal*, & Yustiawati*

ABSTRAK

Penambangan emas tanpa ijin (PETI) yang melibatkan ekstraksi emas dengan menggunakan logam merkuri telah menyebabkan peningkatan konsentrasi logam tersebut di Sungai Cikaniki. Keberadaan logam merkuri di perairan telah banyak dilaporkan menyebabkan bioakumulasi dan biomagnifikasi merkuri pada biota dan rantai makanan yang ada di perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bioakumulasi merkuri pada fauna makrobentik yang berbeda kebiasaan makan fungsionalnya pada daerah yang tercemar merkuri akibat aktivitas PETI. Lokasi penelitian meliputi daerah Cikaniki Hulu untuk daerah yang belum tercemar, dan Cisarua, Curug Bitung dan Lukut yang berlokasi di Sungai Cikaniki untuk daerah-daerah yang sudah tercemar oleh logam merkuri. Pada masing-masing lokasi pengamatan dilakukan pengambilan sampel air, sedimen dan biota air yang meliputi perifiton, fauna makrobentik dan ikan, untuk dianalisis konsentrasi logam merkurnya. Untuk melihat adanya gejala biomagnifikasi pada rantai makanan di perairan tersebut, maka biota air yang diperoleh kemudian dikelompokkan berdasarkan kebiasaan makan fungsionalnya yaitu, produsen primer/perifiton, scrapper, shredder, collector gatherer, collector filterer, dan predator. Dari hasil analisis diketahui bahwa bioakumulasi merkuri pada perifiton adalah yang tertinggi di antara kelompok kebiasaan makan fungsional yang diamati di Sungai Cikaniki, diikuti selanjutnya oleh kelompok scraper, collector filterer, collector gatherer, shredder dan terakhir predator. Pola bioakumulasi merkuri pada biota air dari hulu ke hilir menunjukkan pola peningkatan dengan akumulasi tertinggi berada di Curug Bitung, kecuali untuk kelompok kebiasaan makan fungsional scraper. Bioakumulasi merkuri pada biota perairan Sungai Cikaniki berkorelasi dengan konsentrasi merkuri pada media lingkungannya.
Kata kunci: merkuri, bioakumulasi, kebiasaan makan fungsional, perifiton, *scraper*, *shredder*, *collector gatherer*, *collector filterer*, predator sedimen

ABSTRACT

BIOACCUMULATION OF MERCURY ON AQUATIC BIOTA WITH DIFFERENT FUNCTIONAL FEEDING HABIT OF CIKANIKI RIVER. *Illegal gold mining and extraction using mercury has caused elevation of mercury concentration in the aquatic ecosystem of Cikaniki River. The presence of mercury in the aquatic ecosystem has been widely reported to cause mercury bioaccumulation and biomagnification in aquatic food web. This study aims to examine bioaccumulation of mercury in macrobenthic fauna with different functional feeding habit. The location of this study included the upstream of Cikaniki River (Cikaniki Hulu) as the uncontaminated area, and the sites along the river to the downstream of River Cikaniki (Cisarua, Curug Bitung and Lukut) as the mercury contaminated areas. Water, sediment and biota, including periphyton, macrobenthic fauna and fish were collected at each sampling location to be analyzed for its mercury content. To perceive the indication of biomagnification on the food chain in the aquatics, the biota obtained will be grouped based on their functional feeding habits i.e, primary producers / periphyton, scrapper, shredder, collector gatherer, collector filterer, and predators. The results of the study showed that the periphyton had the highest mercury bioaccumulation, subsequently followed by the scraper, the collector filterer, the collector gatherer, the shredder and finally the predator. Mercury bioaccumulation in aquatic biota from the upstream to the downstream increased, where the highest bioaccumulation observed was in Curug Bitung, except for the scraper where the highest accumulation was in Lukut. Overall mercury bioaccumulation in aquatic biota significantly correlates with the mercury concentrations in the environmental media.*

Keywords: mercury, bioaccumulation, functional feeding habit, periphyton, *scraper*, *shredder*, *collector gatherer*, *collector filterer*, sediment predator

* Staf Peneliti Puslit Limnologi-LIPI

PENDAHULUAN

Sungai Cikaniki mengalami peningkatan aktivitas antropogenik antara lain berupa ekstraksi logam emas yang dilakukan oleh penambang emas tanpa ijin (PETI) maupun yang berizin (PT. Antam). Penggunaan logam merkuri pada S. Cikaniki telah banyak diketahui dan digunakan oleh Penambang Emas Tanpa Ijin (PETI) dalam ekstraksi bijih emas. Air bekas cucian dari ekstraksi bijih emas tersebut umumnya masih mengandung konsentrasi logam merkuri yang relatif tinggi, sehingga dikhawatirkan akan mencemari S. Cikaniki dan mengancam kehidupan biota akuatik pada sungai tersebut. Diperkirakan 4,8 ton larutan merkuri dibuang ke sungai Cikaniki oleh penambang tanpa ijin setiap tahunnya (Anonim, 2009). Dari data Pemda Kabupaten Bogor tahun 1999 jumlah PETI yang melakukan penambangan di ruas S. Cikaniki diperkirakan 6000 orang (Anonim 2000). Adanya aktivitas tersebut di sekitar ruas S. Cikaniki dikhawatirkan dapat mengganggu keseimbangan ekologi biota akuatik yang ada di dalamnya maupun kesehatan manusia. Menurut Anonim (2000) status kontaminasi logam merkuri di air sungai Cisadane relatif tinggi hingga mencapai 3,33 ppb.

Pencemaran merkuri pada sungai lainnya di Indonesia akibat aktivitas PETI juga telah dilaporkan oleh peneliti terdahulu. Limbong *et al.* (2005) yang melakukan penelitian di Sungai Raratotok (Sulawesi Utara) menunjukkan peningkatan konsentrasi logam merkuri di air dan sedimen dari aktivitas PETI berturut-turut mencapai 0,25 µg/l dan 40 mg/kg berat kering.

