
I. Pendugaan Status Kesehatan Beberapa Ruas Anak Sungai Cisdane Dengan Menggunakan Pendekatan Model Multimetrik

Oleh:

Yoyok Sudarso, Tri Suryono, Gunawan P. Yoga, Laela Sari

ABSTRAK

Trend penggunaan materi biologi dalam mendeteksi tingkat gangguan pada ekosistem sungai dalam beberapa dekade tahun terakhir ini mengalami perkembangan yang sangat pesat. Ditandai dengan mulai dikembangkan indek integritas biologi (IBI) di Negara Amerika Serikat dan model prediksi lainnya yang didasarkan pada pendekatan multimetrik dari beberapa hewan indikator seperti ikan, bentik makrovertebrata, dan perifiton. Sebagai *pilot project* dalam pengembangan indikator biologi perairan guna mendeteksi tingkat gangguan ekologi yang terjadi pada sungai, maka disusunlah suatu model prediksi yang didasarkan pada pendekatan multimetrik seperti pada IBI. Secara umum tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah 1) Dapat menetapkan sungai yang dapat dijadikan *reference site* sebagai kontrol bagi sungai lainnya yang telah mengalami gangguan sehingga besarnya penyimpangan atau kerusakan yang terjadi pada sungai dapat diketahui dan ditetapkan. 2) Dapat membuat klasifikasi tingkat kerusakan atau gangguan pada beberapa ruas/ segmen sungai di DAS Cisdane yang didasarkan pada komunitas bentik makrovertebrata. 3) Membangun sebuah kriteria biologi yang didasarkan pada konsep multimetrik dengan memanfaatkan komunitas bentik makrovertebrata sebagai indikatornya. Penelitian ini merupakan tahap lanjutan dengan menambahkan 3 titik lokasi sampling yang semuanya terletak pada gradien tinggi di Taman Nasional Gunung Halimun. Hasil dari nilai indek habitat, indek kimia Kirchoff, dan IBK menunjukkan stasiun yang berpotensi untuk dijadikan sebagai daerah *reference site* adalah St. Ciangsana, Cikudapaeh, dan Kramat Payung.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu *bioassessment* untuk menilai status kesehatan sebuah sungai, akhir-akhir ini telah mengalami perkembangan yang sangat pesat dan merupakan trend dalam 10 tahun terakhir. Istilah sehat pada sungai memang sering digunakan dalam kegiatan sehari-hari, akan tetapi sulit untuk didefinisikan secara pasti. Sebagian besar orang masih mengkategorikan sungai yang sehat dengan diidentikkan dengan kondisi yang masih alami, walaupun sekarang ini sulit untuk mengetahui dan menemukan *site* yang masih dalam kondisi alami karena lingkungan yang berubah sedemikian cepat oleh aktivitas manusia (Chessman 2003). Lebih dari

20 tahun yang lampau, para ahli biologi di Eropa telah menekankan klasifikasi sungai yang belum terpolusi sebagai *reference site* guna sebagai dasar penilaian degradasi habitat atau polusi (Wright 1995). Di sisi lain penggunaan kriteria kimia untuk mendefinisikan kualitas air dan mencegah hilangnya spesies akuatik ternyata belum cukup efektif dalam memberikan perlindungan dan mengembalikan kerusakan ekosistem sungai (Fore, Karr, dan Conquest 1993). Oleh sebab itu di negara-negara maju dalam menilai tingkat kesehatan sebuah sungai, juga telah mengintegrasikan penggunaan materi biologi guna mendeteksi perubahan yang terjadi pada ekosistem sungai oleh aktivitas antropogenik. Penggunaan materi biologi ini penting karena pengaruh kerusakan lingkungan perairan oleh polusi biasanya akan berdampak negatif bagi biota sungai sebagai titik akhirnya (Norris dan Thoms 1999). Materi biologi tersebut antara lain: ikan, bentik makrovertebrata/ *bentos*, dan perifiton yang telah secara luas dan terbukti sensitif dalam mendeteksi perubahan yang terjadi akibat stress yang disebabkan oleh perubahan lingkungan fisik dan kimia.

Salah satu materi biologi yang paling sering digunakan dalam menilai tingkat gangguan/ stress pada ekosistem perairan adalah komunitas bentik makrovertebrata (Lenat dan Barbour 1994). Definisi umum dari organisme tersebut adalah hewan yang tanpa ruas tulang belakang dan hidup di dasar perairan, yang ukuran dari hewan tersebut biasanya tertahan pada saringan yang berpori 0,5 mm (standar USA no 30). Organisme tersebut mungkin berupa insekta air, siput (moluska), cacing, udang dan sebagainya. Keberadaan fauna tersebut sangat penting artinya bagi ekosistem akuatik karena berfungsi sebagai sumber pakan alami bagi ikan maupun predator lainnya dan juga berperan dalam merombak material organik (Chessman, 2003). Dari segi siklus rantai makanan hewan tersebut biasanya menduduki sebagai produktivitas sekunder. Sejarah mencatat mulai tahun 1909 bentik makrovertebrata pertama kali digunakan untuk mendeteksi polusi organik pada sungai yang dikenal dengan "*saprobien system*" (Kolkwitz dan Marsson 1909). Komunitas hewan tersebut juga mampu merefleksikan besarnya gangguan pada ekosistem perairan yang disebabkan oleh polusi bahan organik, logam berat, maupun pestisida (Reynoldson dan Metcalfe-Smith 1992).

