

PENGARUH AKTIVITAS ANTROPOGENIK DI SUNGAI CIKANIKI (JAWA BARAT) TERHADAP KOMUNITAS FAUNA MAKROBENTIK

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

ABSTRAK

Sungai Cikaniki merupakan anak Sungai Cisadane yang memiliki peran penting bagi sektor pertanian maupun sektor lainnya. Adanya aktifitas antropogenik (pertanian, domestik, dan penambangan emas) yang terjadi di Sungai Cikaniki ditengarai dapat mengganggu keseimbangan ekologi dari komunitas fauna makrobentik yang hidup di dalamnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji dampak aktivitas antropogenik yang terjadi di sekitar Sungai Cikaniki terhadap kondisi ekologi pada komunitas fauna makrobentik. Penelitian telah dilakukan selama 3 tahun dimulai bulan Mei 2006 hingga Agustus 2008. Pengambilan fauna Makrobentik dengan menggunakan alat D-frame kick net dan renumerasi sampel menggunakan metode fix count 100 individu. Dari penelitian ini menunjukkan adanya aktivitas antropogenik yang terjadi di Sungai Cikaniki dapat mempengaruhi jumlah taxa, komposisi, dan kelimpahan dari fauna makrobentik. Disamping itu penggunaan metrik biologi seperti EPT, kekayaan taxa, dan indek diversitas Shannon-Wiener relatif sensitif dalam mendeteksi tingginya kontaminasi logam merkuri di sedimen, konduktivitas, oksigen terlarut, dan suhu air. Dari ordinasasi canonical correspondence analysis (CCA) menunjukkan larvae Trichoptera Glossosoma sp., Coleoptera Berosus sp., nympha Odonata Diplebia coeruleascens, Plecoptera Nemoura sp., Amphinemoura sp., Ephemeroptera Atalophlebia sp., Larva Diptera Hexatoma sp. dan Glutops sp. relatif sensitif dicirikan oleh rendahnya suhu, konduktivitas, debit, dan konsentrasi merkuri di air, dan sedimen. Larva Coleoptera Notriolus sp, Diptera Chironomidae Krenopelopia sp., Polypedilum flavum, Eukiefferiella sp., Cricotopus politus, Trichoptera Ceratopsyche sp., Lepidoptera Nymphulinae dan Nympha Ephemeroptera Platybaetis sp relatif toleran terhadap peningkatan variabel suhu air, konduktivitas, debit air, konsentrasi merkuri di air dan sedimen yang relatif tinggi.

Kata kunci: Sungai Cikaniki, fauna makrobentik, antropogenik, logam merkuri, sedimen

ABSTRACT

EFFECT OF ANTRHOPOGENIC ACTIVITIES IN CIKANIKI RIVER (WEST JAVA) ON THE COMMUNITY OF MACROBENTHIC FAUNA. Cikaniki River, one of Cisadane River segments, has important functions for the agricultural and other sectors. The existence of anthropogenic activities (agriculture, domestic, and mining of gold) in Cikaniki River can cause disturbances in aquatic ecosystem. The aim of this research is to assess impact of anthropogenic activities on benthic macro invertebrates community structures. This research was conducted for 3 years, from 2006 to 2008. Benthic macroinvertebrate samples were taken using D-shaped handnet. Samples were then enumerated using 100 individual fix count method. Results of this study indicated that the elevation of antropogenic activities in the river affected the total taxa, the composition and the abundance of benthic macro invertebrates. Besides, the calculation of biological metrics such as EPT, taxa richness, and Shannon-Wiener diversity index was relatively sensitive in detecting conductivity, dissolved oxygen and water temperature, and the elevation of mercury contamination in the water. Ordination result of canonical correspondence analysis (CCA) showed that larvae of Trichoptera Glossosoma sp., Coleoptera Berosus sp., Nympha of Odonata Diplebia coeruleascens, Plecoptera Nemoura sp., Amphinemoura sp., Ephemeroptera Atalophlebia sp., Larvae of Diptera Hexatoma sp. and Glutops sp. were relatively sensitive that were characterized by low temperature, conductivity, flow, and concentration of mercury in the water and the sediment. Larvae of Coleoptera Notriolus sp., Diptera Chironomidae Krenopelopia sp., Polypedilum flavum, Eukiefferiella sp., Cricotopus politus, Trichoptera Ceratopsyche sp., nymph of Lepidoptera Nymphulinae and Ephemeroptera Platybaetis sp were relatively tolerant to increased water temperature variables, conductivity, water flow, and relatively high mercury concentrations in the water and the sediment.

Key words: Cikaniki river, benthic macroinvertebrate, mercury, sediment

* Staf Peneliti Puslit Limnologi-LIPI

PENDAHULUAN

Sungai Cikaniki merupakan anak sungai dari Sungai Cisadane yang memiliki peran penting bagi sektor pertanian maupun sektor lainnya di Propinsi Jawa Barat. Bagian hulu dari Sungai Cikaniki berada di kawasan konservasi Taman Nasional Gunung Halimun Sukabumi yang kondisi habitatnya masih terjaga dengan baik. Di bagian hilir Sungai Cisadane, air sungai tersebut dimanfaatkan oleh PAM Jaya sebagai bahan baku air minum untuk memasok kebutuhan daerah Jakarta dan Tangerang (Anonim, 2009). Oleh sebab itu kualitas dan kuantitas dari sungai tersebut perlu dijaga agar masih tetap layak dan aman untuk kepentingan manusia maupun untuk mendukung kehidupan biota akuatik yang hidup di dalamnya.

Peningkatan aktivitas antropogenik di ekosistem sungai telah sering dilaporkan memberikan dampak negatif bagi kehidupan biota akuatik (Courtney & Clements, 2002; Beasley & Kneale, 2004). Aktivitas antropogenik yang diperkirakan memberikan dampak penurunan kualitas air pada Sungai Cikaniki berupa limbah domestik, pertanian, dan ekstraksi bijih emas yang dilakukan oleh penambang emas tanpa ijin (PETI) maupun yang berijin (PT. Antam). Sungai Cisadane sekarang ini telah mengalami penurunan kualitas airnya. Salah satu aktivitas antropogenik yang ditengarai memberikan dampak negatif paling besar bagi ekosistem Sungai Cikaniki adalah dari penambangan emas. Diperkirakan 4,8 ton larutan merkuri dibuang ke sungai Cikaniki oleh PETI setiap tahunnya (Anonim, 2009). Status kontaminasi logam merkuri pada air Sungai Cisadane relatif tinggi hingga mencapai 3,33 ppb. Berdasarkan data Pemerintah Daerah Kabupaten Bogor tahun 1999 jumlah PETI yang melakukan penambangan di ruas Sungai Cikaniki diperkirakan berjumlah 6000 orang (Anonim 2000). Tingginya aktivitas antropogenik yang terjadi di sekitar ruas Sungai Cikaniki dikhawatirkan dapat

mengganggu keseimbangan ekologi biota sungai maupun kesehatan manusia.