Merkuri merupakan bahan pencemar yang penyebarannya sebagian besar melalui bahan makanan. Logam tersebut di lingkungan perairan dapat mengalami biometilasi dan berpotensi menjadi *bioavailable* atau toksik ke biota akuatik melalui rantai makanan (Gilbertson &

Carpenter, 2004). Di dalam tubuh makhluk hidup merkuri menyebabkan gangguan neuromotorik dan neuropati (Barbosa *et al.*, 2003 ; Chen *et al.*, 2009). Sedangkan pada biota air di samping menyebabkan kematian, merkuri pada konsentrasi sub lethal dilaporkan menyebabkan penurunan kemampuan mencari makan, ketidakmampuan menghindari pemangsa, penurunan kemampuan berkembang biak, penurunan pertumbuhan dan penyimpangan tingkah laku (Bank, *et al.*, 2007).

Merkuri biasanya ditemukan dalam tiga bentuk oksidatif yaitu Hg^0 , Hg^{-1} , dan Hg^{-2} . Melalui serangkaian transformasi kimiawi yang kompleks di alam memungkinkan merkuri berubah bentuk, namun demikian metilasi merupakan tahap yang paling penting bagi merkuri untuk masuk dalam rantai makanan di perairan (Barbosa *et al.*, 2003). Di samping itu, begitu memasuki perairan merkuri mempunyai kecenderungan untuk berakumulasi pada biota perairan yang kemudian pada akhirnya akan menyebabkan biomagnifikasi pada rantai makanan di perairan (Bank *et al.*, 2006 ; Chen *et al.*, 2009 ; Santoro *et al.*, 2008).

Dengan kondisi seperti itu, maka perlu dilakukan penelitian guna mengkaji dampak dari peningkatan konsentrasi merkuri akibat penambangan emas tanpa ijin (PETI) di sekitar Sungai Cikaniki terhadap akumulasi merkuri pada komponen biota akuatik yang ada di dalamnya..

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji bioakumulasi merkuri pada fauna makrobentik yang berbeda kebiasaan makan fungsionalnya pada daerah yang tercemar merkuri akibat aktivitas PETI.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan Waktu Pengambilan Sampel

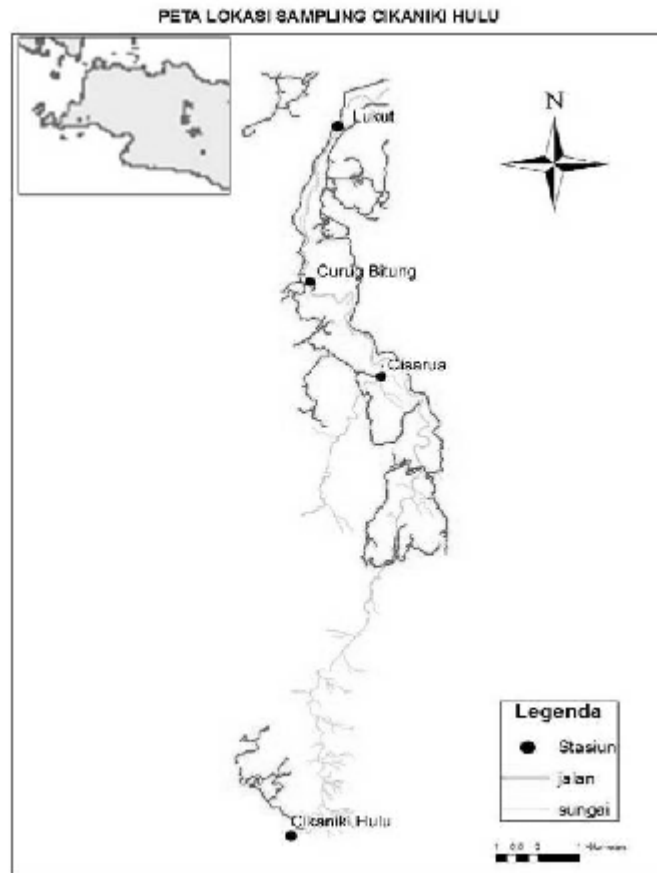
Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan bantuan peta rupa bumi dengan skala 1:125.000 yang didapatkan dari Badan Koordinasi Survei Pertanahan Nasional

(Bakosurtanal) dan informasi data sekunder dari penelitian sebelumnya mengenai PETI di S. Cikaniki (Syawal, 2000 ; Halimah, 2002). Penentuan posisi lokasi sampling di lapangan dilakukan dengan menggunakan alat *Global Positioning System* (GPS). Koordinat hasil pengukuran dengan GPS di lapangan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1. Pengambilan sampel air, biota dan sedimen untuk daerah yang tercemar dilakukan di daerah Cisarua, Curug Bitung

dan Lukut yang terletak di bantaran S. Cikaniki – anak sungai dari Sungai Cisdane kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor. Sedangkan untuk mengetahui *background concentration* kualitas sedimen, dilakukan pengambilan sampel sedimen di daerah yang belum tercemar yaitu di Sungai Cikaniki Hulu yang berada d bagian hulu DAS Cisdane, di daerah Gunung Halimun. Sampel air dan biota juga diambil di derah yang belum tercemar.

Tabel 1. Koordinat Lokasi Pengambilan Sampel

No.	Lokasi	Lintang Selatan	Bujur Timur	Ketinggian (m)
1	Cikaniki Hulu	06° 44' 18''	106° 31' 51''	1.111
2	Cisarua	06° 38' 10''	106° 33' 25''	437
3	Curug Bitung	06° 37' 01''	106° 32' 32''	351
4	Lukut	06° 34' 47''	106° 32' 53''	299



Gambar 1. Lokasi Sampling S. Cikaniki

Sampel perifiton diambil dari bebatuan yang terendam di daerah litoral dengan cara menyikat batu, yang sebelumnya diletakkan di dalam nampan plastik, menggunakan sikat gigi, kemudian membilasnya dengan menggunakan akuades, lalu ditampung pada kantong plastik. Sampel perifiton kemudian didinginkan di dalam kotak pendingin sebelum dibekukan di dalam lemari pendingin sampai dianalisis kandungan merkurnya.