Negara Amerika baru-baru ini telah mengembangkan sebuah konsep model integritas biologi yang didasarkan pada pendekatan multimetrik dari hewan benthik makrovertebrata guna memperkirakan status polusi dan gangguan yang terjadi pada sumberdaya air. Konsep integritas biologi sendiri didefinisikan oleh Frey, (1975) dalam Angermeier dan Karr (1995) sebagai kemampuan untuk mendukung dan memelihara sebuah keseimbangan, penggabungan, komunitas yang adaptif dari organisme yang terdiri dari komposisi spesies, diversitas, dan organisasi fungsional yang dapat dibandingkan dengan habitat alami dari suatu region yang sama. Disisi lain Angermeier dan Karr (1995) sendiri mendefinisikan integritas biologi sebagai kemampuan sebuah sistem untuk menghasilkan dan memelihara elemen biotik yang adaptif melalui proses evolusi yang terjadi secara alami. Model prediksi lainnya yang juga dikembangkan oleh negara Inggris, Australia, dan Canada cenderung banyak mengeksplorasi analisis multivariat dalam proses penyusunannya, sehingga lebih dikenal sebagai model multivariat. Model yang dikembangkan oleh Inggris dengan nama *River Invertebrate Prediction And Classification System (RIVPACS)*, Australia: *Australian River Assessment scheme (AusRivAS)* dan Canada: *Benthic Assessment of Sediment (BeAst)*. Model prediksi tersebut diatas secara umum mempunyai kesamaan prinsip dasar yaitu dalam hal membandingkan antara organisme yang ada pada daerah *reference site* sebagai kontrol dengan daerah yang akan diuji sebagai *test site*. Definisi *Reference site* sendiri oleh Hughes, 1995 sebagai tempat/ lokasi dengan minimalnya gangguan dari aktivitas manusia yang dapat mewakili dari tipe badan air. Adapun perbedaan diantara kedua model tersebut diatas terletak dalam proses penyusunannya yang secara lebih rinci dijelaskan oleh Reynoldson *et al.* (1997).

Di negara-negara yang sedang berkembang seperti Indonesia, penggunaan hewan benthik makrovertebrata guna mendeteksi besarnya gangguan pada ekosistem sungai belum secara optimal dikembangkan dan digunakan secara rutin dalam pemantauan kualitas air. Penggunaan *bioassessment* dengan benthik makrovertebrata selama ini di Indonesia masih terbatas dan bersifat parsial/ belum terintegrasi seperti pada pendekatan model multimetrik. Biasanya penerapan atribut biologi atau indeks

selama ini masih banyak mengadopsi dari negara *temperate* seperti *Biological Monitoring Working Party* (BMWP), *Average Score Per Taxon* (ASPT), *Family Biotic Index* (FBI) dan sebagainya yang kadangkala perlu dilakukan kalibrasi dan belum tentu cocok untuk diterapkan pada daerah tropis seperti Indonesia. Dari segi iklim yang tropis keberadaan bentik makrovertebrata di Indonesia sangat memungkinkan mempunyai diversitas yang jauh lebih tinggi daripada negara subtropis lainnya. Relatif tingginya biodiversitas bentik makrovertebrata di Indonesia merupakan suatu peluang dan tantangan guna mengembangkan suatu model prediksi yang dapat disesuaikan dengan kondisi lokal/ geografis setempat. Kurangnya informasi mengenai *bioassessment* seperti model tersebut diatas menyebabkan negara Indonesia masih tertinggal dalam pengembangan ilmu tersebut.

Guna dapat menyusun sebuah model multimetrik seperti yang diharapkan diatas, maka perlu dilakukan penelitian pendahuluan guna mengumpulkan informasi dasar tentang diversitas dan ekologi dari hewan tersebut. Sebagai proyek percontohan dari dibangunnya sebuah model tersebut diatas, maka Sungai Cisadane merupakan contoh lokasi yang baik karena kondisi sungai tersebut pada bagian hulunya masih terjaga dengan baik yang cocok digunakan sebagai daerah *reference site* dan nilai kepentingan dari sungai tersebut merupakan bahan baku sumber air minum oleh PDAM Tirta Kerta Raharja di Tangerang. Sungai Cisadane merupakan salah satu sungai terbesar di daerah Jawa Barat yang mengalir hingga melalui wilayah *greater* Jakarta. Pada bagian hulu sungai tersebut sebagian besar berasal dari daerah sekitar Taman Nasional Gunung Halimun (1400 dpl). Sepanjang hulu dari sungai Cisadane banyak bermuara sungai-sungai kecil seperti Cianten, Cigombong, Cinagara, Cibadak, Cimande, Cihideung, Cikereteg, Ciapus, Ciaruteun, Cikaniki dan lain-lain. Pada beberapa ruas anak sungai DAS Cisadane seperti sungai Cikaniki telah banyak mengalami gangguan ekologi dari oleh aktivitas penambangan emas dan pasir liar, limbah industri, pertanian, maupun rumah tangga. Adanya gangguan aktivitas antropogenik tersebut telah sering dilaporkan memberikan dampak negatif bagi bentik makrovertebrata misalnya: penurunan pada diversitas dan kelimpahannya. Penurunan diversitas dan kelimpahan dari komunitas bentik makrovertebrata biasanya

merupakan indikator yang baik dari gangguan ekologi yang terjadi pada sungai, sehingga dapat dimanfaatkan dalam konsep bioindikator lingkungan akuatik. Oleh sebab itu agar setiap proses yang terjadi didalam sungai berjalan alami sebagaimana mestinya dan berkelanjutan, maka dalam proses manajemen sungai sudah semestinya dilakukan tindakan pemantauan secara rutin guna menentukan status dan trend dari sumber daya air. Salah satu alat untuk memprediksi tingkat gangguan ekologi pada Sungai Cisadane yaitu dengan menggunakan pendekatan model multimetrik yang akan dikaji pada penelitian ini.