Pengkayaan logam merkuri di ekosistem akuatik umumnya berkaitan erat dengan tingginya aktivitas penambangan emas (Limbong *et al*, 2005; Burger, 1996). Kontaminasi logam merkuri di perairan dihasilkan oleh proses pencucian dan pemisahan logam emas dari tanah yang dilakukan oleh PETI. Limbong *et al*. (2005) yang melakukan penelitian di Sungai Ratatotok (Sulawesi Utara) menunjukkan peningkatan konsentrasi logam merkuri di air dan sedimen dari aktivitas PETI, berturut-turut dapat mencapai 0,25 μ g/l dan 40 mg/kg berat kering. Logam tersebut di lingkungan perairan dapat mengalami biometilasi dan berpotensi *bioavailable* atau toksik ke biota akuatik melalui rantai makanan (Gilbertson & Carpenter, 2004). Dengan kondisi seperti itu, maka perlu dilakukan penelitian guna mengkaji dampak aktivitas antropogenik di sekitar Sungai Cikaniki terutama pada komponen biota akuatik yang ada didalamnya.

Salah satu komponen biotik perairan yang sering dikaji dampaknya dari adanya aktivitas antropogenik pada sungai adalah makroinvertebrata benthik. Fauna tersebut merupakan komponen penting dalam uji biologis (*bioassessment*) guna evaluasi keseluruhan kualitas dari sumber daya air, fungsi ekologis, ketersediaan pakan untuk perikanan, maupun pengaruh spesifik dari aktivitas antropogenik (Poulton *et al*, 2003; Fishar & Williams, 2006; Canfield *et al*, 1994). Gangguan yang terjadi pada fauna tersebut akibat kontaminasi polutan toksik mungkin berupa gangguan fisiologis, seperti peningkatan respirasi (Brodersen *et al*, 2008), kecacatan morfologi (Bisthoven *et al*, 1998; Vuori & Kukkonen, 2002), maupun pada skala yang lebih besar terjadinya gangguan keseimbangan ekologis (Sola *et al*, 2004; Watanabe *et al*, 2000; Pinel-Alloul *et al*, 1996; Sandin & Hering, 2004). Beberapa keuntungan penggunaan makroinvertebrata benthik untuk kajian

dampak aktivitas antropogenik dibandingkan dengan komponen biotik perairan lainnya, adalah mobilitas yang rendah, diversitas yang relatif tinggi, dan kisaran toleransi terhadap *stressor* yang bervariasi, dan relatif mudah diidentifikasi hingga level famili atau spesies (Barbour *et al*, 1999; Pavluk *et al*, 2000).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dampak aktivitas antropogenik yang terjadi di sekitar Sungai Cikaniki terhadap gangguan ekologis pada komunitas makroinvertebrata bentik.

BAHAN DAN METODE

Waktu, Lokasi Penelitian dan Metode Pengambilan Contoh

Penelitian ini dilakukan selama tiga tahun dari bulan Mei 2006 hingga Agustus 2008. Empat lokasi pengambilan contoh telah ditetapkan secara *purposive* di sepanjang Sungai Cikaniki. Stasiun Cikaniki hulu digunakan sebagai situs rujukan (*reference site*) dan tiga stasiun lainnya berfungsi sebagai situs uji (*test site*) (Tabel 1). Tiga stasiun terakhir digunakan sebagai situs uji karena di bagian tepi sungai tersebut banyak dijumpai aktivitas antropogenik seperti ekstraksi bijih emas, pertanian, dan pemukiman sehingga menjadi bahan pertimbangan dalam menetapkan lokasi pengambilan contoh (Gambar 1).

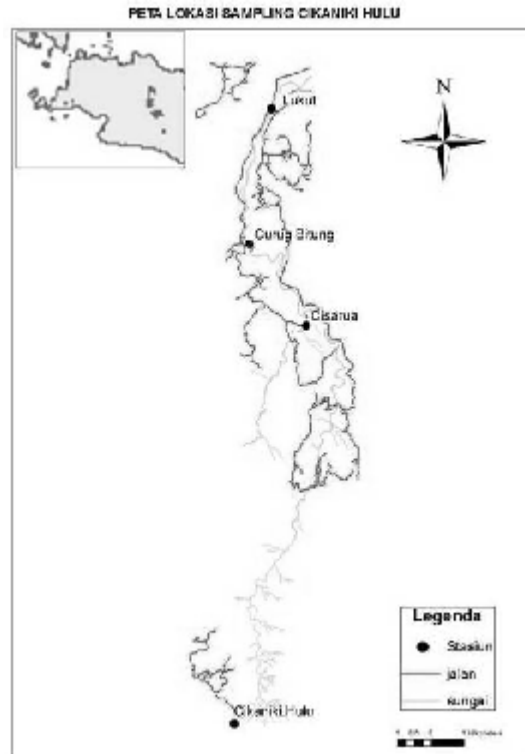
Pelaksanaan pengambilan contoh dan renumerasi contoh makroinvertebrata bentik mengadopsi dari sistem penilaian cepat

(*rapid assessment*) (Barbour *et al*, 1999; Bode *et al*, 1991). Pengambilan contoh makroinvertebrata bentik dilakukan dengan menggunakan alat *D frame kick-net* yang saringannya berpori-pori 0,5 mm. Di bagian depan dari alat tersebut dilakukan pengadukan menggunakan kaki, yang dilakukan selama lima menit, sehingga fauna akan hanyut dan masuk ke *kick net* tersebut. Panjang ruas sungai tempat pengambilan contoh adalah 5 m terutama pada bagian berbatu yang dangkal (Bode *et al*, 1991). Hewan dan serasah yang tertahan dalam saringan kemudian dimasukkan dalam wadah plastik yang telah diberi larutan pengawet alkohol 96%.

Proses penanganan contoh makroinvertebrata bentik mengacu pada Bode *et al* (1996) dan Hilsenhoff (1987) dengan menggunakan prosedur *fix count* 100 individu yang dipilih secara acak. Pemilahan makroinvertebrata bentik dilakukan dalam sebuah kotak *grid subsampler* yang berukuran 30 cm x 15 cm. Pengerjaan pemilahan bentos dilakukan dengan menggunakan mikroskop stereo pada pembesaran 20 hingga 40 kali. Hewan yang telah tersortir dimasukkan dalam botol flakon/vial yang telah diberi larutan pengawet alkohol 70%. Identifikasi hewan cacing Oligochaeta dan larva insekta Diptera Chironomidae dilakukan dengan prosedur *mounting* dengan menggunakan larutan CMCP-10 (Kathman & Brinkhurst, 1999).