Pengambilan sampel organisme fauna makrobentik dilakukan dengan menggunakan alat *D frame kick-net* yang saringannya berpori-pori 0,5 mm. Di bagian depan dari alat *D frame kick-net* dilakukan pengadukan dengan menggunakan kaki, sehingga hewan bentos tersebut hanyut dan masuk ke dalam *kick net* tersebut. Panjang dari ruas sungai yang disampling adalah 5 m selama 5 menit terutama pada bagian jeram yang relatif dangkal (Bode *et al.* 1991). Hewan dan seresah yang telah terkumpul dalam saringan kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik yang sudah diberi larutan pengawet formalin 10%. Sampel fauna makrobentik tersebut dipisahkan di laboratorium sebelum dikelompokkan berdasarkan kebiasaan makan fungsionalnya (Barbour *et al.*, 1999).

Sampel ikan di Cisarua di dapat dengan menggunakan *hand net* pada saat pengambilan sampel bentos. Di Lukut, sampel ikan didapat dengan menggunakan alat pancing. Sampel ikan diawetkan dengan cara didinginkan di dalam kotak pendingin, dan sesampainya di Laboratorium dipindahkan ke dalam *freezer* lemari pendingin sampai dianalisis kandungan merkurnya.

Bioakumulasi pada Kebiasaan Makan Fungsional

Untuk melihat bioakumulasi merkuri maka dilakukan analisis konsentrasi logam berat merkuri yang terdapat pada biota air pada masing-masing tingkatan trofik dan kebiasaan makan fungsional biota tersebut.

Pengelompokan biota air berdasarkan kebiasaan makan fungsional yang ditemukan di lokasi penelitian adalah (1) predator yaitu, semua biota air yang menangkap dan memakan mangsanya hidup-hidup (Cummins & Klug, 1979 ; Merritt & Cummins, 2006), (2) *scrapper* yaitu, biota yang sumber makanannya adalah perifiton yang berada di bawah permukaan air (Merritt & Cummins, 2006), (3) *shredder* yaitu, biota yang mengkonsumsi bahan organik kasar seperti dedaunan (Merritt & Cummins, 2006), terutama yang sudah mengalami pembusukan oleh mikroorganisme (Cummins & Klug, 1979), (4) *Collector gatherer* dan (5) *collector filterer* yaitu, biota air yang mengkonsumsi serpihan-serpihan bahan organik (Merritt & Cummins, 2006). Beda di antara keduanya adalah apabila *collector filterer* mengkonsumsi bahan organik tersebut dengan cara menyaring bahan organik yang tersuspensi di badan air, sedangkan *collector gatherer* dengan cara mengumpulkan bahan organik tersebut yang berada di sedimen perairan (Cummins & Klug, 1979).

Analisis Konsentrasi Merkuri pada Fauna makrobentik

Metode determinasi digunakan adalah adopsi dari berbagai sumber antara lain menurut Smoley (1992) dan Csuros & Csuros (2002) dan Rojas & Espinoza (2006). Dari larutan stok 1000 mg/L dibuat tiga larutan *intermediate* dengan konsentrasi 50 mg/L (intm1), 50 µg/L (intm 2), dan 100 ng/L (intm 3).

Volume akhir sampel setelah digesti ditetapkan menjadi 25 mL. Sedangkan variasi proses pengenceran sebelum masuk ke instrumen HG-310 bervariasi antara 10 kali hingga 1000 kali.

Penetapan Konsentrasi Merkuri dalam Contoh Air dan Sedimen

Analisis logam merkuri dalam sampel air dilakukan menurut metode Spektrometri Serapan Atom uap dingin

(*Cold-Vapor Atomic Absorptium Spectrometric Methods*) AWWA WEF 2005. Sampel air didestruksi dengan 1 ml H₂SO₄ pekat, 1 ml HNO₃ pekat, 2 ml KMnO₄ (50g/L), dan 1 ml K₂S₂O₈ (80g/L). Larutan tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 95 °C selama 2 jam. Keberadaan larutan KMnO₄ yang berlebih dihilangkan dengan menambahkan larutan hidrosilamin klorida (10%). Konsentrasi merkuri diukur dengan menggunakan alat *Mercury Analyzer Hiranuma Hg-300*.

Analisis logam merkuri (Hg) di sedimen dilakukan berdasarkan Akagi dan Nishimura (1993). 0,5 gram cuplikan sedimen ditambah dengan 1 ml larutan 36 N H₂SO₄ (1:1), 1 ml 15 N HNO₃, dan 10 ml 0,1 M KMnO₄ kemudian dikocok, lalu ditambahkan 5 ml K₂S₂O₈ 5%. Larutan yang terekstrak dianalisis dengan *Mercury Analyzer HG-300*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rata-rata konsentrasi logam merkuri pada kompartemen air total berkisar antara 0,152 ppb dan 5,577 ppb. Rata-rata konsentrasi merkuri pada partikulat yang terlarut berkisar antara 0,06 ppb dan 5,84 ppb, sedangkan pada sedimen konsentrasi merkuri jauh lebih tinggi dibandingkan pada kompartemen sebelumnya, di mana rata-rata konsentrasinya antara 11,02 ppm sampai dengan 0,25 ppm. Data selengkapnya

mengenai konsentrasi merkuri pada ketiga kompartemen abiotik tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Sebagian besar logam merkuri di air terdapat dalam bentuk partikulat, kecuali di daerah Cikaniki Hulu, yang merupakan daerah acuan yang belum tercemar oleh merkuri. Proporsi merkuri dalam bentuk partikulat di daerah Cikaniki Hulu sebesar 39,5% sedangkan di daerah yang telah tercemar merkuri, Cisarua, Curug Bitung dan Lukut berturut-turut adalah 87,2%, 84,8%, dan 83,6%. Di samping itu juga diketahui bahwa deposit merkuri di sedimen mencapai 1600 sampai dengan 2400 kali konsentrasi merkuri di air.

