

**PENGARUH KONTAMINASI LOGAM BERAT TERHADAP KECACATAN
LARVA (*Dicrotendipes simpsoni*) (DIPTERA: CHIRONOMIDAE) :
STUDI KASUS DI WADUK SAGULING JAWA-BARAT
(Effects Of Heavy Metals On *Dicrotendipes Simpsoni* Larvae Deformities Diptera:
Chironomidae:
A Case Study Saguling Water Reservoir)**

Yoyok Sudarso

Puslit Limnologi-LIPI, Jl. Jakarta Bogor KM 46, 16911, Cibinong, Kab. Bogor,
e-mail: ysudarso@plasa.com

Abstrak

Penggunaan kecacatan morfologi bagian mulut dan antena pada larva Chironomidae telah lama diketahui sensitif dalam mendeteksi adanya stress yang disebabkan oleh kontaminasi bahan polutan yang ada di sedimen maupun terlarut dalam air. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tingkat kecacatan Chironomidae yang terjadi pada spesies *Dicrotendipes simpsoni* yang dikaitkan dengan kontaminasi logam berat pada air permukaan di Waduk Saguling. Untuk memperoleh hewan tersebut dari lapangan, maka digunakan substrat buatan melayang sebagai *trap* yang direndam pada air di kedalaman 2 m pada sentra-sentra perikanan jaring apung (St. Batujajar, Ciminyak, Dam). Hasil analisis kecacatan pada spesies *Dicrotendipes simpsoni* menunjukkan frekwensi kecacatan total secara umum paling banyak dijumpai pada St. Batujajar (95,56%) diikuti Dam (82,2%), dan Ciminyak (68,89%). Hasil analisis multivariat dengan PCA dan korelasi sederhana *Pearson-product moment* menunjukkan adanya kecenderungan dari logam Cr menyebabkan peningkatan frekuensi kecacatan antena secara signifikan ($r = 0,7099$, $p = 0,032$), dan frekwensi cacat total berkorelasi signifikan dengan kontaminasi logam Pb ($r = 0,7055$, $p = 0,034$). Logam Cu cenderung mencirikan tipe kecacatan pada *pecten ephipharyngis* ($r = 0,6131$), walaupun tidak signifikan pada level 95%. Adanya respon kecacatan bagian mulut dan antena pada *Dicrotendipes simpsoni* merupakan sinyal yang positif bagi pengembangan sistem peringatan dini dari kontaminasi logam berat di ekosistem perairan tawar.

Kata kunci: *Dicrotendipes simpsoni*, Chironomidae, logam berat, kecacatan morfologi, Waduk Saguling.

Abstract

*Mouthpart and antenna deformities of Chironomidae have been known and sensitive to detect stress which is caused by pollutant contamination in sediment and water. The research have objective to reveal deformities on *Dicrotendipes simpsoni* Chironomidae larvae in Saguling Reservoir and to know correlation between the deformities with contamination heavy metals on surface water. The animal was collected from reservoir using artificial substrat submerged in deepness of 2 m on floating net (St. Batujajar, Ciminyak, Dam). St. Batujajar had frequency of total deformity is highest (95,56 %) and was followed by Dam (82,2%), and Ciminyak (68,89%). Multivariate analysis using PCA and simple correlation from Pearson-product Moment showed*

tendency of Cr heavy metal caused antenna deformity ($r = 0,7099$, $p = 0,032$), and frequency of total deformity have significant correlation with Pb ($r = 0,7055$, $p = 0,034$). Cu metal tends to cause deformity type of pecten ephipharyngis ($r = 0,6131$) and not significant at level 95%. Existence of mouthpart and antenna deformities on *Dicrotendipes simpsoni* is positive signal to develop early warning system for heavy metal contamination in freshwater ecosystem.

Key words: *Dicrotendipes simpsoni*, Chironomidae, Heavy metal, Morphology deformity, Saguling Reservoir.

PENDAHULUAN

Keberadaan logam berat di ekosistem akuatik telah lama diketahui dapat memberikan dampak negatif bagi kesehatan manusia dan kehidupan biota akuatik (Shakla and Srivastata 1992). Salah satu komponen biota akuatik yang terkena dampak negatif adalah larva insekta Diptera Chironomidae yang akan dikaji pada penelitian ini. Larva Chironomidae termasuk penyusun terbesar dari komunitas bentuk makrovertebrata air tawar dan telah banyak digunakan sebagai indikator biologi oleh beberapa peneliti antara lain: Köhn and Frank (1980), Wiederholm (1984), Warwick (1985), Warwick and Tisdale (1988), Jannsens de Bisthoven *et al.* (1992), Dickman *et al.* (1992), Hudson and Ciborowski (1996), dan Jannsens de Bisthoven *et al.* (1998) dalam melihat pengaruh efek toksisitas *sublethal* dari logam berat dan bahan polutan lainnya di perairan. Gambaran mengenai toksisitas *sublethal* pada larva Chironomidae bisa berupa kecacatan morfologi bagian mulut antara lain: gigi *mentum*, *mandible*, *premandible*, *pecten ephipharyngis* dan bagian antena. Dari peneliti tersebut diatas dapat diketahui bahwa senyawa *xenobiotic* yang dapat menimbulkan kecacatan pada bagian mulut dari larva Chironomidae adalah: logam berat, pestisida, radionuclida, dan pengaruh buangan termal (Meregalli *et al.*, 2000). Hamilton dan Saether (1971) dalam Jannsens de Bisthoven *et al.* (1992) menunjukkan bukti di lapangan, bahwa kecacatan pada *Chironomus* sp. lebih banyak disebabkan oleh kontaminasi logam berat dan pestisida, dan bukan oleh polusi organik yang berasal dari buangan limbah domestik.

Beberapa genus dari larva Chironomidae yang terbukti sensitif dalam menunjukkan efek toksisitas *sublethal* antara lain: *Procladius*, *Chironomus*, *Cryptochironomus*, *Micropectra*, dan *Protanypus*, sedangkan pada *Dicrotendipes simpsoni* selama ini masih belum banyak diungkap dan dikaji.