Tabel 1. Nama Stasiun Pengamatan dan Titik Koordinat yang Digunakan dalam Penelitian

No	Stasiun Pengamatan	Titik koordinat
1	Cikaniki hulu (Gunung Halimun)	06 ⁰ 44'41.16" LS, 106 ⁰ 32'14.06" BT
2	Cisarua	06 ⁰ 38'20.16" LS, 106 ⁰ 33'32.1" BT
3	Curug Bitung	06 ⁰ 37'01.7" LS, 106 ⁰ 32'31.4" BT
4	Lukut	06 ⁰ 34'47.85" LS, 106 ⁰ 32'51.56" BT



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian pada Ruas Sungai Cikaniki.

Parameter kualitas air yang diukur secara langsung di lapangan meliputi konsentrasi oksigen terlarut (DO), turbiditas, dan konduktivitas dengan menggunakan alat *Water Quality Checker* (WQC) [Horiba U-10]. Untuk parameter logam berat yang dianalisis adalah merkuri (Hg) di air dan sedimen. Analisis logam merkuri (Hg) di sedimen dilakukan dengan cara 0,5 gram cuplikan sedimen ditambah dengan 1 ml larutan 36 N H_2SO_4 (1:1), 1 ml 15 N HNO_3 , dan 10 ml 0,1 M $KMnO_4$ kemudian dikocok, lalu ditambahkan 5 ml $K_2S_2O_8$ 5%. Larutan yang telah terekstrak kemudian dianalisis dengan menggunakan *Mercury Analyzer HG-300* (lihat Akagi & Nishimura, 1993).

Analisis logam merkuri dalam contoh air dilakukan menurut metode Spektrometri Serapan Atom uap dingin (*Cold-Vapor Atomic Absorptium Spectrophotometry Methods*) (AWWA WEF (2005)). Konsentrasi merkuri diukur dengan

menggunakan alat *Mercury Analyzer Hiranuma Hg-300*.

Analisis Data

Data komposisi dan kelimpahan makroinvertebrata benthik dianalisis dengan menggunakan statistik multivariat *Principal Coordinate Analysis* (PCOA) dengan jarak *Bray Curtis* (Zuur *et al.*, 2007). Analisis statistik tersebut diterapkan guna mengetahui adanya pengelompokan dan similaritas komunitas makroinvertebrata benthik pada setiap stasiun pengamatan (Mathews *et al.*, 1998). *Canonical Correspondence Analysis* (CCA) digunakan untuk karakterisasi hubungan antara kelimpahan spesies, variabel lingkungan yang mempengaruhi spesies, dan lokasi pengamatan. Data komposisi dan kelimpahan makroinvertebrata benthik sebelum dianalisis dengan CCA dilakukan transformasi dengan menggunakan akar kuadrat berganda guna meminimalkan pengaruh dari data kelimpahan yang terlalu

ekstrim (besar). Seleksi variabel lingkungan yang akan dimasukkan dalam ordinasi CCA diuji terlebih dahulu dengan menggunakan tes multikolinearitas guna menghindari adanya variabel yang saling berautokorelasi ($R > 0,8$). Penghitungan ordinasi PCOA, CCA dan tes multikolinearitas dengan menggunakan software MVSP versi 3.13d (Kovach Computing Service).

Data kelimpahan makroinvertebrata bentik pada masing-masing taksa di lakukan skala pembobotan dengan menggunakan persentase yang mengadopsi dari De Jonge *et al* (2008). Untuk persentase kelimpahan taksa yang < 2 di simbolkan dengan angka 1, 2-5% = 2, 6-10 % = 3, 10-50% = 4, 51-95 % = 5, dan $> 95\%$ = 6. Atribut atau metrik biologi yang digunakan untuk mendeteksi tingkat gangguan pada komunitas makroinvertebrata bentik terhadap kontaminasi logam dan variabel kualitas air dengan empat macam indeks yaitu : 1). indeks diversitas *Shannon-Wiener*, 2). *Biological monitoring working party/BMWP* (Armitage *et al.* 1983), 3). EPT, dan 4). Kekayaan taksa (Bode *et al.* 1996). Indeks EPT merupakan jumlah taksa dari nympha Ephemeroptera, Plecoptera, dan Trichoptera yang ditemukan pada setiap stasiun pengamatan. Penghitungan indeks diversitas dan BMWP dilakukan dengan menggunakan software *Species Diversity and Richness* ® versi 2.65 (*Pisces Conservation Ltd.*). Dari empat metrik diatas dilakukan uji korelasi *Spearman* dengan variabel lingkungan guna mengetahui sensitifitas masing-masing indeks. Penghitungan uji korelasi *Spearman*

dengan menggunakan program Statistica versi 7 (*Statsoft*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi kualitas air sungai yang menjadi wilayah penelitian, dari arah hulu ke hilir, dicirikan oleh pH pada kisaran netral, konduktivitas dan kekeruhan cenderung meningkat dari hulu ke hilir, suhu pada kisaran 20 – 27°C, kandungan oksigen terlarut cukup tinggi (>7 mg/l), dan debit aliran bertambah (Tabel 2).

Peningkatan turbiditas kemungkinan besar disebabkan oleh peningkatan aktivitas pertanian, perkebunan, perumahan, dan penambangan yang berada disekitar Stasiun Cisarua hingga Lukut. Lenat (1984) dan Fairchild *et al* (1987) menyebutkan pengaruh dari drainase pertanian umumnya akan meningkatkan konsentrasi partikel sedimen tersuspensi dan nilai konduktivitas di perairan.

Kontaminasi logam merkuri di Stasiun Cikaniki hulu yang merupakan situs rujukan (*reference site*) secara umum relatif lebih rendah dibandingkan dengan ketiga stasiun situs uji (*test sites*) lainnya (Stasiun Cisarua hingga Lukut) (Tabel 3). Kontaminasi logam merkuri di air setelah Stasiun Cikaniki hulu mengalami peningkatan yang cukup signifikan di Curug Bitung (6,89 ppb), namun kemudian di Stasiun Lukut menunjukkan penurunan (5,48 ppb). Kecenderungan yang sama juga diamati pada kontaminasi logam merkuri di sedimen. Stasiun Curug Bitung masih

Tabel 2. Data Kualitas Air Selama Penelitian Berlangsung (rerata ± standar deviasi).