Kandungan logam merkuri pada biota terpilih berdasarkan kelompok kebiasaan makan fungsionalnya di semua lokasi pengamatan berkisar antara 0,458 µgHg/g pada predator (insekta) sampai dengan 1,456 µgHg/g pada perifiton (Tabel 4).

Kelompok kebiasaan makan fungsional yang dianalisis konsentrasi merkurnya berturut-turut adalah *shredder* yang meliputi 3 famili yang terbagi dalam 3 ordo, *Scraper/Grazer* yang meliputi 8 famili yang terbagi dalam 5 ordo, *Gatherer Collector* yang meliputi 6 famili yang meliputi 3 ordo, *Filterer Collector*, 4 famili, meliputi 2 ordo dan *Predator*, 5 famili, meliputi 4 ordo (Tabel 5).

Tabel 3. Rata-rata Konsentrasi Logam Merkuri di Air, Partikulat dan Sedimen di Sungai Cikaniki

No	Lokasi	Air		Sedimen (ppm)
		Total (ppb)	Partikulat (ppb)	
1	Cikaniki Hulu	0,152 ± 0,035	0,06 ± 0,02	0,25 ± 0,11
2	Cisarua	6,330 ± 5,145	5,52 ± 3,70	13,48 ± 1,93
3	Curug Bitung	6,889 ± 4,956	5,84 ± 4,73	16,62 ± 11,36
4	Lukut	5,477 ± 4,340	4,58 ± 3,44	11,02 ± 8,86

Tabel 4. Rata-rata Bioakumulasi Merkuri pada Biota Perairan Berdasarkan Kelompok Kebiasaan Makan Fungsionalnya

Kebiasaan makan fungsional	n	Rata-rata $\mu\text{Hg/g} \pm$ Standar deviasi
Perifiton	9	1,456 \pm 1,025
<i>Collector filterer</i>	10	0,897 \pm 0,510
<i>Collector gatherer</i>	10	0,820 \pm 0,658
<i>Scraper</i>	6	1,138 \pm 0,764
<i>Shredder</i>	11	0,567 \pm 0,500
Predator (insekta)	3	0,458 \pm 0,505
Predator (ikan)	8	0,563 \pm 0,289

Tabel 5. Kelompok Biota Makroinvertebrata (ordo dan family) Berdasarkan Kebiasaan Makan Fungsionalnya

Kebiasaan makan fungsional	Ordo	Famili
<i>Shredder</i>	Plecoptera Diptera Ephemeroptera	Nemouridae Tipulidae Baetidae/Acerpenna
<i>Scraper/Grazer</i>	Trichoptera Trichoptera Ephemeroptera Ephemeroptera Ephemeroptera Coleoptera Coleoptera Lepidoptera	Glossosomatidae Molannidae Heptagenidae Baetidae/Platybaetis Prosopistomatidae Psephenidae Scirtidae Pyralidae/Nymphulinae
<i>Gatherer Collector</i>	Diptera Diptera Diptera Coleoptera Ephemeroptera Ephemeroptera	Chironomidae/Chironominae Chironomidae/orthocladinae Ceratopogonidae/Bezzia Elmidae Caenidae Leptophlebiidae
<i>Filterer Collector</i>	Trichoptera Trichoptera Trichoptera Diptera	Hydropschidae Philopotamidae Polycentropidae Simulidae
<i>Predator</i>	Odonata Plecoptera Coleoptera Hemiptera	Diphlebiidae, Hemiplebiidae Perlidae Hydrophilidae/Berosus Naucoridae

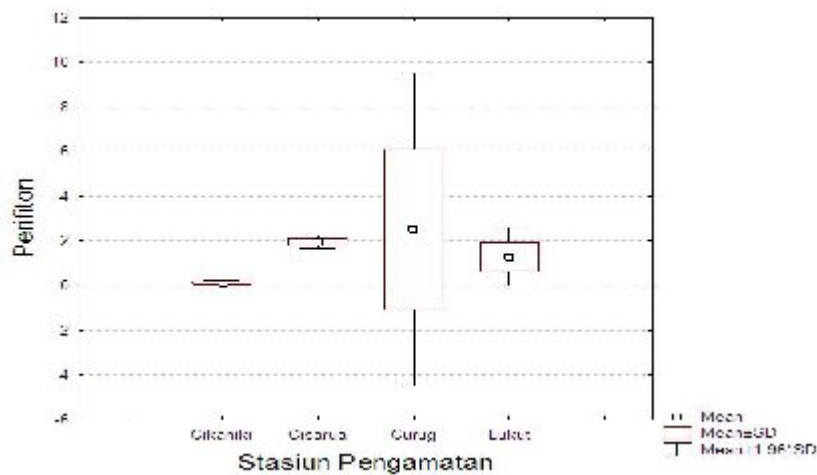
Perifiton

Konsentrasi merkuri yang terakumulasi pada perifiton rata-rata 1,456 $\mu\text{g/g}$. Konsentrasi merkuri pada kelompok ini merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan konsentrasi merkuri pada kebiasaan makan fungsional yang lain. Pada sungai berukuran kecil sampai sedang perifiton merupakan produsen primer dan menjadi basis rantai makanan (Bell & Scudder, 2007).