Dengan melihat kenyataan diatas maka perlu dilakukan penelitian pendahuluan ini yang bertujuan untuk 1). Dapat menetapkan daerah yang dapat digunakan sebagai *reference site* pada Sungai Cisadane yang sudah melalui prosedur seleksi fisik, kimia, dan biologi. 2). Membuat klasifikasi tingkat kerusakan atau gangguan pada beberapa ruas/ segmen sungai di DAS Cisadane yang didasarkan pada komunitas bentik makrovertebrata. 3). Membangun sebuah kriteria biologi yang didasarkan pada konsep multimetrik dengan memanfaatkan komunitas bentik makrovertebrata sebagai indikatornya. Dengan terbentuknya model yang didasarkan pada pendekatan multimetrik ini merupakan salah satu sumbangan *tool/ alat* bagi pengambil keputusan guna manajemen dan konservasi sungai-sungai yang ada di Indonesia. Model ini diharapkan juga mampu mengevaluasi tingkat keberhasilan dari suatu kegiatan restorasi dari sungai-sungai yang telah mengalami gangguan oleh aktivitas antropogenik.

2. METODOLOGI

Penelitian ini merupakan tahap lanjutan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan merupakan penambahan titik lokasi sampling dari bagian hulu sungai Cisadane yang masih terletak pada Taman Nasional Gunung Halimun. Sampling telah dilakukan pada bulan Mei 2004. Adapun penambahan lokasi titik sampling terdiri dari 3 sungai yang semuanya termasuk dalam order sungai 1 dan 2. Nama titik lokasi sampling tersebut adalah ST8. S. Ciangsana, St 9. S. Cikopo, dan St 10 adalah S. Cileles. Semua lokasi titik sampling tersebut terletak pada Kp. Melani

yang masih termasuk dalam desa binaan dari Taman Nasional Gunung Halimun dan pabrik teh PT. Nirmala (Sinar Mas grup).

Gangguan pada habitat yang terjadi disekeliling lokasi *sampling site* dilakukan penilaian habitat/ yang merujuk pada kriteria Barbour *et al.* (1999) meliputi: ketersediaan vegetasi penutup, banyaknya batu yang tertanam dalam dasar sungai, karakterisasi substrat genangan, kecepatan/ kombinasi kedalaman, variabilitas genangan, endapan sedimen, status aliran pada saluran, perubahan saluran, frekwensi dari belokan, liku-liku dari basin sungai, stabilitas pinggir sungai, lebar dari zona vegetatif riparian. Dari hasil penilaian habitat tersebut, kandidat dari daerah yang akan dijadikan sebagai *reference site* diharapkan mempunyai score yang tinggi / minim gangguan.

Penilaian secara kimia juga dilakukan guna menentukan tingkat status pencemaran organik yang terjadi di lokasi *sampling site* tersebut. Parameter kimia yang diukur pada penelitian ini lebih difokuskan hanya pada status pencemaran organik yang meliputi: DO saturasi, pH, suhu, amoniak, nitrat, orthophosphat, dan konduktivitas guna melakukan klasifikasi pencemaran organik yang didasarkan pada indek dari Kirchoff (1991). Metode analisis parameter kimia air untuk perhitungan indeks kimia Kirchoff meliputi:

1. Kondisi oksigen saturasi yang diukur dengan menggunakan alat ukur *Water Quality Checker* (WQC merk Horiba) dan dikonversikan menggunakan grafik nomograf guna menghitung prosentase oksigen terlarut berdasarkan variasi suhu tekanan dan ketinggian (Kirchoff, 1991)
2. Konsentrasi ammonia (NH_4), diukur dengan metoda Thenate (APHA, 1995).
3. Konsentrasi Nitrat (NO_3), diukur dengan metoda Brucine (APHA, 1995).
4. Konsentrasi orto posphat (O-PO_4), diukur dengan metoda Ascorbic Acid (APHA, 1995).
5. Kondisi pH dan konduktivitas diukur dengan menggunakan alat ukur *Water Quality Checker* (WQC merk Horiba)

Hasil analisis parameter kimia di atas selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai indeks kimia yang diperoleh dari rumus indeks Kirchoff (1991) sebagai berikut:

$$CI = \sum q_i^{w_i} = q_1^{w_1} \times q_2^{w_2} \times q_3^{w_3} \times \dots \times q_n^{w_n}$$

Dimana:

- CI = adalah Nilai Indeks Kimia pada setiap titik sampling
- n = adalah banyaknya jumlah parameter
- q = adalah parameter sub-indeks diperoleh dari pengurangan anggota parameter diantara skala 0 sampai 100
- w = adalah nilai bobot kepentingan dari setiap parameter, nilainya dari 0 - 1.