Alasan penggunaan kecacatan morfologi mulut dari larva Chironomidae *Dicrotendipes simpsoni* dalam mempelajari efek toksisitas *sublethal* logam berat di Waduk Saguling seperti yang sudah diungkapkan oleh Cushman (1984) dan Hudson and Ciborowski (1996) sebagai berikut: 1). Larva Chironomidae di lingkungan akuatik relatif *sessile* dan merupakan komponen utama dari fauna bentuk makrovertebrata yang berhubungan secara langsung dengan sedimen yang seringkali bersifat toksik. Oleh sebab itu kandungan bahan polutan yang terakumulasi dalam tubuh hewan tersebut dan respon kecacatan yang ditimbulkannya seringkali mencerminkan penurunan kualitas air dan sedimen dimana hewan tersebut dikoleksi. 2). Larva hewan tersebut menempati porsi yang cukup penting dalam rantai makanan dan berfungsi sebagai *prey* bagi ikan maupun predator lainnya, sehingga potensi transport/ perpindahan kontaminan ke hewan predator lebih tinggi. 3). Bagian mulut dan antena banyak dilaporkan sebagai tempat-tempat yang paling sensitif dalam merespon adanya kecacatan, 4). Bagian gigi *mentum* biasanya telah mengalami sklerotisasi lebih baik dan nampak jelas pada larva yang telah dilakukan *mounting*, sehingga bentuk-bentuk tipe kecacatan dapat dengan mudah diketahui, dan 5). Selama penanganan sampel, bagian gigi *mentum* tetap terpelihara

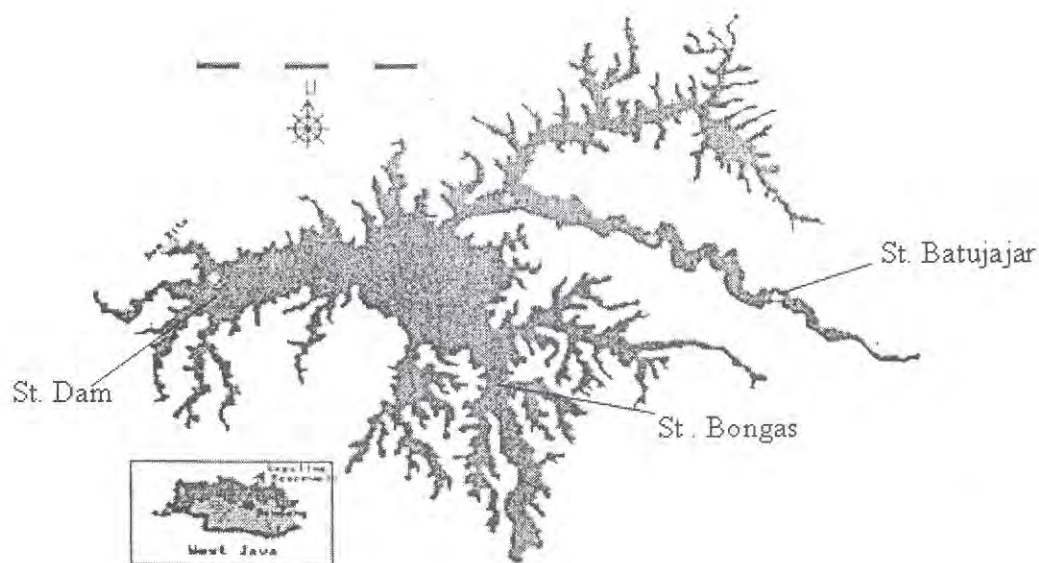
integritas strukturalnya. Dari penjelasan tersebut diatas menunjukkan potensi yang besar dari larva Chironomidae untuk digunakan sebagai indikator biologis perairan dalam menampakkan pengaruh kontaminasi bahan polutan toksik dan merupakan sinyal peringatan dini sebelum dampak negatif lainnya yang lebih besar terjadi pada hewan vertebrata.

Penelitian ini dilakukan di Waduk Saguling-Jawa Barat yang telah diketahui telah mengalami kontaminasi logam berat yang relatif tinggi (Sriwana 1999, Mulyanto 2003, dan Sudarso *et al.* 2001) dan bertujuan untuk menampakkan adanya kecacatan bagian mulut dari larva Diptera Chironomidae *Dicrotendipes simpsoni* yang dihubungkan dengan tingkat kontaminasi logam berat Hg, Cu, Cd, Zn, Cr (VI), dan Pb pada air permukaan Waduk Saguling.

METODOLOGI

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Juli hingga Agustus 2002 yang mengambil lokasi di sentra-sentra perikanan Waduk Saguling dan

lokasi tersebut sering dilaporkan adanya kematian ikan secara mendadak meliputi: **St 1.** Batu Jajar, **St 2.** Bongas, dan **St 3.** intake/ Dam. Untuk memperoleh hewan uji berupa larva Chironomidae *Dicrotendipes simpsoni* secara langsung dari lapangan/ *insitu*, maka dilakukan *trap* dengan menggunakan substrat buatan berupa besi yang berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 30 cm x 30 cm. Pada bagian dalam dari rangka besi tersebut diberi kain kasa nyamuk yang terbuat dari bahan plastik yang berpori 2 mm. Tujuan dari penggunaan kasa nyamuk ini adalah: untuk memperluas area permukaan, mempermudah dalam penanganan sampel dan kolonisasi dari larva Chironomidae. Substrat tersebut direndam dalam air waduk pada kedalaman 2 meter di dekat jaring apung selama 1 bulan guna memberikan kesempatan hewan tersebut melakukan kolonisasi. Setiap 1 titik stasiun pengamatan ditanam 3 buah substrat sebagai ulangannya. Setelah 1 bulan lamanya, maka substrat tersebut diangkat dari dalam waduk dan kain kasa tersebut dipotong dengan menggunakan silet.



Gambar 1: Peta lokasi titik sampling dan penanaman substrat buatan pada Waduk Saguling.

Kain substrat diawetkan dengan menggunakan larutan *formaldehida* 4% dan dimasukkan dalam kantong plastik yang telah diberi label keterangan sebelumnya. Tahap penyortiran larva Chironomidae dilakukan di Puslit Limnologi-LIPI dengan menggunakan mikroskop stereo sampai pembesaran 15-45 kali.

Setiap satu substrat buatan diambil masing-masing 15 individu larva *Dicrotendipes simpsoni* instar IV secara acak yang akan ditentukan bentuk/ tipe kecacatannya (Meregalli *et al.*, 2000). Alasan digunakannya larva instar ke IV adalah didasarkan pada pendapat Vermeulen *et al.* (2000) yang menyebutkan frekwensi kecacatan pada larva instar IV menunjukkan lebih tinggi dibandingkan dengan instar III atau instar sebelumnya. Disamping itu perkembangan pembentukan organ penyusun dari mulut misalnya: *pecten epipharyngis*, gigi *mentum*, dan sebagainya telah sempurna dan terlihat lebih jelas. Proses identifikasi larva Chironomidae pada tahap pertama adalah *clearing* dengan menggunakan larutan KOH 10% panas selama 15 menit guna menghilangkan jaringan internalnya agar terlihat lebih transparan (Vermeulen *et al.* 2000). Setelah itu spesimen dipindahkan kedalam botol flakon yang berisi larutan alkohol 70% selama 15 menit guna dehidrasi. Spesimen kemudian dipindahkan diatas *objectglass* dengan menggunakan pinset kecil dan bagian kepala dari larva Chironomidae diusahakan posisi bagian ventralnya menghadap ke atas. Pada tahap kedua adalah proses *mounting* dengan menggunakan larutan CMCP-10. Spesimen yang telah diletakkan diatas obyek glass diberi larutan CMCP-10 (*Polyscience Inc.*) 1 hingga 2 tetes sebagai larutan *mountant* terakhir dan kemudian ditutup dengan *coverglass*. Preparat *slide mounting* tersebut kemudian dipanaskan diatas *hotplate* selama 1 hari guna mendapatkan hasil yang optimal. Pada bagian pinggir dari *coverglass* dapat diolesi dengan cat kuku agar relatif lebih tahan lama dalam proses penyimpanannya. Identifikasi larva Chironomidae didasarkan pada Epler (2001).