No	Variabel	Cikaniki hulu	Cisarua	Curug bitung	Lukut
1	pH	7,37 ± 0,32	7,14 ± 0,7	7,48 ± 0,7	7,62 ± 0,70
2	Konduktivitas (µS/cm)	0,034 ± 0,012	0,050 ± 0,014	0,084 ± 0,032	0,087 ± 0,033
3	Turbiditas (NTU)	3,83 ± 2,21	10,35 ± 5,83	18,88 ± 15,81	31,74 ± 39,53
4	Suhu (°C)	20,49 ± 0,59	25,74 ± 2,65	26,06 ± 1,34	26,90 ± 0,91
5	DO (mg/l)	7,77 ± 0,397	7,724 ± 1,051	7,811 ± 0,682	7,851 ± 0,683
6	Debit (m ³ /detik)	2,69 ± 1,02	5,75 ± 3,49	13,79 ± 7,71	12,21 ± 5,22

menunjukkan kontaminasi logam merkuri yang tertinggi, dan menunjukkan adanya penurunan kembali pada Stasiun Lukut (11,02 ppm).

Konsentrasi merkuri pada air > 2 ppb dapat menimbulkan toksisitas akut bagi sebagian larva serangga akuatik (Anonim, 1986). Negara Kanada telah mengeluarkan panduan

Tabel 3. Konsentrasi Logam Merkuri di Air dan Sedimen (rerata ± standar deviasi).

No	Lokasi Pengamatan	Konsentrasi logam merkuri (ppb)	
		Air	Sedimen
1	Cikaniki hulu	0,152 ± 0,035	0,25 ± 0,11
2	Cisarua	6,330 ± 5,145	13,48 ± 1,93
3	Curug bitung	6,889 ± 4,956	16,62 ± 11,36
4	Lukut	5,477 ± -----	11,02 ± -----

Peningkatan kontaminasi logam di air dan sedimen di situs uji umumnya disebabkan oleh tingginya beban pencemar yang masuk ke perairan akibat aktivitas antropogenik di sekitar lokasi pengambilan contoh. Keberadaan merkuri di Stasiun Cikaniki hulu yang berfungsi sebagai situs rujukan diduga berasal dari proses pelapukan dari batuan maupun jatuhnya partikulat dari atmosferik. Meningkatnya logam merkuri di lingkungan umumnya berasal dari sumber yang sangat kompleks, misalnya dari aktivitas alami seperti gunung berapi dan proses geologi, serta dari aktivitas antropogenik seperti industri dan pertanian (Boening 2000; Boszke 2004). Pengkayaan logam merkuri ke atmosfer juga dihasilkan dari proses pemanasan dalam pemurnian emas yang dilakukan oleh para PETI (Limbong *et al.* 2005). Oleh sebab itu kecenderungan kontaminasi logam merkuri yang dilepaskan ke lingkungan dari tahun ke tahun cenderung mengalami peningkatan secara drastis hampir di seluruh belahan dunia (Boening 2000).

Ditinjau dari besarnya kontaminasi logam merkuri pada air dan sedimen di daerah situs uji, berpotensi menimbulkan gangguan pada kehidupan biota akuatik. Skinner & Bennet (2007) menyebutkan kontaminasi merkuri di perairan dapat merusak insang pada beberapa larva dan nympha serangga akuatik, sehingga secara langsung dapat menurunkan tingkat kelulushidupan makroinvertebrata bentik.

(*guideline*) kualitas air terhadap kontaminasi merkuri guna melindungi kehidupan biota akuatik sebesar 26 µg/l (CCME, 2003). Besarnya kontaminasi logam merkuri pada sedimen di wilayah situs uji juga tergolong tinggi dan berpotensi menimbulkan gangguan pada sebagian besar kehidupan biota akuatik. Burton (2002) mengkategorikan konsentrasi logam merkuri di sedimen sebesar 2 ppm dan 0,3 ppm sudah masuk kategori tingkat yang parah (SEL; *Severe Effect Level*) dan *extreme elevated stream sediment*.

Kelimpahan rata-rata makroinvertebrata bentik di masing-masing stasiun pengamatan dalam bentuk rangking, menunjukkan Stasiun Cikaniki hulu yang berfungsi sebagai situs rujukan memiliki jumlah kekayaan taxa yang jauh lebih tinggi (35) dibandingkan dengan Stasiun Cisarua hingga Lukut (10-13) (Tabel 4). Persentase kelimpahan nympha Ephemeroptera *Baetis* sp. (12%) dan *Atalophlebia* sp. (14%) cenderung mendominasi Stasiun Cikaniki hulu yang kondisi perairannya masih relatif baik (minim gangguan). Daerah yang telah mengalami gangguan dari Stasiun Cisarua hingga Lukut mulai menunjukkan adanya pergeseran komposisi fauna yang mendominasi perairan yaitu larva Trichoptera *Ceratopsyche* sp., (11- 38%), nympha Ephemeroptera *Platybaetis* sp., (23 -38%), dan larva Chironomidae *Polypedilum flavum* (11-22%).

Tabel 4. Kelimpahan Rata-rata Makroinvertebrata Bentik di Setiap Stasiun Pengamatan.