Tahap berikutnya adalah menggolongkan nilai indeks yang didapatkan ke dalam kriteria sebagai berikut:

- 0 sampai 27 : digolongkan sebagai air yang sangat tercemar
 - 28 sampai 56 : digolongkan sebagai air yang tercemar sedang
 - 57 sampai 83 : digolongkan sebagai air yang tercemar ringan
 - 84 sampai 100 : digolongkan sebagai air yang belum tercemar
- (sumber LAWA 1976 dalam Kirchoff, 1991).

Sampling fauna benthik makrovertebrata dilakukan dengan menggunakan metode *traveling kick net* dengan sebuah alat berupa *hand net* yang saringannya berpori-pori 0,5 mm. Penggunaan metode *traveling kick sampling* yang terstandarisasi memberikan kecepatan dan keakuratan data yang bersifat semikuantitatif pada komunitas biologi pada bagian jeram. Kinney *et al.* (1978) dalam Lenat, Penrose, Eagleson (1981) menunjukkan bahwa koleksi sampel dengan menggunakan metode *traveling kick sampling* lebih unggul daripada menggunakan *surber* maupun substrat buatan lainnya, karena hasil yang diperoleh menunjukkan lebih konsisten dalam hal komposisi dan kekayaan taxanya. Substrat pada bagian mulut dari *hand-net* diganggu dengan cara diaduk dengan kaki, sehingga baik serasah maupun beentot akan ikut hanyut masuk kedalam saringan. Masing-masing *site* dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali ulangan. Standarisasi waktu dilakukan

untuk setiap pengambilan sampel yaitu kurang lebih selama 15 menit. Pengawetan spesimen basah dilakukan dengan menggunakan larutan alkohol 90%, sehingga diperoleh konsentrasi akhir dari sampel basah kira-kira sebesar 70%. Pada ruas sungai yang tidak memungkinkan pengambilan dengan menggunakan *hand-net* misalnya pada stasiun Pakulonan, maka dilakukan modifikasi khusus dengan menggunakan alat *Ekman Grab* sebanyak 8 kali pengambilan. *Site/* lokasi yang mengandung banyak sedimen/ lumpur, larutan pengawetnya dengan menggunakan formaldehida 5% dan dimasukkan dalam keller plastik.

Sortir benthik makrovertebrata dilakukan dengan menggunakan mikroskop binokuler dengan pembesaran 5-25 kali. Prosedur subsampling diterapkan guna efisiensi waktu dan tenaga yang dilakukan dengan cara menyortir individu hingga 100 individu secara random (Bode, Novak, dan Abele 1991, 1996, Hillsenhoff 1987, 1988) di dalam sebuah kotak *grid subsampler*. Identifikasi benthik makrovertebrata diusahakan sampai pada tingkat genus atau famili, dan khusus identifikasi dari larva insekta Diptera Chironomidae dan Cacing Oligochaeta akuatik identifikasinya dengan menggunakan larutan mounting CMCP-10 (Kathman dan Brinkhurst 1999).

Atribut biologi/ metrik yang digunakan untuk melihat tingkat gangguan ekologis pada setiap *sampling site* seperti tercantum pada Tabel 1. Penjelasan dari masing-masing metrik secara teknis adalah sebagai berikut:

Taxa richness/ kekayaan taxa: jumlah total taxa yang diketemukan pada 100 individu yang telah tersortir secara acak.

EPT: adalah singkatan dari Ephemeroptera, Plecoptera dan Trichoptera yang menunjukkan jumlah total taxa yang ditemukan dari grup insekta Ephemeroptera, Plecoptera, dan Trichoptera.

Taxa sensitif: Jumlah total taxa yang termasuk sensitif terhadap pencemaran organik yang merujuk dari daftar (Anonymous, 2002) misalnya : Ephemeroptera, Plecoptera dan sebagainya.

% dominansi 3: Jumlah kelimpahan dari 3 taxa yang paling dominan dari sampel yang telah tersortir (100 individu).

Indek *Biological Monitoring Working Party* (BMWP): Jumlah total dari setiap nilai bobot famili yang ditemukan. Penjelasan dari indek ini dapat dilihat pada (Armitage *etal.* 1983)

Tabel 1: Kandidat metrik yang digunakan untuk diskriminasi tingkat gangguan pada ekosistem sungai.

PENGELOMPOKAN ATRIBUT BIOLOGI	METRIK/ ATRIBUT BIOLOGI	RESPON YANG DIPREDIKSI DARI ADANYA GANGGUAN
<i>Taxa richness</i> dan komposisi	Jumlah total / kekayaan taxa	Menurun
	Jumlah taxa Plecoptera	Menurun
	Jumlah taxa EPT	Menurun
Toleransi/ sensitif	Jumlah taxa sensitif Indeks BMWP	Menurun Menurun
Atribut populasi	% dominansi 3	Meningkat

Indek biotik kumulatif (IBK) merupakan indek gabungan dari 5 atribut biologi diatas. Pada tahun sebelumnya (2003) telah dicoba dihasilkan nilai kriteria biologi berupa sebuah indek IBK ini, guna memprediksi tingkat gangguan ekologi yang terjadi di sepanjang ruas sungai Cisadane. Kriteria dari IBK dapat dilihat dalam Tabel 2. Nilai kriteria yang dihasilkan senantiasa harus tetap dilakukan kalibrasi guna diperoleh suatu nilai indek yang cukup sensitif dalam mendeteksi gangguan ekologi yang terjadi di sungai Cisadane maupun sungai-sungai lainnya yang mempunyai kemiripan dari kondisi ekoregionnya. Penambahan titik stasiun baru diharapkan mampu melengkapi dari data *base* dari indek IBK ini dan diharapkan dapat terbentuk pembaruan dari nilai kriteria dari IBK sehingga bisa lebih akurat.