Penentuan bentuk-bentuk tipe kecacatan larva Chironomidae diamati dengan menggunakan mikroskop cahaya dengan pembesaran 100 hingga 1000 kali pembesaran.

Data konsentrasi logam berat pada air permukaan diperoleh dari kompilasi hasil pengukuran secara langsung dari laboratorium Puslit Limnologi-LIPI dan dari data sekunder P.T. Indonesia Power. Analisis logam berat tersebut dikerjakan dengan menggunakan alat *Atomic Absorbance Spectrophotometry* (AAS) dengan metode destruksi asam HNO₃ pekat. Penjelasan lebih detail dari metode analisis logam berat dapat dilihat dalam *Standard Methods* APHA- AWWA (1995).

Analisis data

Analisis statistik multivariat dengan *Principal Component Analysis* (PCA) diterapkan guna melihat kontribusi masing-masing variabel logam berat terhadap frekuensi kecacatan dari larva Chironomidae. Analisis PCA tersebut dilakukan dengan menggunakan software *Multivariate Statistical Package/ MVSP* versi 3.1 (Kovach 1999). Untuk menguji korelasi dan tingkat signifikansi antara kecacatan Chironomidae dengan logam berat, maka dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan uji korelasi sederhana dari *Pearson-Product Moment* dengan selang kepercayaan 95% atau $\pm = 0,05$. Uji korelasi dari *Pearson-Product Moment* dilakukan dengan menggunakan software STATISTICA versi 5 (*Statsoft Inc.*).

HASIL

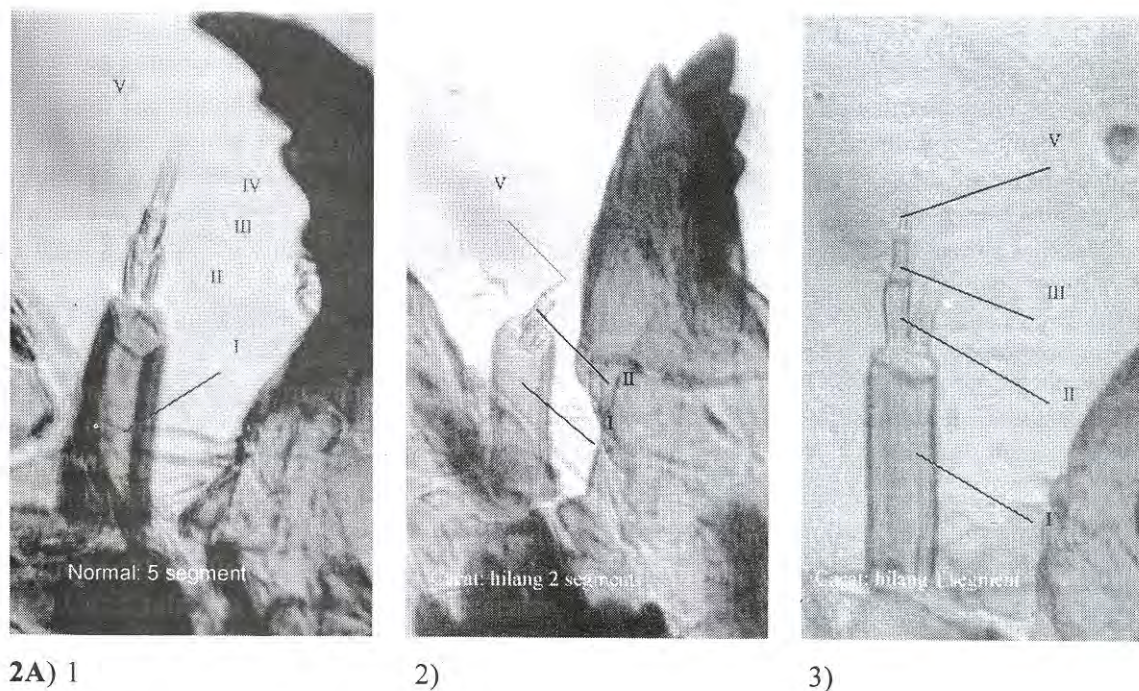
Hasil analisis bentuk-bentuk tipe kecacatan pada bagian kepala yang meliputi: cacat antena, gigi *mentum*, *mandible*, dan sisir *pecten epipharyngis* dapat dilihat pada **Gambar 2**. Dari gambar tersebut menunjukkan bentuk-bentuk tipe kecacatan yang terjadi pada spesies *Dicrotendipes simpsoni* berupa hilangnya segmen pada antena dari mulai berkurang 1 segmen hingga 2 segmen. Kecacatan gigi *mentum* berupa hilangnya 2 gigi sampai

bertambahnya gigi baru yang secara normal tidak terjadi. Cacat pada *mandible* dan *pecten epipharyngis* bisa berupa hilangnya gigi dan peningkatan lebar dari sisir *pecten epipharyngis* seperti yang tampak pada **Gambar 2D) 3**. Pada **Tabel 1** merupakan nilai frekuensi rata-rata dari setiap tipe kecacatan *Dicrotendipes simpsoni* pada setiap stasiun