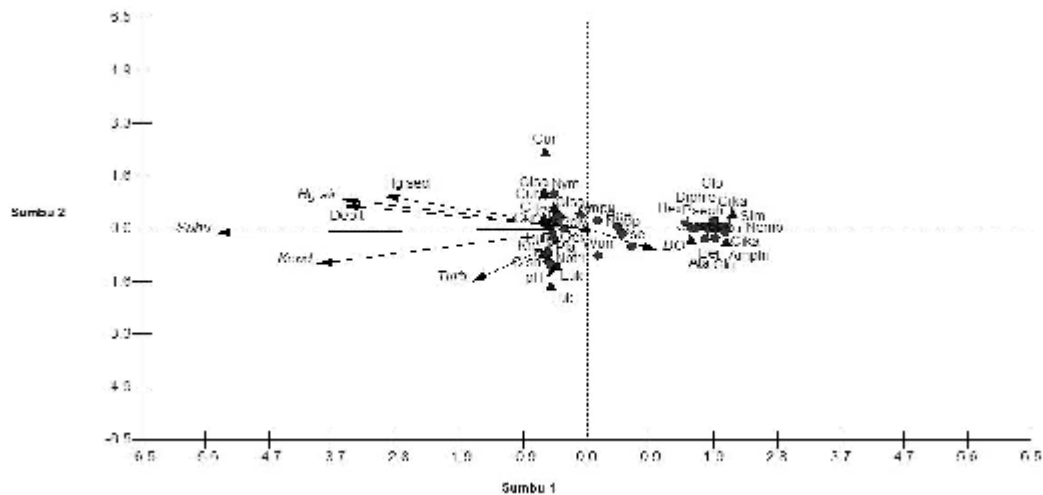
No	Grup	Taxa	Kode	St. 1	St 2	St. 3	St. 4
1	Trichoptera	<i>Ceratopsyche</i> sp.	Cera	2	4	4	4
2	Trichoptera	<i>Hydropsyche</i> sp.	Hydro	2	2	2	0
3	Trichoptera	<i>Homoplectra</i> sp.	Homo	2	0	0	0
4	Trichoptera	<i>Cheumatopsyche</i> sp.	Cheu	2	0	0	0
5	Trichoptera	<i>Glossosoma</i> sp.	Gloss	2	0	0	0
6	Trichoptera	<i>Agapetus</i> sp.	Agap	1	0	0	0
7	Trichoptera	<i>Lepidostoma</i> sp.	Lepid	1	0	0	0
8	Ephemeroptera	<i>Platybaetis</i> sp.	Platy	0	4	4	4
9	Ephemeroptera	<i>Baetis</i> sp.	Bae	4	2	3	3
10	Ephemeroptera	<i>Wundacaenis</i> sp.	Wunda	2	1	2	2
11	Ephemeroptera	<i>Tasmanocoenis</i> sp.	Tas	1	0	0	0
12	Ephemeroptera	<i>Atalophebia</i> sp.	Ata	4	0	0	1
13	Ephemeroptera	<i>Macdunnoa</i> sp.	Mac	1	0	0	0
14	Ephemeroptera	<i>Prossopistoma</i> sp.	Pros	1	0	0	0
15	Diptera	<i>Simulium</i> sp.	Simu	2	0	0	0
16	Diptera	<i>Hexatoma</i> sp.	Hexa	2	0	0	0
17	Diptera	<i>Pseudorthocladus</i> sp.	Pseud	2	0	0	2
18	Diptera	<i>Rheocricotopus robacki</i>	Rheo	2	0	0	0
19	Diptera	<i>Cricotopus politus</i>	Crico	0	3	2	2
20	Diptera	<i>Eukiefferiella</i> sp.	Euk	0	0	2	2
21	Diptera	<i>Trissopelopia</i> sp.	Tris	1	0	1	0
22	Diptera	<i>Krenopelopia</i> sp.	Kre	0	0	3	3
23	Diptera	<i>Polypedilum flavum</i>	Polyp	2	4	4	4
24	Diptera	<i>Tanytarsus</i> sp.	Tanyt	2	0	0	0
25	Diptera	<i>Rheotanytarsus exiguus</i>	Rhe exi	0	0	0	0
26	Diptera	<i>Glutops</i> sp.	Gluto	2	0	0	0
27	Lepidoptera	Nymphulinae	Nym	0	2	3	0
28	Coleoptera	<i>Berosus</i> sp.	Bero	2	0	0	0
29	Coleoptera	<i>Psephenus</i> sp.	Psep	2	0	0	0
30	Coleoptera	<i>Simsonia</i> sp.	Sims	1	0	1	0
31	Coleoptera	<i>Notriolus</i> sp.	Notri	0	0	0	2
32	Coleoptera	<i>Stenelmis</i> sp.	Sten	1	0	0	0
33	Coleoptera	<i>Ampumixis</i> sp.	Ampu	1	1	1	0
34	Coleoptera	<i>Cyphon</i> sp.	Cyph	1	0	0	0
35	Coleoptera	<i>Gyretes</i> sp.	Gyret	1	0	0	0
36	Odonata	<i>Diphlebia coerulescens</i>	Diph	2	0	0	0
37	Odonata	<i>Austrogomphus</i> sp.	Aust	1	0	0	0
38	Plecoptera	<i>Neoperla</i> sp.	Neop	2	2	0	2
39	Plecoptera	<i>Nemoura</i> sp.	Nemo	2	0	0	0
40	Plecoptera	<i>Amphinemura</i> sp.	Amphi	2	0	0	0
41	Crustacea	Sundathelphusidae	Sun	1	0	0	0
42	Tricladida	<i>Planaria</i> sp.	Plan	1	0	0	0
		Jumlah kekayaan taxa		35	10	13	12

Klasifikasi lokasi berdasarkan komunitas makroinvertebrata bentik dengan teknik ordinasasi PCOA, menunjukkan dari dua sumbu utama didapatkan besarnya nilai *eigenvalue* sebesar 1,240 dan 0,304 dengan informasi persentasi kumulatif yang terjelaskan sebesar 72,48% (Gambar 2). Hasil analisis PCOA yang digambarkan dalam

grafik biplot menunjukkan ada dua grup pengelompokan stasiun pengamatan, yaitu: i) Grup 1 yang mewakili komunitas makroinvertebrata bentik di Stasiun Cikaniki hulu; ii) Grup 2 mewakili daerah yang telah mengalami pengaruh gangguan dari aktivitas antropogenik yaitu Stasiun Cisarua hingga Lukut.

Tabel 5. Korelasi Antara Variabel Lingkungan dengan Dua Sumbu Utama Ordinasi CCA

	Sumbu 1 Spesies.	Sumbu 2 Spesies
Sumbu 1 lingk	1	0,99
Sumbu 2 lingk.	0,94	1
pH	-0,117	-0,264
Kond.	-0,661	-0,162
Turbiditas	-0,286	-0,256
Suhu	-0,912	0
DO	0,175	-0,102
Debit	-0,597	0,118
Hg sedimen	-0,59	0,162
Hg air	-0,599	0,162



Water quality: 0,85

Gambar 3. Grafik Triplot dengan Menggunakan Ordinasi CCA

Informasi yang diperoleh dari data kelimpahan (Tabel 4), teknik ordinasi PCOA, dan CCA (Gambar 2 dan 3) dapat diketahui dominansi dari makroinvertebrata benthik pada stasiun pengamatan dan variabel lingkungan yang mempengaruhinya. Kelimpahan larva Trichoptera: *Glossosoma*, Coleoptera: *Berosus* sp., nympha Odonata: *Diplebia coerulescens*, Plecoptera: *Nemoura* sp., *Amphinemoura* sp., Ephemeroptera: *Atalophlebia* sp., dan Larva Diptera: *Hexatoma* sp. dan *Glutops* sp. hanya ditemukan di daerah *reference site* dengan kondisi kualitas air yang masih baik atau minim mengalami gangguan. Namun di daerah *test site* yang telah mengalami gangguan akibat aktivitas antropogenik mulai menunjukkan adanya perubahan dominansi dari beberapa taxa yang ada yaitu larva Coleoptera *Notriolus* sp., Diptera