Tabel 2: Hasil nilai kriteria dari indek kumulatif biotik dalam mencerminkan tingkat gangguan pada sungai Cisadane

	Sungai yang belum/ sedikit mengalami gangguan	Dearah dengan gangguan sedang	Daerah dengan gangguan berat
Nilai Score	5	3	1
Atribut Biologi			
1. Kekayaan Taxa	≥26	25-12	≤ 11
2.EPT	≥ 14	7-13	≤6
3. Jumlah taxa sensitif	≥16	15- 8	≤7
4. % dominansi 3	≤42	43-74	≥75
5.BMWP	≥96	95-35	≤34
Kriteria Kumulatif Biotik	17-25	16- 11	10-5

Analisis data

Klasifikasi habitat yang didasarkan pada kesamaan komunitas bentik makroavertebrata dilakukan dengan analisis statistik *non metrik dimensional scaling* (NMDS) dengan menggunakan rumus similaritas dari *Jaccard's*. Rumus indek similaritas dari Jaccard sebagai berikut (Mathews, Mathews, dan Landis, 1998):

$$\text{Indek Similaritas Jaccard's} = \frac{J}{a+b-j}$$

dimana,

j = Jumlah spesies yang ditemukan ada pada kedua tempat tersebut,

a = Jumlah taxa/ spesies yang ditemukan pada lokasi a, dan

b = jumlah taxa/ spesies yang ditemukan pada lokasi b.

Pengerjaan statistik NMDS tersebut dilakukan dengan menggunakan Software *Community Analysis Package (CAP)* versi 2.1 dari *Pisces Conservation Ltd*. Uji sensitifitas dari setiap metrik dari masing-masing *sampling site* dilakukan pengujian dengan menggunakan grafik *box-whisker plot*. Dari hasil penggabungan metrik yang

telah dilakukan normalisasi dilakukan uji korelasi sederhana dari *pearson-product moment* dengan indek kimia dan indek habitat. Uji korelasi tersebut dilakukan guna melihat apakah dari indek komulatif biotik yang baru dihasilkan mampu mencerminkan perubahan pada habitat maupun tingkat pencemaran organik yang terjadi pada sungai Cisadane. Uji korelasi sederhana dilakukan dengan menggunakan *software* STATISTICA versi 5 dari *Stat soft*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penilaian habitat yang telah dilakukan di sekitar titik lokasi sampling dapat dilihat pada Tabel 3. Dari Tabel 3 tersebut menunjukkan bahwa Stasiun Ciangsana, Kramat payung, Cikudapah, dan Cikaniki hulu mempunyai nilai indek habitat yang relatif tinggi yaitu 185, 160, 167, dan 163 berturut-turut. Relatif tingginya dari nilai habitat tersebut menunjukkan rendahnya gangguan yang terjadi pada stasiun tersebut yang berupa aktivitas pembukaan hutan, proses sedimentasi yang disebabkan oleh erosi, maupun oleh aktivitas pertanian/ perkebunan. Empat daerah tersebut merupakan kandidat terbaik untuk dijadikan sebagai stasiun *reference site* yang juga harus diuji pula tingkat gangguan berupa polusi organik maupun gangguan ekologinya yang dalam hal ini diwakili oleh komunitas bentuk makrovertebrata. Pada stasiun Cileles, Cikopo, dan Citalahab sentral mulai menunjukkan adanya gangguan aktivitas yang ringan berupa perambahan hutan oleh manusia dan pertanian berupa perkebunan teh dan area persawahan. Walaupun pada daerah tersebut kerap kali dijumpai beberapa tumbuhan asli meliputi pohon, semak, macrophyta tak berkayu/ herba pada bagian tepi sungai. Beberapa bekas erosi maupun tanah longsor sering dijumpai pada stasiun ini. Oleh sebab itu stasiun tersebut mempunyai nilai habitat yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan stasiun sebelumnya (S. Ciangsana dan lain-lain). Stasiun Cisarua dan Putat nutug masih merupakan daerah yang memiliki gradien tinggi dimana pada daerah tersebut mulai menunjukkan banyak gangguan berupa aktivitas pertanian, masukan limbah rumah tangga, industri, dan penambangan emas dari Gunung Pongkor. Pada bagian tepi sungai sudah menunjukkan banyak sekali erosi dan minimnya canopi tumbuhan

asli yang hidup pada daerah tersebut. Sebagian besar tumbuhan yang hidup di daerah tersebut berupa tanaman budidaya dan semak. Stasiun Pakulonan merupakan daerah kawasan industri dan padat perumahan yang ada di daerah Tangerang. Minim sekali tumbuhan yang hidup pada bagian pinggir sungai dan biasanya hanya berupa rumput atau semak. Banyaknya batuan yang tertanam di dasar sungai juga sangat minim atau dasar perairannya cenderung didominasi oleh sedimen. Dari ketiga stasiun terakhir (Cisarua, Putat nutug, dan Pakulonan) telah menunjukkan peningkatan tekanan pada habitat di sekeliling lokasi pengambilan sampel.