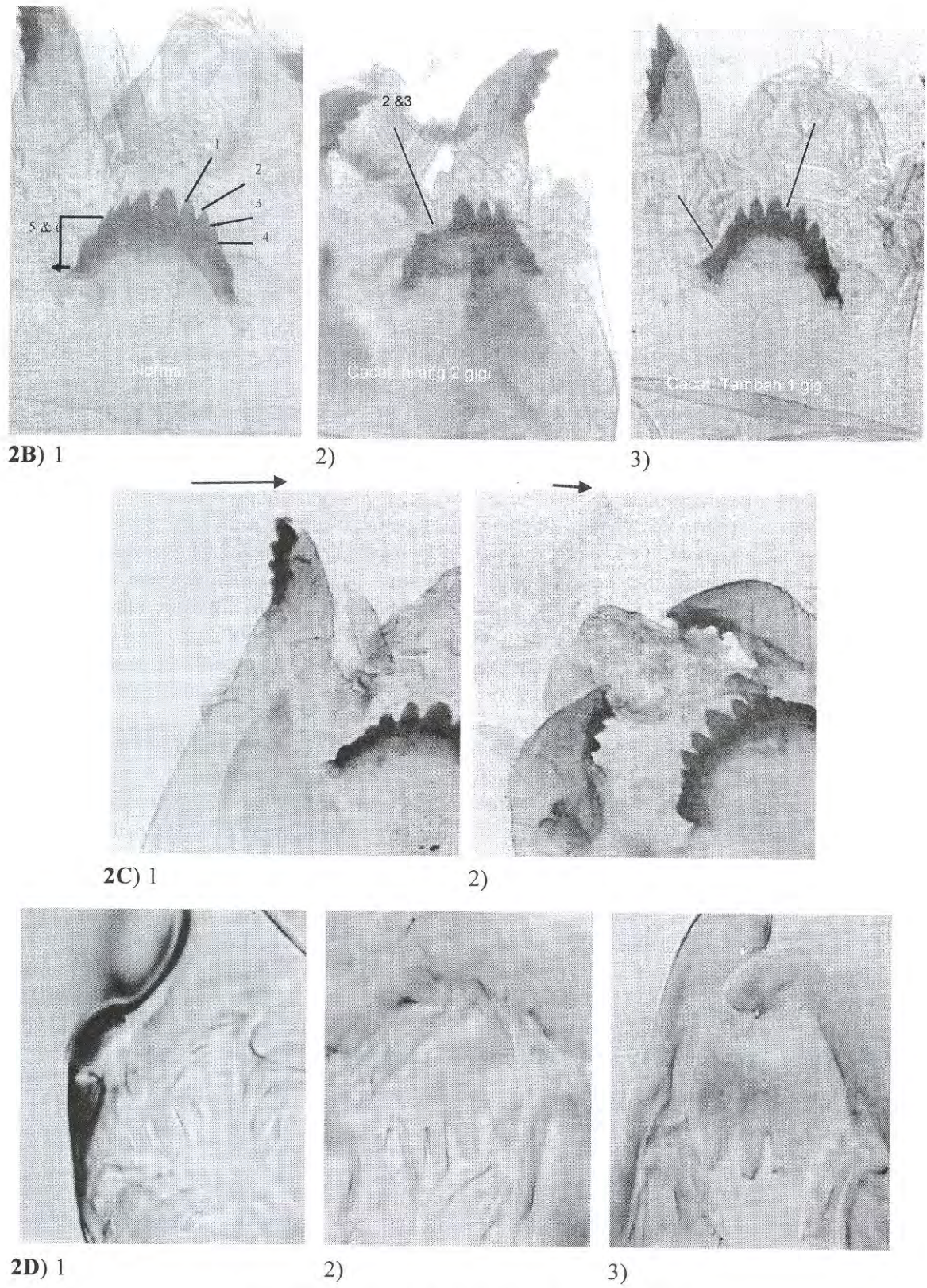
pengamatan. **Tabel 1** tersebut menunjukkan bahwa pada Stasiun Batujajar frekuensi kecacatan total pada Chironomidae cenderung tertinggi dibandingkan stasiun lainnya, diikuti oleh Stasiun Dam, dan terakhir adalah Stasiun Ciminyak. Persentase kecacatan *mandible* pada stasiun Dam relatif sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan stasiun lainnya.

Tabel 1: Frekwensi tipe-tipe kecacatan dari mulut dan antena dari *Dicrotendipes simpsoni* pada Waduk Saguling

Stasiun	% Cacat Total	% Cacat Mandible	% Cacat Mentum	% Cacat Antena	% Cacat Sisir Pecten epipharyngis
Batujajar	95,56	20	22,22	77,78	35,56
Ciminyak	68,89	31,11	11,11	13,33	28,89
Dam	82,223	22,22	4,44	66,67	35,56



Gambar 2. Bentuk-bentuk Tipe Kecacatan



Gambar 2. Bentuk-bentuk Tipe Kecacatan

Keterangan Gambar 2:

Bentuk-bentuk tipe kecacatan pada bagian kepala dari larva Chironomidae **2A)** 1. *Antena* normal dengan 5 segmen, 2). Cacat *antena* dengan hilang 2 segmen, 3). Cacat *antena* dengan hilang 1 segmen. **2B)** 1. Tipe *mentum* normal, 2). Cacat *mentum* dengan hilang 2 gigi, 3). Cacat *mentum* dengan tambah 1 gigi, gigi ke-5 dan 6 hilang dan tampak asimetri, **2C)** 1. *Mandible* normal dengan 4 gigi, 2) *Mandible* cacat dengan hilang 1 gigi pada bagian ujung, **2D)** 1. Sisir *pecten epipharyngis* normal dengan 5 gigi, 2). Sisir *pecten epipharyngis* cacat dengan hilang 1 gigi, 3). Sisir *pecten epipharyngis* cacat dengan hilang 2 gigi.

Hasil analisis multivariat dengan menggunakan PCA dan uji korelasi sederhana *pearson-product moment* (**Tabel 2**) menunjukkan pada 2 sumbu utama/ axis (sumbu 1 dan 2) mempunyai nilai *eigenvaluenya* berturut-turut sebesar 3,414 dan 2,699 dengan persentase informasi kumulatif sebesar 55,299 %. Dari grafik biplot PCA tersebut (**Gambar 3**) menunjukkan arah garis vektor yang panjang dari % kecacatan antena dan logam Cr yang berdekatan satu dengan lainnya dengan kontribusi besar terhadap sumbu 2. Begitu juga dengan arah garis vektor logam Pb dan % kecacatan total berkontribusi besar pada sumbu 1. Dari studi kasus di Waduk Saguling ini mengindikasikan bahwa % kecacatan antena cenderung disebabkan oleh tingginya konsentrasi logam berat Cr dengan besarnya nilai korelasi yang signifikan ($r = 0,7099$, $p = 0,032$) (**Tabel 2**). Begitu juga dengan % kecacatan total cenderung disebabkan oleh tingginya konsentrasi logam berat Pb dalam air yang signifikan ($r = 0,7055$, $p = 0,034$). Adapun untuk % kecacatan *pecten epipharyngis* terlihat cenderung dicirikan oleh jenis logam berat Cu dengan nilai korelasi $r = 0,6131$ dan tidak signifikan pada level $p > 0,05$. Dari gambaran diatas menunjukkan bahwa setiap logam berat

dapat memberikan efek berbeda dari tipe kecacatan mulut dan antena dari larva Chironomidae *Dicrotendipes simpsoni*.