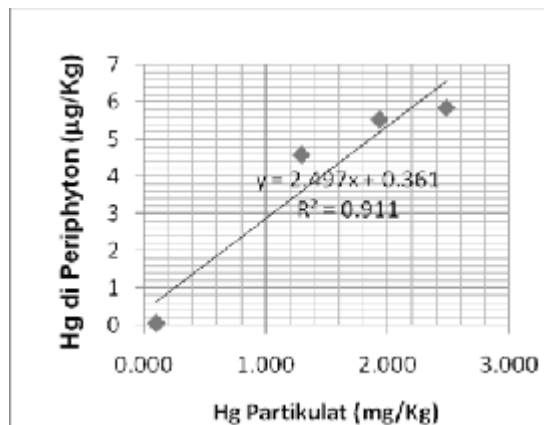
Bioakumulasi merkuri di perifiton

dari hulu ke hilir menunjukkan peningkatan rata-rata berkisar antara 12 – 25 kali. Rata-rata peningkatan yang tinggi ini menunjukkan adanya peningkatan pencemaran merkuri yang cukup tinggi di daerah hilir.

Peningkatan bioakumulasi merkuri di perifiton berkorelasi erat dan bersifat linier dengan peningkatan konsentrasi merkuri pada bahan-bahan partikulat yang tersuspensi pada air permukaan (Gambar 4).



Gambar 3. Grafik Bioakumulasi Merkuri ($\mu\text{gHg/g}$) di Perifiton pada Masing-masing Stasiun Pengamatan



Gambar 4. Hubungan antara Bioakumulasi Merkuri di Perifiton dengan Konsentrasi Merkuri pada Bahan-bahan Partikulat Tersuspensi di Air Permukaan.

Collector Filterer dan Collector Gatherer

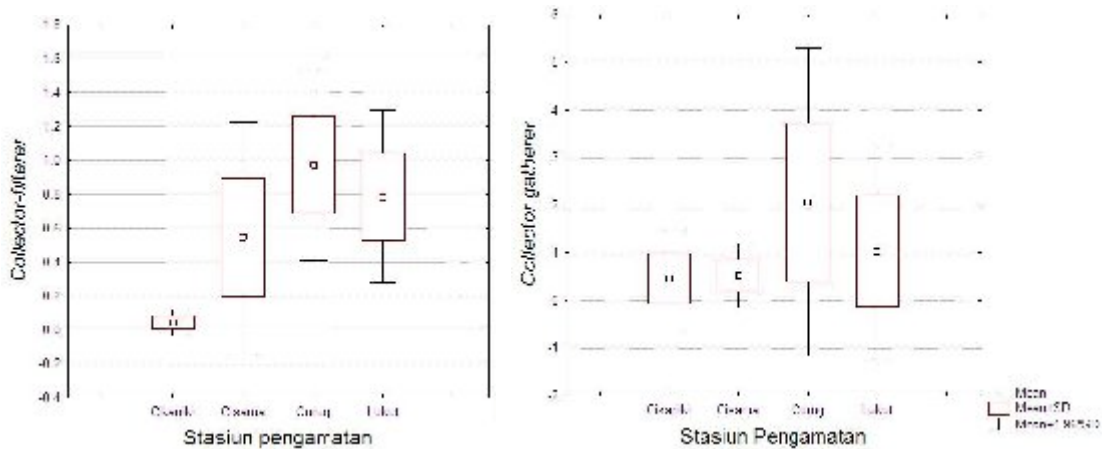
Bioakumulasi merkuri pada kelompok *collector filterer* berkisar antara 0,324 $\mu\text{gHg/g}$ dan 2,065 $\mu\text{gHg/g}$ dengan rata-rata bioakumulasi mencapai 0,897 $\mu\text{gHg/g}$. Sedangkan pada kelompok *collector gatherer* terendah 0,193 $\mu\text{gHg/g}$, tertinggi 2,368 $\mu\text{gHg/g}$ dengan rata-rata bioakumulasi 0,820 $\mu\text{gHg/g}$.

Collector filterer dan *collector gatherer* adalah kelompok kebiasaan makan fungsional yang sumber makanannya adalah bahan organik partikel halus (FPOM; *fine particulate organic matter*). Sumber utama FPOM di perairan adalah bahan-bahan organik partikulat baik yang terhanyut di badan air maupun yang ada di sedimen (Cummins & Klug, 1979; Santoro *et al.*, 2008). Tingginya rata-rata konsentrasi merkuri pada partikulat tersuspensi dan di sedimen sungai Cikaniki yang berturut-turut berkisar antara 0,06 $\mu\text{g/Kg}$ di Cikaniki Hulu

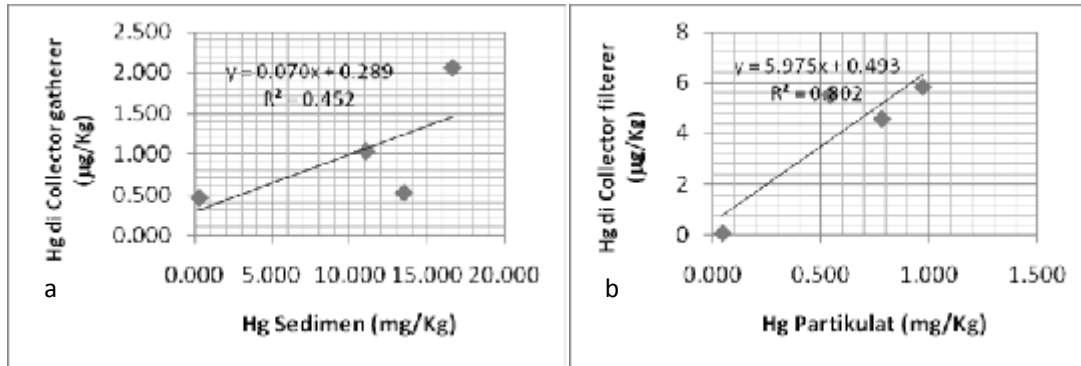
sampai dengan 5,84 $\mu\text{g/Kg}$ di Curug Bitung dan 0,256 mg/Kg di Cikaniki Hulu sampai dengan 16,628 mg/Kg di Curug Bitung menyebabkan tingginya bioakumulasi merkuri pada kedua kelompok kebiasaan makan fungsional tersebut.