Tabel 3. Kriteria gangguan habitat yang terjadi pada masing-masing lokasi sampling

NAMA STASIUN	NILAI INDEK HABITAT	KRITERIA
S. Ciangsana	185	optimal
S. Cikopo	150	suboptimal
S. Cileles	148	suboptimal
Kramat payung	160	Optimal
Cikudapaeh	167	Optimal
Citalahab sentral	159	Sub-optimal
Cikaniki hulu/ canopy trail	163	Optimal
Cisarua	102	Marginal
Putat Nutug	104	Marginal
Pakulonan	81	Buruk

Hasil penilaian status pencemaran organik dengan menggunakan indek kimia Kirchoff (1991) pada setiap stasiunn pengamatan menunjukkan lokasi-lokasi yang berada di stasiun Gunung Halimun relatif belum menunjukkan pencemaran (Tabel 4). Stasiun-stasiun tersebut meliputi St. Ciangsana hingga Cikaniki hulu. Daerah yang ada di sekitar Gunung Halimun kondisi kualitas airnya relatif masih baik, kondisi ini mungkin ada kaitannya dengan kebijakan dari pemerintah setempat pada daerah tersebut untuk ditetapkan sebagai taman nasional sehingga aktivitas manusia pada daerah tersebut dapat lebih terkontrol. Di bawah stasiun Cikaniki hulu mulai menunjukkan adanya pencemran organik yang relatif ringan. Kondisi ini mungkin disebabkan pada stasiun tersebut ketika dilakukan pengambilan sampel, dalam

kondisi banjir. Kondisi banjir akan meningkatkan debit sungai yang akan berdampak pada proses pengenceran dari bahan-bahan polutan organik dan sebagainya. Berdasarkan tingkat polusi yang terjadi pada daerah kandidat *reference site* yaitu St. Ciangsana, Kramat payung, Cikudapaeh, dan Cikaniki hulu masih menunjukkan gangguan yang minim pada daerah tersebut, sehingga masih memungkinkan untuk dig unakan sebagai kandidat *reference site*.

Tabel 4. Tingkat polusi organik yang terjadi pada setiap stasiun pengamatan.

NAMA STASIUN	NILAI INDEK KIMIA	KRITERIA
S. Ciangsana	92	Belum tercemar
S. Cikopo	92	Belum tercemar
S. Cileles	94	Belum tercemar
Kramat payung	88,4221	Belum tercemar
Cikudapaeh	88,5212	Belum tercemar
Citalahab sentral	88,2919	Belum tercemar
Cikaniki hulu	87,4182	Belum tercemar
Cisarua	74,1205	Tercemar ringan
Putat Nutug	64,9002	Tercemar ringan
Pakulonan	70,0974	Tercemar ringan

Hasil klasifikasi tempat/ stasiun yang didasarkan pada similaritas komunitas bentik makrovertebrata dengan analisis statistik NMDS (Gambar 2) menunjukkan secara garis besar ada empat grup pengelompokan habitat. Kelompok **Grup I** merupakan komunitas bentik makrovertebrata yang hidup pada gradien tinggi yang terletak didaerah hulu dari sungai Cisdane meliputi: Stasiun Kramat Payung, Cikaniki hulu, Cikudapaeh, Ciangsana, Cileles, Cikopo dan Citalahab sentral. Tujuh stasiun tersebut seperti yang telah disebutkan sebelumnya dapat dikatakan kondisi habitatnya masih relatif baik dan vegetasi *camopynya* masih lebat dengan minimnya gangguan oleh aktivitas manusia. sehingga daerah tersebut dapat dijadikan sebagai kandidat *reference site*. **Grup II** merupakan komunitas dari bentik makrovertebrata yang hidup pada kondisi air yang telah mengalami pencemaran ringan oleh polusi organik, baik yang berasal dari limbah pertanian maupun dari aktivitas penambangan

emas di Gunung Pongkor, kondisi habitatnya relatif terbuka, dan banyaknya batuan yang tertanam di dasar sungai relatif masih banyak. **Grup III** adalah komunitas bentik makrovertebrata yang hidup di St. Putat Nutug yang termasuk dalam daerah bergradien tinggi dengan tingkat polusi organik yang ringan, daerah dengan kondisi habitat yang lebih terbuka, banyaknya batuan yang tertanam mulai banyak berkurang yang kemungkinan disebabkan oleh aktivitas penambangan pasir dan batu, dan **Grup IV** merupakan komunitas bentik yang hidup di daerah bergradien rendah (St. Pakulouan), dengan tingkat polusi organik yang ringan pada saat banjir, dengan tipe substrat yang sebagian besar didominasi oleh lumpur. Hewan bentos yang hidup disitu sebagian besar didominasi oleh golongan fungsional *collector-gatherer* seperti cacing *Limnodrilus* sp. dan *Scraper* seperti siput *Melanoides* sp.