PEMBAHASAN

Relatif tingginya frekuensi total kecacatan larva Chironomidae *Dicrotendipes simpsoni* seperti yang tercantum pada **Tabel 1** pada St. Batujajar kemungkinan besar disebabkan oleh tingginya kadar bahan polutan toksik yang berasal dari Sungai Citarum yang masuk ke *inlet* Waduk Saguling. Pada **Tabel 2** menunjukkan sebagian contoh kontaminasi logam berat pada air permukaan pada setiap stasiun pengamatan yang diperoleh dari kompilasi data tahun 2000 hingga 2003. Dari tabel tersebut menunjukkan St. Batujajar mempunyai tingkat kontaminasi logam berat tertinggi (Hg, Cu, Cr (VI), dan Cd) dibandingkan dengan stasiun lainnya. Tingkat kontaminasi logam berat pada setiap stasiun pengamatan dibandingkan dengan *guidelines* dari Negara Canada yang berfungsi untuk melindungi kehidupan biota akuatik menunjukkan pada semua stasiun pengamatan, konsentrasi logam beratnya telah melampaui baku mutu dari *guidelines* tersebut.

Tabel 2: Nilai korelasi sederhana dari *pearson-product moment* dan probabilitas diantara variabel logam berat dengan frekuensi tipe-tipe kecacatan dari larva Chironomidae.

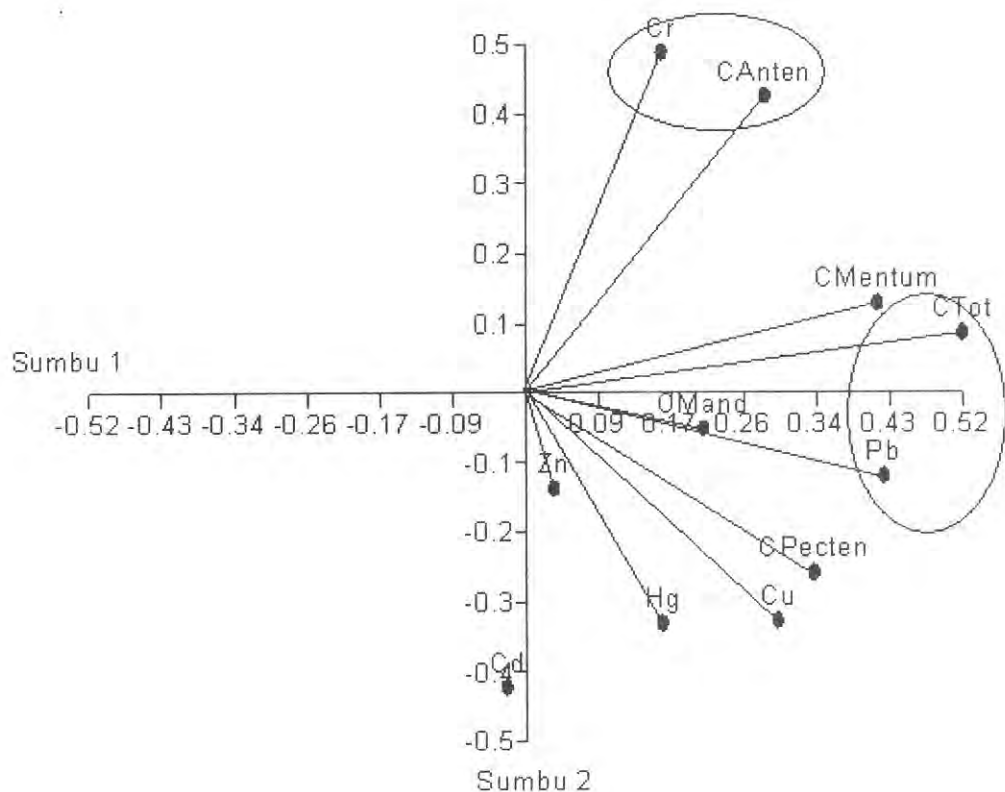
Variabel	% Cacat Total	% Cacat Antena	% Cacat Mentum	% Cacat Mandibel	% Cacat sisir Pecten Ephypharyngis
Hg (mg/l)	0,1486 P = 0,703	-0,5457 P = 0,129	0,4047 P = 0,280	0,5306 P = 0,142	0,1960 P = 0,613
Cu (mg/l)	0,4437 P = 0,232	0,0468 P = 0,905	0,2128 P = 0,572	-0,1823 P = 0,639	0,6131 P = 0,079
Zn (mg/l)	-0,1730 P = 0,656	-0,0443 P = 0,910	-0,0788 P = 0,840	-0,2810 P = 0,464	0,3111 P = 0,415
Cr (mg/l)	0,3506 P = 0,355	0,7099* P = 0,032	0,5602 P = 0,117	-0,1389 P = 0,722	-0,2911 P = 0,447
Cd (mg/l)	-0,0932 P = 0,811	-0,4428 P = 0,233	-0,1132 P = 0,772	-0,2548 P = 0,508	0,0538 P = 0,891
Pb (mg/l)	0,7055* P = 0,034	0,3967 P = 0,290	0,3020 P = 0,430	0,1905 P = 0,623	0,5267 P = 0,144

Tabel 3: Nilai rata-rata kandungan logam berat pada air permukaan di masing-masing stasiun pengamatan

Stasiun	Konsentrasi logam berat (mg/l) rata-rata					
	Hg	Cu	Zn	Cr (VI)	Cd	Pb
Batujajar	0,000867	0,01	0,027	0,0113	0,00733	0,014
Ciminyak	0,00333	0,004	0,027	0,003	0,01	0,008
Dam	0,000533	0,004	0,023	0,005	0,006	0,017
Standard dari Canadian Environmental Guidelines *	0,0001	0,002	0,03	0,001	0,000017	0,007

Keterangan:

* Sumber dari Anonymous (2002)



Gambar 3. Grafik biplot PCA sumbu 1 dan sumbu 2 antara variabel logam berat pada air dengan tipe kecacatan dari larva Chironomidae.

Kondisi ini berpotensi menimbulkan gejala toksisitas akut maupun sublethal dari sebagian besar biota air yang hidup di Waduk Saguling. Kecacatan Chironomidae merupakan salah satu indikator dari respon toksisitas subletal akibat terpaparakan bahan-bahan polutan toksik antara lain: logam berat, pestisida, hormon: 4-nonylphenol, 17 \pm -ethynylestradiol, dan senyawa organik lainnya seperti: xylene, PCB, DDT, PAH dan sebagainya (Meregalli *et al.*, 2001). Meregalli *et al.*, (2001) kemudian merinci lebih lanjut tentang jenis logam berat yang mampu menyebabkan kecacatan morfologi pada Chironomidae antara lain: logam

Cu, Pb, dan Hg. Stasiun Dam menduduki peringkat kedua dari banyaknya larva Chironomidae yang cacat yang kemungkinan besar disebabkan oleh masih relatif tingginya konsentrasi beberapa parameter logam berat seperti: Pb dan Cr (**Tabel 3**) dan kandungan bahan polutan toksik lainnya dalam perairan yang dalam penelitian ini tidak dapat ditunjukkan. Sumber-sumber polusi logam berat pada stadium kemungkinan besar berasal dari sungai-sungai yang masuk ke stasiun tersebut misalnya dari S. Cijambu dan S. Cipongkor.