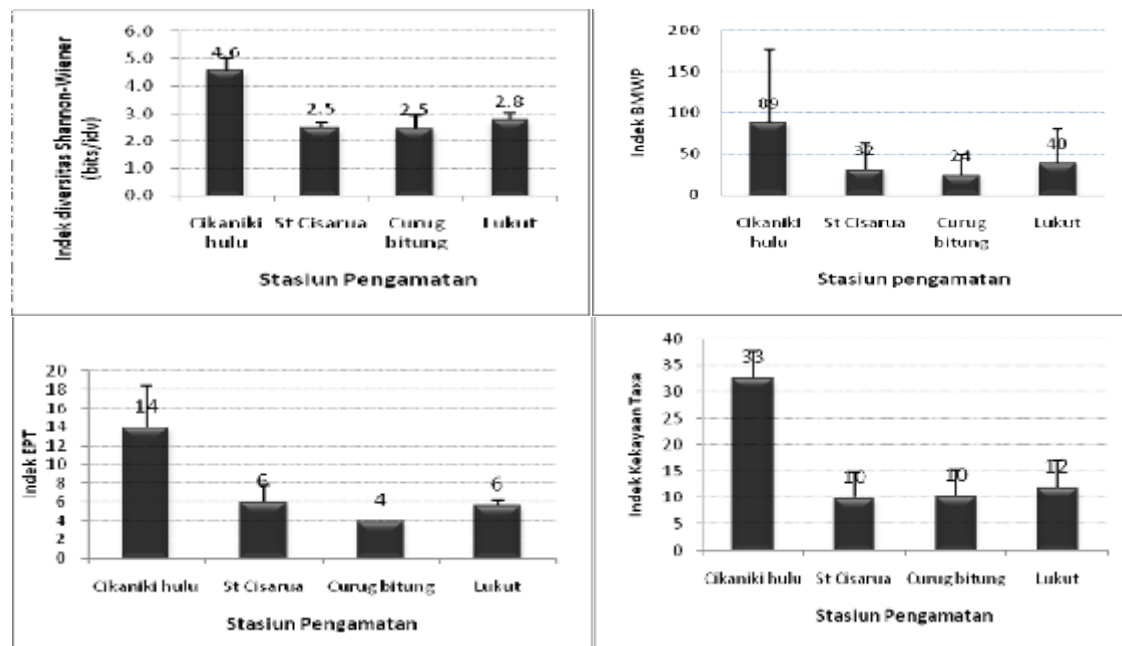
Chironomidae *Krenopelopia* sp., *Polypedilum flavum*, *Eukiefferiella* sp., *Cricotopus politus*, Trichoptera *Ceratopsyche* sp., Lepidoptera Nymphulinae dan Nympha Ephemeroptera *Platybaetis* sp. Berubahnya komposisi taxa yang mendominasi perairan ini mungkin erat kaitannya dengan toleransi dari masing-masing makroinvertebrata benthik terhadap kompleksitas *stressor* yang ada pada masing-masing stasiun pengamatan. Luoma & Carter (1991) menyebutkan respon komunitas makroinvertebrata benthik dari adanya gangguan biasanya berupa menurunnya jumlah kekayaan spesies dan kelimpahan, dan bergesernya komposisi taksa dari yang sensitif menjadi toleran. Peningkatan dominansi taxa Trichoptera dan Chironomidae di daerah *test site* (Stasiun Cisarua hingga Lukut) dapat dijadikan sinyal

awal dari peningkatan kontaminasi logam berat di perairan. Beasley & Kneale (2004) menyebutkan larva Trichoptera Hydropsychidae relatif toleran terhadap kontaminasi logam berat Cu, Cd, dan Pb di perairan. Meningkatnya dominansi makroinvertebrata benthik famili Chironomidae dan Hydropsychidae merupakan sinyal awal dari meningkatnya kontaminasi logam (Canfield *et al.* 1994; Luoma & Carter 1991; Winner *et al.* 1980; Armitage *et al.* 2007).

Adanya perubahan pada struktur komunitas makroinvertebrata benthik di wilayah *test site* kemungkinan juga disebabkan oleh proses sedimentasi yang dicirikan dengan peningkatan parameter turbiditas dari 10,35 hingga 31,74 NTU (Tabel 1). Quinn *et al.* (1992) menyebutkan peningkatan turbiditas diatas 23 NTU dapat menurunkan diversitas dari sebagian besar komunitas makroinvertebrata benthik di sungai. Caux *et al.* (1997) memberikan rekomendasi bahwa nilai turbiditas untuk melindungi kehidupan biota akuatik adalah 8 NTU. Penelitian yang dilakukan oleh Abrahams & Kattenfeld (1997) pada ikan

Micropterus salmoides menunjukkan jarak reaktif dalam pencarian mangsa (ikan *Lepomis macrochirus*) akan menurun dari 200 cm pada air jernih ke 23 cm pada air keruh dengan turbiditas 10 NTU.

Hasil penggunaan empat atribut biologi/metrik dari komunitas makroinvertebrata benthik dalam mendeteksi gangguan yang disebabkan oleh aktivitas antropogenik pada Sungai Cikaniki telah disajikan dalam Gambar 3. Atribut biologi seperti indek diversitas, indek kekayaan taxa, BMWP, dan EPT secara umum terlihat bahwa Stasiun Cikaniki hulu yang berfungsi sebagai situs rujukan (*reference site*) memiliki nilai tertinggi dari metrik indek diversitas, kekayaan taxa, BMWP, dan EPT. Kondisi ini mengindikasikan tingkat gangguan ekologi yang terjadi di situs rujukan relatif lebih kecil dibandingkan dengan stasiun pengamatan lainnya. Nilai indek biologi seperti diversitas, kekayaan taxa, BMWP, dan EPT di Stasiun Cisarua hingga Curug Bitung menunjukkan trend adanya penurunan. Namun di Stasiun Lukut nilai indek tersebut mulai menunjukkan adanya sedikit peningkatan.