Adanya Pengelompokan komunitas tersebut diatas kemungkinan besar disebabkan oleh beberapa faktor antara lain 1). Perubahan habitat yang terjadi disekeliling titik sampling akibat aktivitas antropogenik. Berkurangnya vegetasi *canopy* dari mulai stasiun Cisarua hingga Putat Nutug akan berpengaruh pada kandungan nutrien *allochthonous* berupa *Coarse Particulate Organic Matter* (CPOM) maupun seresah ranting kayu/ *Large Wood debris* (LWD) yang jatuh masuk kedalam sungai. CPOM dan LWD ini akan dimanfaatkan oleh beberapa fauna bentik makrovertebrata sebagai sumber makanan seperti larva insekta dari ordo Ephemeroptera yaitu: *Heptagenia*, *Rhytrogena*, *Neboissophlebia* dan sebagainya, dan sebagai sarang tempat tiuggal dari larva Trichoptera seperti: *Lepidostoma*, *Agapetus* dan sebagainya. LWD sendiri mungkin mempunyai nilai nutrisi yang lebih rendah, akan tetapi mikroba yang tumbuh pada permukaan LWD tersebut yang mempunyai kandungan nilai nutrisi tinggi yang akan dimanfaatkan oleh bentik makrovertebrata dalam memenuhi kebutuhan hidupnya (Harsey and Lamberti 1998). Semakin berkurangnya vegetasi *canopy*, maka akan berkurang pula kandungan CPOM dan LWD-nya dan akan berpengaruh pada komposisi dan kelimpahan dari bentik makrovertebrata sesuai dengan status fungsional *feedingnya*. 2). Adanya kombinasi antara faktor ketinggian dari 1348 (Daerah Gunung Halimun) hingga 51m dpl (St. Pakulonan), tekanan udara, dan berkurangnya vegetasi *canopy* akan berdampak pada

meningkatnya intensitas matahari yang masuk ke perairan dan akan meningkatkan temperatur air (dari 18,4 °C hingga 27,8 °C). Adanya peningkatan temperatur air akan menyebabkan penurunan kandungan oksigen dari beberapa stasiun yang diamati dari (8,38 di bagian hulu sungai hingga 6,46 mg/l di bagian hilir) dapat berpengaruh pada sebagian besar komunitas bentik makrovertebrata yang ada pada sungai. Sinar matahari dapat secara langsung berpenetrasi masuk hingga ke dasar sungai akan mempercepat laju dekomposisi dari bahan organik oleh mikroba maupun proses fotosintesis oleh beberapa jenis algae untuk tumbuh dan berkembang. Algae yang tumbuh pada permukaan substrat ini akan digunakan oleh bentik makrovertebrata yang bertipe *scraper* maupun *gatherer-collector* sebagai sumber makanannya. Sehingga tidak mengherankan didaerah seperti stasiun Cisarua dan Putat Nutug lebih banyak didominasi oleh bentik makrovertebrata Ephemeroptera yang bertipe *scraper* seperti: *Stenacron* sp. dan *gatherer collectors: Baetis* sp., *Platybaetis*, dan *Traverella* sp. Algae yang berbentuk sebagai lumut disamping berfungsi sebagai sumber makanan juga berfungsi sebagai penjebak dari makanan yang hanyut oleh air (Harsey dan Lamberti, 1998). Oleh sebab itu beberapa jenis dari Chironomidae yang telah ditemukan seperti *Polyperilum*, *Rheotanytarsus* dan sebagainya banyak memanfaatkan algae ini untuk mendapatkan makanan yang hanyut oleh arus air. 3). Adanya polusi organik dan stress oleh habitat yang terjadi disepanjang ruas sungai Cisdane dapat merubah komposisi dan kelimpahan dari banyak makroinvertebrata. Dari nilai indek kimia pada stasiun Cisarua hingga Pakulonan yang mulai menunjukkan status pencemaran organik akan diikuti dengan penurunan komposisi kekayaan taxa dan perubahan dominansi dari komunitas bentik makrovertebrata. Ini mengindikasikan bahwa tempat tersebut sudah mendapat gangguan ekologi sebagai akibat peningkatan aktivitas antropogenik dibandingkan dengan hewan yang ada di daerah *reference site*. Semakin menuju kearah hilir (Putat Nutug) gangguannya relatif lebih besar baik yang disebabkan pencemaran maupun pengaruh sedimentasi yang ditunjukkan dengan peningkatan Turbiditasnya. Dari daerah Cisarua turbiditasnya mulai meningkat cukup signifikan dibandingkan dengan stasiun *reference site* sebelumnya, yaitu dari 1-5 NTU (Cikaniki hulu) hingga ke 100 NTU (Cisarua).

kategori ekselent dari komunitas bentos yang relatif belum/ sangat ringan menunjukkan gangguan ekologi, Sedangkan pada stasiun Cileles dan Cikaniki Hulu mulai menunjukkan adanya gangguan ekologi yang relatif ringan sehingga masih masuk dalam kategori baik. St. Cisarua yang telah mengalami pencemaran organik dan gangguan pada habitatnya menunjukkan tingkat gangguan ekologi dalam kategori sedang. Dua stasiun terakhir yaitu Putat nutug dan Pakulonan masuk dalam kategori tingkat gangguan ekologi yang berat atau dalam kondisi buruk. Hasil pertimbangan dari nilai indek habitat, indek kimia kirchoff, dan IBK ini, maka stasiun yang paling berpotensi untuk dijadikan sebagai *reference site* untuk daerah sungai Cisdane adalah St. Ciangsana, Kramat payung, dan Cikudapaeh Ketiga daerah tersebut dalam kondisi optimal dari segi gangguan pada habitatnya, minimnya tingkat polusi, dan gangguan ekologisnya.

Tabel 5. Prediksi tingkat gangguan ekologi yang terjadi di beberapa ruas sungai Cisdane.