Keberadaan kolonisasi larva Chironomidae *Dicotendipes simpsoni* dalam substrat buatan

mungkin berasal dari migrasi vertikal dari dasar sedimen menuju ke kolom air, yang kemudian membentuk koloni pada permukaan substrat buatan tersebut. Data hasil pemantauan kualitas air yang dilakukan oleh PT. Indonesia Power dan pengukuran secara langsung di lapangan menunjukkan kandungan oksigen terlarut di dasar perairan dari Waduk Saguling berkisar antara 0 - 1 mg/l dengan konsentrasi gas H_2S yang relatif tinggi berkisar antara 0,047-1,172 mg/l (Mulyanto, 2003). Dengan kondisi yang demikian, maka secara umum kondisi kualitas air di bagian dasar perairan Waduk Saguling sudah tidak layak mendukung bagi kehidupan larva Chironomidae maupun fauna makroavertebrata lainnya. Larva Chironomidae dapat mengadakan migrasi dari dasar sedimen ke permukaan (kolom air) guna mencari lokasi yang masih memungkinkan mempunyai kandungan oksigen terlarutnya relatif lebih tinggi dari 4 hingga 8 mg/l.

Morfologi akhir dari dari sebuah individu Chironomidae tergantung pada keseimbangan proses fisiologi yang terjadi selama tahap pertumbuhan dan perkembangan. Perubahan dalam bentuk dan ukuran dari morfologi luar mungkin disebabkan oleh perbedaan tipe dari genetik dan *stress* lingkungan yang berpengaruh pada mekanisme perkembangan (Servia *et al.*, 2002). Timbulnya kecacatan mulut dan antena pada larva Chironomidae *Dicrotendipes simpsoni* di Waduk Saguling merupakan salah satu bukti di lapangan adanya gangguan pada tingkat seluler akibat stress oleh kontaminasi berbagai macam jenis polutan toksik seperti : logam berat, pestisida, dan sebagainya pada sedimen maupun yang terlarut dalam air. Kecacatan Chironomidae *Dicrotendipes simpsoni* pada substrat buatan secara umum dapat disebabkan oleh 2 kemungkinan. Kemungkinan pertama berasal dari kontak secara langsung dengan bahan pencemar tersebut diatas, dan kemungkinan kedua berasal dari makanan yang dicerna dalam tubuh Chironomidae berupa bahan partikulat organik atau mikroba yang terkontaminasi oleh bahan polutan toksik. Cacat pada antena kemungkinan

besar disebabkan oleh kontak langsung antara antena dengan bahan polutan yang bersifat toksik pada sedimen maupun terlarut dalam air (Warwick, 1985). Antena merupakan organ *retractile* dari sebagian besar hewan Chironomidae yang berfungsi utama sebagai alat peraba dan sering mengadakan kontak dengan bahan polutan yang terikat pada sedimen atau yang terlarut dalam air. Prosi (1981) menyebutkan pemaparan polutan seperti logam berat pada biota perairan paling mudah terpaparkan dalam bentuk terlarut dibandingkan yang terikat dalam partikel sedimen. Walaupun konsentrasi bahan polutan cenderung lebih tinggi terakumulasi pada sedimen, tetapi belum menjamin polutan tersebut lebih *bioavailable* jika ion logam dalam keadaan bebas terbatas seperti Me^{2+} , $Me(H_2O)_x^{2+}$, dan $Me(OH)^+$ (Power and Chapman 1992; Chapman *et al.* 1998, dan Allen 1993). Adanya sedikit peningkatan konsentrasi logam berat yang terlarut dalam air dapat berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan kandungan logam berat dalam tubuh Chironomidae. **Tabel 3** menunjukkan konsentrasi parameter logam Cr dan Pb walaupun relatif kecil (0,003-0,0113 mg/l) dan (0,008-0,017 mg/l) kemungkinan bisa memberikan efek toksik *sublethal* berupa kecacatan.

Pengaruh pemaparan logam berat yang berasal dari makanan telah dijelaskan oleh Luoma and Fisher (1997) dan Prosi (1981). Luoma and Fisher (1997) menyebutkan bahwa jenis logam berat Cr yang terikat oleh partikel sedimen tidak dapat terasimilasi secara sempurna pada hewan bivalvia/ remis, tetapi hampir 90 % lebih efisien berasal dari mikroba yang tercerna. Karena sifat dari logam berat mampu berikatan dengan protein dan akan terakumulasi di dalam jaringan tubuh, maka kemungkinan logam tersebut menimbulkan kecacatan pada larva Chironomidae lebih besar (Brezonik *et al.*, 1991). Penelitian yang dilakukan oleh Janssens de Bisthoven *et al.* (1992, 1998) menunjukkan adanya korelasi positif antara frekuensi kecacatan mulut *Chironomus* sp. dengan peningkatan akumulasi

bahan polutan seperti: logam berat dan *polyaromatic hydrocarbon/ PAH* (Dickman *et al.*, 1992) di dalam tubuh Chironomidae yang cacat.

Tabel 2 dan grafik biplot PCA menunjukkan adanya setiap karakteristik dari logam mencerminkan tipe kecacatan morfologi yang berbeda pada larva Chironomidae *Dicrotendipes simpsoni*. Fenomena serupa juga terjadi dari penelitian yang dilakukan oleh Janssens de Bisthoven *et al.* (1998) yang menunjukkan adanya respon yang berbeda dari bentuk-bentuk tipe kecacatan *Chironomus gr. thummi* akibat terpapar jenis logam berat yang berbeda pula. Janssens de Bisthoven *et al.* (1998b; 2001) menunjukkan respon kecacatan gigi *mentum* dan *mandible* dari *Chironomus riparius* lebih banyak disebabkan oleh jenis logam berat Cd dan Pb. Disamping itu struktur tipe kecacatan yang berbeda misalnya: gigi *mentum*, *mandible* dan *pecten epipharyngis* akan menunjukkan respon yang berbeda pula terhadap peningkatan status polusinya. Ada kecenderungan *hierarchi* tipe kecacatan bagian mulut Chironomidae yang menunjukkan pola sebagai berikut: cacat *pecten epipharyngis*, *mentum*, dan *mandible* menunjukkan tingkatan polusi dari rendah, sedang, sampai tinggi (Merregalli *et al.*, 2000).