Dari hulu ke hilir, akumulasi merkuri pada kelompok *collector* ini menunjukkan peningkatan yang cukup tinggi, terutama di Curug Bitung. Peningkatan akumulasi merkuri pada kelompok *collector filterer* berkisar antara 12 sampai 22 kali dan 1 – 4,5 kali pada kelompok *collector gatherer*.

Korelasi antara bioakumulasi merkuri pada *collector gatherer* dengan merkuri sedimen dan antara *collector filterer* dengan merkuri di partikulat menunjukkan pola yang linier. Namun demikian korelasi antara *collector gatherer* (Gambar 6a.) dengan merkuri di sedimen tidak sekuat korelasi antara *collector filterer* (Gambar 6b.) dengan merkuri di partikulat terlarut.



Gambar 5. Grafik Bioakumulasi Merkuri ($\mu\text{gHg/g}$) di *Collector Filterer* (kiri) dan *Collector Gatherer* (kanan) pada Masing-masing Stasiun Pengamatan



Gambar 6. Hubungan antara Bioakumulasi Merkuri di *collector gatherer* (a) dan *collector filterer* (b) dengan Konsentrasi Merkuri pada Sedimen Bahan-bahan Partikulat Tersuspensi di Air Permukaan.

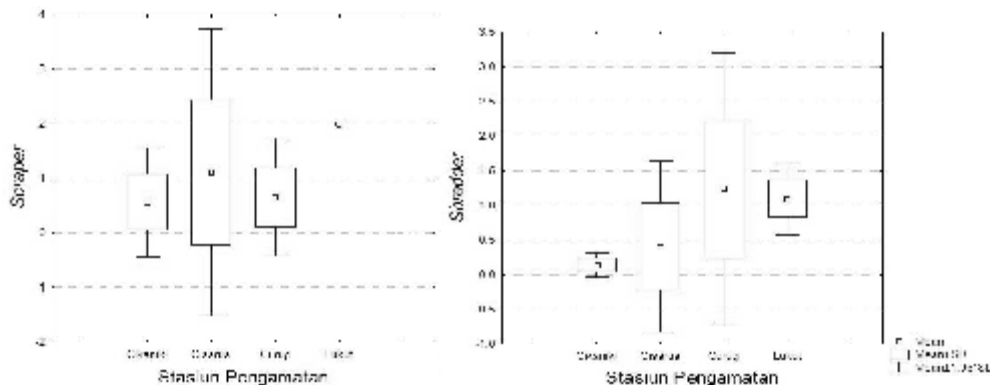
Scraper dan Shredder

Konsentrasi merkuri pada kelompok *Scraper* berkisar antara 0,258 µgHg/g – 2,048 µgHg/g dengan rata-rata konsentrasi merkuri 1,138 µgHg/g. Konsentrasi merkuri pada kelompok ini merupakan yang tertinggi di antara kelompok kebiasaan makan fungsional yang lain. Tingginya akumulasi merkuri pada scraper dikarenakan sumber makanan kelompok ini adalah perifiton (Cummins & Klug, 1979).

Akumulasi merkuri dari hulu ke hilir pada kelompok *scraper* menunjukkan peningkatan. Akumulasi merkuri tertinggi terjadi di Lukut (Gambar 7). Pola ini menunjukkan perbedaan dibanding dengan pola akumulasi yang terjadi pada kelompok kebiasaan makan fungsional yang lain, di mana bioakumulasi merkuri tertinggi biasanya terjadi di Curug Bitung.

Shredder biasanya lebih menyukai Bahan organik partikel kasar (*Coarse Particulate Organic Matter*; CPOM) yang dikumpulkan dan dikondisikan oleh mikroorganisme. Dengan demikian kelompok ini lebih menyukai dedaunan yang cepat membusuk (Cummins & Klug, 1979). Konsentrasi merkuri pada kelompok shredder ini berkisar antara 0,023 µgHg/g - 1,408 µgHg/g dengan rata-rata 0,567 µgHg/g. Konsentrasi merkuri pada kelompok *shredder* merupakan yang terendah di antara kelompok kebiasaan makan fungsional yang lain yang berada pada tingkat trofik 2. Hal ini dikarenakan dedaunan yang menjadi sumber makanan kelompok shredder berasal dari luar perairan yang kemungkinan tidak mengakumulasi merkuri.

Korelasi antara akumulasi merkuri

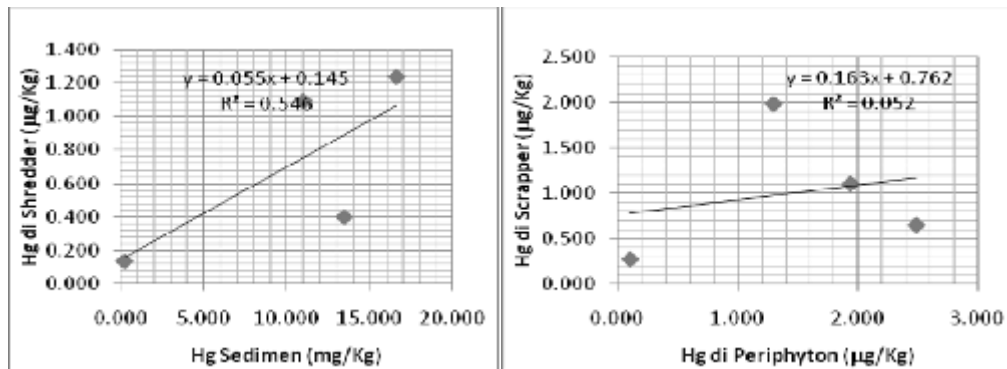


Gambar 7. Grafik Bioakumulasi Merkuri (µgHg/g) di *Scraper* (kiri) dan *Shredder* (kanan) pada Masing-masing Stasiun Pengamatan

pada *shredder* dengan konsentrasi merkuri di sedimen tidak sekuat korelasi bioakumulasi merkuri pada kebiasaan makan fungsional yang lain dengan konsentrasi merkuri pada sedimen atau fraksi partikulatnya. Sedangkan bioakumulasi merkuri pada *scraper* tidak berkorelasi dengan konsentrasi merkuri yang ada pada perifiton yang seharusnya menjadi sumber makanan utamanya.