Gambar 3. Respon Beberapa Atribut Biologi dari Komunitas Makroinvertebrata Benthik Terhadap Peningkatan Aktivitas Antropogenik di Ruas Sungai Cikaniki

Hasil uji korelasi *Spearman* antara metrik biologi (EPT, BMWP, kekayaan taxa, dan indek diversitas) dengan variabel lingkungan (logam Hg, pH, konduktivitas, turbiditas, suhu, debit air, dan oksigen terlarut) (Tabel 6), menunjukkan kontaminasi logam Hg di air berkorelasi kuat dengan indek diversitas Shannon-Wiener (-0,75), logam merkuri di sedimen berkorelasi kuat dengan tiga metrik biologi yaitu BMWP (-0,96), EPT (-0,94), dan indek diversitas Shannon-Wiener (-0,89). Variabel kualitas air lainnya yang berkorelasi kuat ($p < 0,05$) dengan beberapa metrik biologi di atas yaitu konduktivitas, suhu dan konsentrasi oksigen terlarut (DO). Untuk variabel turbiditas dan debit air tidak menunjukkan hubungan/korelasi yang kuat dengan semua metrik biologi diatas.

menyebutkan adanya kontaminasi logam di perairan dapat menghilangkan sebagian besar taxa yang tergolong sensitif dari Ephemeroptera, Plecoptera, dan Trichoptera (EPT). Hasil penelitian dari Hirst *et al.* (2002) menunjukkan adanya penurunan indek diversitas dari makroinvertebrata benthik akibat meningkatnya kontaminasi logam berat di perairan. Poulton *et al.* (1995) dalam Rhea *et al.* (2006) menunjukkan metrik jumlah taxa dari makroinvertebrata benthik masih menunjukkan sensitifitas yang tinggi terhadap pemaparan logam berat di Sungai Clark fork, Montana.

KESIMPULAN

Aktivitas antropogenik yang terjadi di sekitar Sungai Cikaniki telah meningkatkan

Tabel 6. Hasil Uji Korelasi *Spearman* antara Metrik Biologi dengan Variabel Lingkungan.

Variabel	BMWP	EPT	Kekayaan taxa	Indek diversitas Shannon
Hg sedimen (ppm)	-0,96	-0,94	-0,89	-0,89
Hg air (ppb)	-0,54	-0,64	-0,59	-0,75
pH	-0,12	-0,06	-0,07	0,04
Kond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	-0,67	-0,78	-0,74	-0,82
Turbiditas (NTU)	-0,42	-0,42	-0,45	-0,38
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	-0,90	-0,94	-0,94	-0,87
DO (mg/l)	0,67	0,78	0,75	0,81
Debit (m^3)	-0,62	-0,64	-0,57	-0,60

Keterangan: angka yang dicetak bold menunjukkan signifikan $p < 0,05$

Hasil uji sensitifitas dari masing-masing metrik/ indek biologi (Tabel 6) secara umum menunjukkan adanya kontaminasi logam merkuri, konduktivitas, suhu, dan konsentrasi oksigen terlarut secara signifikan mampu mempengaruhi dari sebagian besar metrik biologi yang digunakan dalam penelitian ini (BMWP, EPT, kekayaan taksa, dan indek diversitas *Shannon-Wiener*). Adanya kombinasi dari tingginya variabel tersebut diatas dapat mempengaruhi jumlah taxa, dan merubah komposisi maupun kelimpahan dari komunitas makroinvertebrata benthik di Sungai Cisadane. De Jonge *et al.* (2008)

kontaminasi logam merkuri, tingkat konduktivitas dan turbiditas di perairan. Respon biologis dari komunitas makroinvertebrata benthik akibat aktivitas antropogenik tersebut berupa menurunnya jumlah kekayaan taxa, merubah komposisi dan kelimpahan makroinvertebrata benthik. Penggunaan metrik biologi dari EPT, kekayaan taxa, dan indek diversitas Shannon-Wiener relatif sensitif dalam mendeteksi kontaminasi logam di sedimen, konduktivitas, oksigen terlarut, dan suhu air. Sedangkan indek indek diversitas Shannon-Wiener relatif sensitif dalam mendeteksi kontaminasi logam merkuri di air.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrahams, M. & M. Kattenfeld, 1997, The Role of Turbidity as a Constraint on Predator-Prey Interactions in Aquatic Environments, *Behav Ecol. Sociobiol*, 40: 169 – 174.
- 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, 1986, Quality Criteria for Water 1986, US-EPA, Washington, EPA/440/5-86/001.
- 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.
- Armitage P.D., D. Moss, J.F. Wright, & M.T. Furse, 1983, The Performance of a New Biological Water Quality Score System Based on Macroinvertebrates Over a Wide Range of Polluted Running-Water Sites, *Water Research* 17: 333-347pp.
- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder, & J.B. Stribling, 1999, Rapid Bioassessment Protocols For Use In Streams And Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates And Fish, Second Edition, EPA 841-B-99-002, US-EPA, Office Of Water Washington, D.C.
- Beasley G., & P. E. Kneale, 2004, Assessment of Heavy Metal and PAH Contamination of Urban Streambed Sediments on Macroinvertebrates, *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* 4: 563–578.
- Bisthoven L.J, J.P. Postma, P. Parren, K.R. Timmermans, & F. Ollevier, 1998, Relation between Heavy Metal in Aquatic Sediments in Chironomus Larvae of Belgian Lowland Rivers and Their Morphological Deformities, *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 55: 688-703.
- Bode R.W., M.A. Novak, & L.E. & Abele, 1991, Methods for Rapid Biological Assessment of Stream, NYS Dept. of Environmental Conseravtion, Albany, New York, 57pp.
- Bode, R.W., M.A. Novak, L.E. & Abele, 1996, Quality Assurance Workplan For Biological Stream Monitoring In New York State, NYS Department Of Environmental Conservation, Albany, New York, 89pp.
- Boening D.W., 2000, Ecological Effects, Transport, and Fate of Mercury: A General Review, *Chemosphere* 40 :1335-1351.
- Boszke L., A. Kowalski & J. Siepak, 2004, Grain Size Partitioning of Mercury in Sediments of The Middle Odra River (Germany/Poland), *Water, Air, and Soil Pollution* 159: 125–138.
- Brodersen K. P., O. P., I. R. Walker, & M. T. Jensen, 2008, Respiration of Midges (Diptera; Chironomidae) in British Columbian lakes: Oxy-regulation, Temperature and Their Role as Palaeo-indicators, *Freshwater Biology* 53, 593–602.
- Burger J., 1996, Ecological Effect and Biomonitoring for Mercury in Tropical Ecosystems, *Water, Air, and Soil Pollution* 97: 265-272.
- Burton Jr. G. A., 2002, Sediment Quality Criteria in Use Around the World, *Limnology* 3:65–75.

- Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME), 2003, Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: Inorganic Mercury and Methylmercury, *In: Canadian Environmental Quality Guidelines*, 1999, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg
- Canfield T. J., N. E. Kimble, W. G. Grumbaugh, F. J. Dwyer, C. G. Ingersoll, & J. F. Fairchild. 1994, Use of Benthic Macroinvertebrate Community Structure and Sediment Quality Triad to Evaluate Metal Contaminated Sediment in the Upper Clark Fork River, Montana. *Environ Toxic. Chem.*, 13: 1999-2012.
- Caux P.Y., D.R.J. Moore, & D. Mac Donald, 1997, Ambient Water Quality Guideline (Criteria) for Turbidity, Suspended, and Benthic Sediments, Technical appendix, Water Management Branch Environment & Resource Management Division Ministry of Environment , Land and Parks, British Columbia, 82pp
- Courtney L. A. & W. H. Clements, 2002, Assessing the Influence of Water and Substratum Quality on Benthic Macroinvertebrate Communities in a Metal-Polluted Stream: An Experimental Approach, *Freshwater Biology* 47: 1766–1778
- De Jonge M., B. Van de Vijver, R. Blust, & L. Bervoets, 2008, Responses of Aquatic Organisms to Metal Pollution in a Lowland River in Flanders: A Comparison of Diatoms and Macroinvertebrates, *Sci. Total Environ.* , doi:10.1016/j.scitotenv.2008.07.020
- Fairchild J.L., T. Boyle, W.R. English, & C. Rabeni, 1987, Effects of Sediment and Contamination Sediment on Structural and Component of Experimental Stream Ecosystems, *Water air, and Soil Pollution* 36:271-293
- Fishar M. R., & W. P. Williams, 2006, A Feasibility Study to Monitor The Macroinvertebrate Diversity of The River Nile Using Three Sampling Methods, *Hydrobiologia* 556:137–147.
- Gilbertson, M., & D. O. Carpenter, 2004, An Ecosystem Approach to the Health Effects of Mercury in the Great Lakes Basin Ecosystem, *Environmental Research* 95: 240–246.
- Hilsenhoff, W. L., 1987, An Improved Biotic Index of Organic Stream Pollution, *The Great lakes Entomologist* 20: 31-39pp.
- Kathman, R. D., & R. O. Brinkhurst, 1999, Guide to the Freshwater Oligochaetes of North America, Aquatic Resources Center, Tennessee, USA, 264 hal.
- Krebs J.G., 1978, *Ecology; The Experimental Analysis of Distribution and Abundance* (2nd ed.), Harper and Row Publisher, New York, 678pp
- Lenat D.R., 1984, Agriculture and Stream Water Quality : A Biological Evaluation of Erosion Control Practices, *Environmental Management* vol. 8(4): 334-344
- 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.
- Luoma, S. N., & J. L. Carter, 1991. Effect of Trace Metal on Aquatic Benthos. In: M.C. Newman & A.W. McIntosh (eds): *Metal Ecotoxicology: Concepts and Applications*. Lewis Publishers. Chelsea. Michigan. 261-300
- Mathews R. A., G. B. Mathews, & W.G. Landis, 1998, Application of

- Community Level Toxicity Testing to Environmental Risk assessment. In: M.C. Newman & C. L. Strojan (eds), Risk Assessment: Logic and Measurement, Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, 225-234pp
- Pavluk T.I., A. bij de Vaate, & H. A. Leslie, 2000, Development of an Index of Trophic Completeness for Benthic Macroinvertebrate Communities in Flowing Waters, *Hydrobiologia* 427: 135–141.
- Pinel-Alloul B., G. Mehot, L. Lapierre, & A. Willsie, 1996, Macroinvertebrate Community As A Biological Indicator Of Ecological And Toxicological Factors In Lake Saint-Francois (Qui Bec), *Environmental Pollution* 91, No. 1, pp. 65-87.
- Poulton B.C., M. L. Wildhaber, C. S. Charbonneau, J. Fairchild, B. G. Mueller, & C. J. Schmitt, 2003, A Longitudinal Assessment of The Aquatic Macroinvertebrate Community in The Channelized Lower Missouri River, *Environmental Monitoring and Assessment* 85: 23–53.
- Quinn J.M., R.J. Davies-Colley, C. W. Hickey, M.L. Vickers, & P.A. Ryan, 1992, Effects of Clay Discharges on Stream, 2. Benthic Invertebrates, *Hydrobiologia* 248: 235-247.
- Rhea D. T., D. D. Harper, A.M. Farag, & W.G. Brumbaugh, 2006, Biomonitoring in The Boulder River Watershed, Montana, USA: Metal Concentrations in Biofilm and Macroinvertebrates, and Relations with Macroinvertebrate Assemblage, *Environmental Monitoring and Assessment*, 115: 381–393.
- Sandin L., & D. Hering, 2004, Comparing Macroinvertebrate Indices to Detect Organic Pollution Across Europe: A Contribution to the EC Water Framework Directive Intercalibration *Hydrobiologia*, 516: 55–68.
- Skinner K. M., & J. D. Bennett, 2007, Altered Gill Morphology in Benthic Macroinvertebrates from Mercury Enriched Streams in the Neversink Reservoir Watershed, New York, *Ecotoxicology* vol. 16:311–316
- Sola C., M. Burgos, A. Plazuelo, J.Toja, M. Plans, & N. Prat, 2004, Heavy Metal Bioaccumulation and Macroinvertebrate Community Changes in a Mediterranean Stream Affected by Acid Mine Drainage and an Accidental Spill (Guadamar River, SW Spain). *Science of the Total Environment* 333: 109–126.
- Syawal S., Yustiawati, S. & Sunanisari, 2009, Distribusi Logam Merkuri Pada Sedimen Di Sungai Cikaniki, Kec. Nanggung, Kab. Bogor. (*Tidak diterbitkan*)
- Vuori K. & J.V. Kukkonen, 2002, Hydropsychid (Trichoptera, Hydropsychidae) Gill Abnormalities as Morphological Biomarkers of Stream Pollution. *Freshwater Biology* 47, 1297–1306.
- Watanabe N. C., S. Harada, & Y. Komai, 2000, Long-term Recovery from Mine Drainage Disturbance of a Macroinvertebrate Community in the Ichi-kawa River, Japan, *Hydrobiologia* 429: 171–180.
- Winner, R. W., M. W Bossel, & M. P. Farrell, 1980, Insect Community Structure as an Index of Heavy Metal Pollution in Lotic Ecosystems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37, 647-655.
- 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.
- Zuur A. K., E. N. Ieno, & G.M. Smith, 2007, *Analysing Ecological Data*, springer, USA, 672pp.