NAMA STASIUN	NILAI INDEK BIOTIK KUMULATIF	KRITERIA
Ciangsana	21	Ekselent
Cikopo	23	Ekselent
Cileles	17	Baik
Kramat payung	24	Ekselent
Cikudapaeh	22	Ekselent
Citalahab sentral	23	Ekselent
Cikaniki hulu	17	Baik
Cisarua	12	Sedang
Putat Nutug	10	Buruk
Pakulonan	5	Buruk

DAFTAR PUSTAKA

- Angermeier P.L. dan J.R. Karr, 1995, Biological Integrity Versus Biological Diversity As Policy Directives, *BioScience* 44 (10): 690-697pp.
- Anonymus, 2002, Save Our Stream, Sample Record and Assesment Form, www.people.virginia.edu/~sos-iwla/Stream-Study/Methods/FormIntro.HTML, 5pp
- APPHA, 1995, Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 19th edition, American Public Association/ American Water Work Association/ Water Environment Federation Washington DC, USA.
- 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.
- 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.
- Chessman B, 2003, Signal 2 – A Scoring System for Macroinvertebrate (Water Bug) in Australian River, Monitoring River Health initiative Technical Report no 31, Commonwealth in Australia, Canberra, 32pp
- Cullen P.E., 2002, Conserving Natural Rivers, A Guide For Catchment Managers, River Management Series Part 1, Cooperative Research Centre For Freshwater Ecology, 12pp.
- Fore L.S., J.R. Karr, L.L. Conquest, 1993, Statistical Properties Of Index Of Biological Integrity Used To Evaluate Water Resource, *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 51: 1077-1087pp
- Hersey A.E., G.A. Lamberti, 1998, Stream Macroinvertebrate Communities, Chapter 8, in: River Ecology and Management Lessons from the Pasific Coastal Ecoregion, R.J. Naiman and R.E. Bilby (eds), Springer, New York, 169-199pp.
- Hillsenhoff W.L., 1988, Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index, *J. North Am. Benthol. Soc.* 7(1): 65-68pp.

-
- Hilsenhoff W.L., 1987, An Improved biotic Index of Organic stream pollution, *The Great lakes Entomologist* 20: 31-39pp.
- Hughes R. M., 1986, Defining Acceptable Biological Status By Comparing With Reference Conditions, Pages 31-48pp In W.S. Davis And T.P. Simon Eds, Biological Assessment And Criteria: Tools For Water Resources Planning And Decision Making, Lewis, Boca Raton, FL.
- Kathman R.D., Dan R.O. Brinkhurst, 1999, Guide To The Freshwater Oligochaetes Of North America, Tennessee, USA, 264pp
- Keran B.L. Dan J.R. Karr, 1994, A Benthic Index Of Biotic Integrity (B-IBI) For River Of The Tennessee Valley, *Ecol. Appl* 4: 768-785pp.
- Keran, B.L., J.R. Karr, S.A. Ahlstedt, 1992, Aquatic Invertebrate Assemblages: Spatial and Temporal Differences Among Sampling Protocols, *J. N. Am. Benthol. Soc.* 11: 377-390pp
- Kirchoff W., 1991, water quality Assessment based on Physical, Chemical, and biological Parameters For Citarum River Basin, Bandung, 12pp.
- Kollwitz R., M. marsson, 1909, Okologie Der Tierische Saprobien, Beitrag Zur Lehre Von Der Biologische Gewasserbeurteilung, *Internat. Rev. Hydrobiol* 2: 126-152pp.
- Lenat D.R., M.T. Barbour, 1994, Using Benthic Macroinvertebrate Community Structure For Rapid, Cost-Effective, Water Quality Monitoring: Rapid Bioassessment in: S.L. Loeb, A. Spacie: Biological Monitoring of Aquatic Systems, Lewis Publishers, 187-215 pp,
- Lenat D.R., D.L. Penrose, K.W. Eagleson, 1981, Variable Effects of Sediment on Stream Benthos, *Hydrobiologia* 79: 187-194pp.
- Mathews R.A., G.B. Mathews, dan W.G. Landis, 1998, Application of Community Level Toxicity Testing to Environmental Risk assessment, in: M.C. Newman and C.L. Strojjan (eds), Risk Assessment: Logic and Measurement, Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, 225-234pp
- Norris R.H. Dan M.C. Thoms, 1999, What Is River Health ?, *Freshwater Biology* 41: 197-209pp.
- 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: 235-247pp.
- Reynoldson T.B., J.C. Metcalfe-Smith, 1992, An Overview Of The Assessment Of Aquatic Ecosystem Health Using Benthic Invertebrates, *Journal Of Aquatic Ecosystem Health* 1: 295-308pp,
- Reynoldson T.B., R.H. Norris, V.H. Resh, K.E. Day, D.M. Rosenberg, 1997, The Reference Condition: A Comparison Of Multimetric And Multivariate

Approaches To Assess Water Quality Impairment Using Benthic Macroinvertebrates, *J. N. Am. Benthol. Soc.* 16(4): 833-852pp.

Wright, J.F., 1995, Development And Use Of A System For Predicting The Macroinvertebrates Fauna In Flowing Water, *Australian Journal Of Ecology* 20: 181-197pp.

Wood, P.J., P.D. Armitage, 1997, Biological Effects of Fine sediment in The Lotic Environment, *Environmental Management* 21(2): 203-217pp