dikarenakan efisiensi transfer merkuri melalui jaring-jaring makanan dipengaruhi oleh bentuk merkuri di perairan. Sehingga walaupun merkuri anorganik (Hg(II)) mudah terakumulasi, namun juga cepat terdepurasi dari tubuh ikan.

Pola akumulasi merkuri pada predator juga menunjukkan peningkatan dari hulu ke hilir dengan akumulasi tertinggi terjadi di Curug Bitung. Akumulasi merkuri



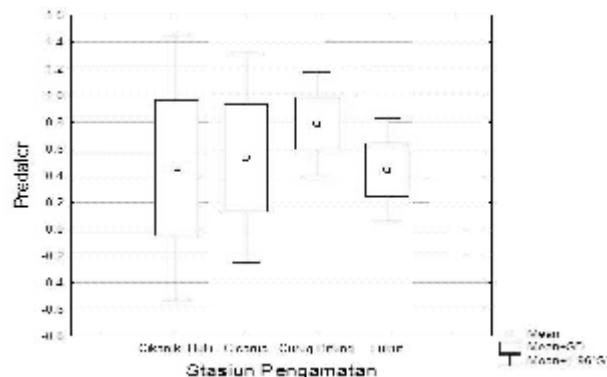
Gambar 8. Hubungan antara Bioakumulasi Merkuri di *shredder* (kiri) dan *scraper* (kanan) dengan Konsentrasi Merkuri pada Sedimen Bahan-bahan Partikulat Tersuspensi di Air Permukaan.

Predator

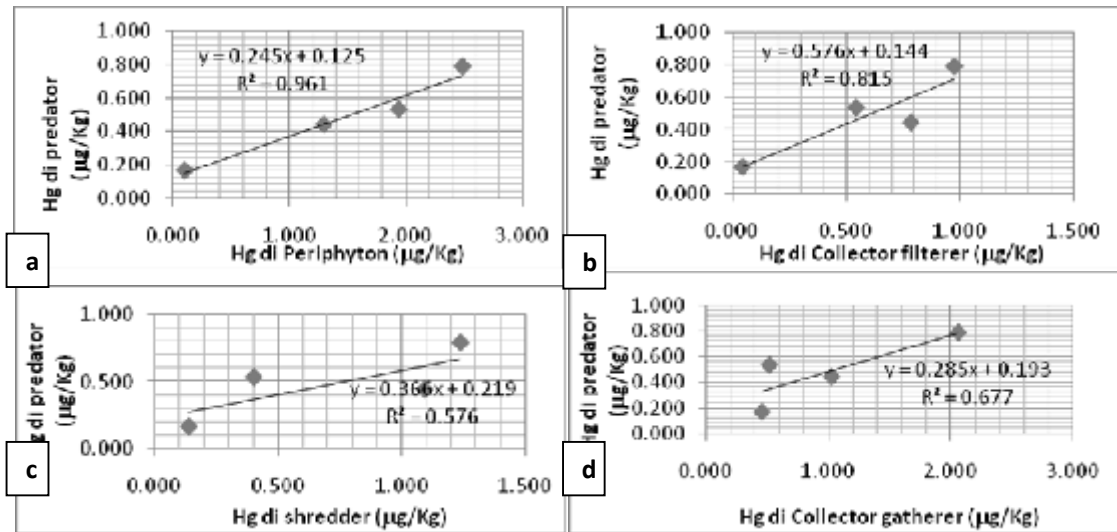
Predator pada penelitian ini terbagi menjadi dua kelompok yaitu, kelompok insekta yang hanya di temukan di daerah Cikaniki Hulu, dan kelompok ikan yang didapatkan di tiga lokasi di bagian hilirnya.

Predator mengakumulasi merkuri paling rendah apabila dibandingkan dengan kelompok kebiasaan makan fungsional yang lain. Hal ini menurut Hope (2003) dapat

pada predator yang sebagian besar adalah ikan di semua lokasi pengamatan sudah berada di atas ambang batas dari beberapa nilai ambang batas merkuri untuk konsumsi ikan. USEPA (2001) dan Badan Kesehatan Dunia (Desrosiers et al., 2006) yang menyatakan bahwa konsentrasi merkuri di dalam daging ikan untuk dapat dikonsumsi oleh manusia berturut-turut adalah 0,3 mg/Kg dan 0,5 ppm.



Gambar 9. Grafik Bioakumulasi Merkuri (µgHg/g) di Predator pada Masing-masing Stasiun Pengamatan



Gambar 10. Hubungan antara Bioakumulasi Merkuri di Predator dengan Konsentrasi Merkuri pada Perifiton (a), *collector filterer* (b), *shredder* (c) dan *collector gatherer* (d)

Peningkatan akumulasi merkuri pada predator berkorelasi kuat dengan bioakumulasi merkuri di perifiton *collector filterer*, kemudian berikutnya dengan *collector filterer* dan yang terlemah adalah dengan bioakumulasi merkuri pada *shredder*.

KESIMPULAN

Bioakumulasi merkuri pada perifiton adalah yang tertinggi di antara kelompok kebiasaan makan fungsional yang diamati di Sungai Cikaniki, kemudian selanjutnya diikuti oleh kelompok *scraper*, *collector filterer*, *collector gatherer*, *shredder*, dan terakhir predator. Pola bioakumulasi merkuri pada biota air dari hulu ke hilir menunjukkan pola peningkatan dengan akumulasi tertinggi berada di Curug Bitung, kecuali untuk kelompok kebiasaan makan fungsional *scraper*. Bioakumulasi merkuri pada biota perairan Sungai Cikaniki berhubungan erat dengan konsentrasi merkuri pada media lingkungannya, kecuali pada kelompok kebiasaan makan fungsional *scraper* yang tidak ada hubungannya dengan konsentrasi merkuri di perifiton.

DAFTAR PUSTAKA

- Akagi H. & H. Nishimura 1991, Speciation of Mercury in The Soils and Sediments Environment, In: T. Suzuki (eds): advances in mercury toxicology, Plenum Press New York, 53-76.
- Anonim, 2000, Merkuri Cemari Air Baku PAMJakarta, <http://www2.kompas.com/kompas-cetak/0002/10/metro/merk17.htm>, diakses tanggal 23 maret 2009.
- Anonim, 2009, Menggali Emas Menabur Benih Bencana, http://mobile.liputan6.com/?c_id=8&id=74905, [diakses tanggal 24 maret 2009].
- APHA, AWWA, WEF., 2005, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 st Edition. Edited by. A.D. Eaton, L.S. Clesceri, E.W. Rice and A.K. Greenberg, APHA, Washington, Publish. Office, Washington.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B. 1999, Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish. Second Edition. EPA

- 841-B-99-002, U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington, D.C. xiv, 11 chapters, 4 appendices.
- Bell, A. H., & Scudder, B. C., 2007, Mercury Accumulation in Periphyton of Eight River Ecosystems, *Journal of The American Water Resources Association (JAWRA)* 43(4): 957 – 968.
- Barbosa, A. C., de Souza, J., Dorea, J. G., Jardim, W. F., & Fadini, P. S. (2003), Mercury Biomagnification in a Tropical Black Water, Rio Negro, Brazil, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 45, 235-246.
- Bode R.W., M.A. Novak, & L.E. Abele, 1991, *Methods for Rapid Biological Assessment of Stream*, NYS Dept. of Environmental Conservation, Albany, New York, 57pp.
- Cummins, K.W. & M.J. Klug, 1979, Feeding Ecology of Stream Invertebrates, *Annual Review of Ecology and Systematics* 10: 147-172.
- Csuros, M. & Csuros, C., 2002, Cold vapour AAS for Solid and semi solids *In: Environmental Sampling and Analysis for metals*, Hal. 149, Lewis Publishers. 372 pp.
- Desrosiers, M., Planas, & D., Mucci, A., 2006, Total Mercury and Methyl Mercury Accumulation in Periphyton of Boreal Shield Lakes: Influence of Watershed Physiographic Characteristics, *Science of the Total Environment*, 355. pp. 247 - 258.
- Halimah, S., 2002, *Pengkajian Pencemaran Merkuri dan Dampak Akumulasinya Akibat Kegiatan Penambangan Emas*, Laporan Penelitian, Asdep Urusan Sarana Bappedal – Kementerian Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Hope, B., 2003, A Basin-Specific Aquatic Food Web Biomagnification Model for Estimation of Mercury Target Levels, *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol 22, No. 10, pp. 2525 - 2537.
- Limbong, D., J. Kumampung, D. Ayhuan, & N. Miyazaki, 2005, Mercury Pollution Related to Artisanal Gold Mining in North Sulawesi Island, Indonesia, *Bull. Environ. Contam. Toxicol* 75: 989-996.
- Merritt, R.W., & K.W. Cummins, 2006, Trophic Relationships of Macroinvertebrates, *In: Hauer FR and GA Lamberti (Eds). Methods in Stream Ecology*, Academic Press. 585 – 609.
- Rojas, J.O., & L.M.L. Espinoza, 2006, Metal Content in *Ulva lactuca* (Linnaeus) from Navachiste bay (Southwest Gulf of California Sinaloa, Mexico). *Bulletin of Environmental and Toxicology* Vol 77 No.4. Springer, P 574-580.
- Santoro, A., Blo, G., Mastrolitti, S., & Fagioli, F., 2008, Bioaccumulation of Heavy Metals by Aquatic Macroinvertebrates along the Basento River in the South of Italy, *Water, Air, & Soil Pollution*. DOI 10.1007/s 11270-008-9923-5.
- Skinner, K. M., & Bennett, J. D., 2007, Altered Gill Morphology in Benthic Macroinvertebrates from Mercury Enriched Streams in the Neversink Reservoir Watershed, New York. *Ecotoxicology*, 16, 311-316.
- Smoley, C.K., 1992, Determination of Mercury in Tissues by Cold Vapor Atomic Absorption Spectrometry. *Dalam Text book Methods for the Determination of Metals in Environmental Samples*, USEPA. CRC Press.
- Syawal, M.S., 2000, Pengamatan Kualitas Air Sungai Cikaniki Sub. DAS Cisadane, Leuwiliang Bogor, Skripsi Sarjana Kimia Universitas Pakuan Bogor.

- Syawal S., Yustiawati, & S. Sunanisari, 2009, Distribusi Logam Merkuri Pada Sedimen Di Sungai Cikaniki, Kec. Nanggung, Kab. Bogor, Limnotek (*in press*)
- USEPA., 2002, Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms, 4th Ed. EPA 600/4-90/027F. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH.
- Yustiawati, M. S. Syawal, M. Terashima, & S. Tanaka, 2002, Speciation Analysis of Mercury in River Water in West Java-Indonesia, Proceeding of the International Symposium on Land management and Biodiversity in Southeast Asia, Bali, Indonesia, 439-442.