Seperti halnya dengan jenis logam berat lainnya, logam berat Cr (VI) dan Pb telah diketahui dapat mengganggu metabolisme protein di dalam serangga (Weismann and Rekahova 1994). Witmann (1981) dan Brezonik *et al.* (1991) menyebutkan adanya kecenderungan logam berat untuk berikatan dengan protein terutama pada gugus sulfidril, amino, *carboxyl*, hidroksida, dan oksida. Di dalam tubuh Moluska, logam berat akan berpengaruh langsung terhadap metabolisme *transmitter* dan perangsangan dari *membrane* yang dengan cara ini akan terjadi perubahan dasar dalam mekanisme *neural* (Salanki 1992). Logam Cr (VI) dalam bentuk *chromates* lebih mudah masuk ke dalam sel daripada Cr (III), yang kemudian bentuk Cr (VI) ini dapat tereduksi menjadi Cr (III). Proses reduksi dari

logam Cr (VI) dan reaksi yang terjadi di dalam seluler adalah penting dalam menentukan mekanisme toksisitas dan karsinogenik dari logam Cr (VI). Senyawa Cr (VI) mempunyai kemampuan yang lebih besar untuk masuk/menerobos *barier placenta* daripada senyawa Cr (III). Sebagai contoh: senyawa Chromium trioksida dalam tubuh hewan *rodentia* akan meningkatkan laju kematian *embryo*, keterlambatan pertumbuhan, dan meningkatkan frekuensi kecacatan tulang (Anonymus 2003). Leslie *et al.* (1999) menunjukkan peningkatan logam Cr pada sungai Chusovaya di Negara Rusia dapat berdampak negatif pada abnormalitas bentuk larva Insekta Trichoptera *Hydropsyche pellucidula*, kerusakan pada *tracheal gill*, dan *discoloration* pada *anal papillae*.

Logam Pb menunjukkan potensi yang lebih lemah untuk terjadinya mutagen (putusnya rantai DNA) pada sel mamalia, jika dibandingkan dengan logam Cd yang lebih kuat (Hartwig 1994). Meskipun telah diketahui pengaruh logam berat terjadi pada *genome*, akan tetapi penelitian tentang kecacatan Chironomidae dari segi gangguan pada tingkat seluler/DNA nya masih belum banyak diungkap (Janssens de Bisthoven, 1999). Sementara ini kecacatan Chironomidae masih diasumsikan disebabkan oleh kerusakan DNA yang terjadi di dalam sel somatik atau gangguan pada reaksi biokimia lainnya (Janssens de Bisthoven *et al.*, 2001). Baru-baru ini Meregalli and Ollevier (2001) menghubungkan kecacatan pada gigi *mentum*, *mandible*, dan *pecten epipharyngis* dengan *nucleoli* aktif di dalam *chromosom polyten*. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan larva yang cacat *mentum* secara signifikan mempunyai *nucleoli* aktif lebih tinggi dibandingkan dengan larva yang tidak mengalami kecacatan. Tingginya jumlah *nucleoli* aktif ini umumnya mengindikasikan peningkatan dari sintesis rRNA. Larva yang cacat terlihat menunjukkan sintesis protein lebih tinggi daripada individu yang normal. Sintesis dari protein tambahan tersebut mungkin akan meningkatkan toleransi dari larva yang cacat

terhadap bahan toksikan seperti logam berat.

Kecacatan larva Chironomidae akan terbentuk secara sempurna pada perbedaan stadium *moulting*. Ini kemungkinan disebabkan oleh gangguan fisiologis oleh bahan toksikan pada perkembangan struktur *buccal* (organ dari rongga mulut) selama proses *moulting* terjadi (Janssens de Bisthoven *et al.* 1992). Selama proses *moulting* diatur oleh hormon antara lain: *ecdysone*, *juvenile*, dan hormon lainnya (de Fur *et al.* 1999; Pinder *et al.* 1999). Kecacatan terjadi akibat gangguan pada hormon tersebut, sehingga mekanisme untuk memperbaiki diri melalui proses *moulting* tidak dapat dilakukan. Pendapat ini diperkuat dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Vermeulen *et al.* (2000) yang menunjukkan kecacatan bagian mulut yang terjadi pada instar ke III akan dilepaskan selama proses *moulting*. Perbaikan kecacatan secara *partial* atau menyeluruh pada bagian mulut mengindikasikan bahwa kecacatan pada Chironomidae bersifat *reversible*.

Meregalli and Ollevier (2001) menyebutkan kecacatan morfologi dari Chironomidae mungkin sebuah fenomena yang melibatkan gangguan pada hormon *endocrine*. Vermeullen *et al.* (2000) lebih spesifik merinci adanya kesamaan struktur molekul antara hormon *estrogen* dengan *ecdysone*. Adanya stress oleh bahan toksikan tersebut dapat mengacaukan receptor *estrogen* dan *ecdysone* yang berdampak pada kecacatan morfologi dari larva Chironomidae.

Dari penjelasan diatas lebih banyak ditekankan pada pengaruh stress bahan polutan toksik terhadap kecacatan morfologi dari larva Chironomidae. Hasil penelitian lainnya yang dilakukan oleh Janssens de Bisthoven *et al.* (2001) juga menyebutkan adanya kemungkinan faktor lain yang turut memicu terjadinya kecacatan pada larva Chironomidae selain yang

telah dijelaskan sebelumnya. Faktor tersebut antara lain kondisi *feeding* yang suboptimal dan kemungkinan *interbreeding* diantara Chironomidae dewasa yang dalam penelitian ini tidak dapat ditunjukkan.

KESIMPULAN

Dari penelitian kecacatan morfologi dari larva Chironomidae *Dicrotendipes simpsoni* di waduk saguling ada beberapa hal yang dapat disimpulkan yaitu:

1. Kecacatan morfologi bagian mulut dan antena merupakan sinyal positif dari sensitivitas Spesies *Dicrotendipes simpsoni* dalam menunjukkan stress yang berasal dari kompleksnya pengaruh bahan polutan yang ada di Waduk Saguling.
2. Dari studi eksploratif tentang kecacatan morfologi bagian mulut dan antena yang dilakukan pada Waduk Saguling menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara kontaminasi logam berat yang diwakili oleh Cr dan Pb dengan frekuensi kecacatan antena dan total pada *Dicrotendipes simpsoni*.
3. Penggunaan substrat buatan melayang seperti yang diterapkan pada penelitian ini sangat bermanfaat dan mendukung bagi program *bioassessment* pada waduk atau danau khususnya yang menggunakan hewan Chironomidae sebagai indikatornya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya haturkan pada Sdri. Resti Amanda yang telah banyak meluangkan waktunya dalam membantu penulis khususnya selama *moulting* larva Chironomidae dari Waduk Saguling dan tak lupa penulis juga ucapkan terima kasih pada semua pihak yang turut membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- APHA- AWWA, 1995, Standard Methods. For Examination of Water and Wastewater, By M.C.Rand: A.E. Greenberg and M.J. Taras (Eds). 19 Th Edition, APPA-AWWA/ WEFW, USA, 1193.
- Allen H.E., 1993, The Significance of Trace Metal Speciation for Water, Sediment, and Soil Quality Criteria and Standards, *The Sci. Of Tot. Environ. Supple.* **12**: 23-45.
- Anonymous, 2002, Summary of Existing Canadian Environmental Quality Guidelines, Updates 2002, 12pp
- Anonymus, 2003, Chromium, <http://www-cie.iarc.fr/htdocs/monographs/vol49/chromium.html>
- Brezonik P.L., S.O. King, C.E. Mach, 1991, The influence of water Chemistry on Trace Metal Bioavailability and Toxicity to Aquatic Organism, in: M. C. Newman and A.W. McIntosh (eds): Metal Ecotoxicology Concepts & Applications, Lewis Publishers, Michigan, USA, 1-26
- Chapman P.M., F. Wang, C. Janssen, G. Persoone, H.E. Allen, 1998, Ecotoxicology of Metals In Aquatic Sediments: Binding and Release, Bioavailability, Risk Assessment, and Remediation, *Can. J. Fish Aquat. Sci.* **55**: 2221-2243.
- Cushman R.M., 1984, Chironomid deformities as Indicators of Pollution from a Synthetic, Coal-derived Oil, *Freshwater Biology* **14**: 179-182pp
- deFur P., M.Crane, C.G. Ingersoll, L. Tattersfield, 1999, Endocrine Disruption in Invertebrates: Endocrinology, Testing, and Assessment, Pensacola, FL. SETAC, 303pp
- Dickman M., L. Brindle, M. Benson, 1992, Evidence of Teratogens in Sediments of The Niagara River Watershed as Reflected by Chironomid (Diptera: Chironomidae) Deformities, *J. Great Lakes Res.* **18**: 467-480pp.
- Epler, J.H., 2001, Identification Manual For The Larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina, North Carolina of Environment and Natural Resources Division of Water Quality, 600pp.
- Hartwig A., 1994, Role of DNA repair inhibition in Lead and cadmium induced genotoxicity: a review, *Environmetal Health perspectives* **102**: 45-50.
- Hudson L.A. and J.H. Ciborowski, 1996, Spatial and Taxonomic variation in Incidence of Mouthpart Deformities in Midge Larvae (Diptera: Chironomidae: Chironomini), *Can. J. Fish Aquat. Sci* **53**: 297-304
- Janssens de Bisthoven L., K. Timmermans, F. Ollevier, 1992, The Concentration of Cadmium, Lead, Copper, and Zinc in *Chironomus gr. thummi* Larvae (Diptera, Chironomidae) with Deformed Versus Normal Menta, *Hydrobiologia* **239**:141-149.
- Janssens de Bisthoven L., J. Postma, P. Parren, K. K. Timmermans, F. Ollevier, 1998, Relations Between Heavy Metal in Aquatic Sediment and in *Chironomus* Larvae of Belgian Lowland Rivers and Their Morphological Deformities, *Can. J. Fish Aquat. Sci.* **55**: 688-703.
- Janssens de Bisthoven L., A. Vermeulen , F. Ollevier, 1998b, Experimental Induction of Morphological Deformities in *Chironomus riparius* Larvae by Chronic Exposure to Copper and Lead, *Arc. of Environ. Contam. and Toxic.* **35** (2): 249 – 256
- Janssens de Bisthoven L., 1999, Biomonitoring with Deformities in Aquatic Organism, in : Gerhardt A. (ed), Biomonitoring of Polluted Water, Transtec publication (TTP), Zurich, Vol **9**, 65-94
- Janssens de Bisthoven L., J. Postma, P. Parren, A. Vermeullen, G. Goemans, F. Ollevier, 2001, Morphological Deformities in *Chironomus riparius* Meigen Larvae After Exposure to Cadmium Over Sev-

- eral Generations, *Water, Air, and Soil Pollution* **129**: 167-179.
- Köhn T., Frank C., 1980, Effect of Thermal Pollution on The Chironomid Fauna in an Urban Channel, in: D.A. Murray (eds): *Chironomidae, Ecology, Systematics, Cytology, and Physiology*, Pergamon Press, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt, 187-194.
- Kovach, W.L., 1999, MVSP, A MultiVariate Statistical Package for Windows, ver 3.1., Kovach Computing Services, Pentreath, Wales, U.K.
- Leslie H.A., T.I. Pavluk, A. bij de Vaate, M.H. Kraak, 1999, Triad Assessment of The Impact of Chromium Contamination on Benthic Macroinvertebrates In The Chusovaya River (Urals, Russia), *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **37**(2):182-189
- Luoma S.N. and N. Fisher, 1997, Uncertainties in Assessing Contaminant Exposure from Sediments, Chapter 14, in: C.G. Ingersoll, T. Dillon, G.R. Biddinger (eds); *Ecological Risk Assessment of Contaminated Sediments*, SETAC Press, Pensacola Florida, 211-237
- Meregalli G., A.C. Vermeulen, F. Ollevier, 2000, The Use of Chironomid Deformation in an in Situ Test for Sediment Toxicity, *Ecotoxicology and Environmental Safety* **47**, 231-238.
- Meregalli G. and F. Ollevier, 2001, Exposure of *Chironomus riparius* larvae to 17 \pm ethynylestradiol: Effects on Survival and Mouthpart Deformities, *The Science of Total Environment* **269**: 157-161
- Mulyanto S., 2003, Rekapitulasi Penelitian Kualitas Air Waduk PLTA Saguling Tahun 1994-2003, PT. Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Saguling, 32 pp.
- Pinder L.C.V., T.G. Pottinger, Z. Billingham, M.H. Depledge, 1999, Endocrine Function in Aquatic Invertebrates and Evidence for Disruption by Environmental Pollutant, R&D report, TR E67, Bristol UK: Environmental Agency and Endocrine Modulators Steering Group, 150.
- Power E.A., Dan P.M. Chapman, 1992, Assessing Sediment Quality, In: A. Burton (Eds), *Sediment Toxicity Assessment*, Lewis Publishers, 1-16pp.
- Prosi F., 1981, Heavy Metal in Aquatic Organisms, in U. Förstner and T.W. Wittmann (eds): *Metal Pollution in The Aquatic Environment*, second edition, Springer-Verlag, Germany, 271-318.
- Salanki J., 1992, Heavy Metal Induced Behavior Modulation in Mussels: Possible Neural Correlates, *Acta Biologica Hungarica* **43**: 375-386.
- Shakla S.K., and P.R. Srivastava, 1992, *Water Pollution and Toxicology*, Commonwealth Publishers New Delhi (India), 325 pp.
- Servia M.J., F. Cobo, M. Gonzalez, 2002, Ontogeny of Individual Asymmetries in Several Traits of Larval *Chironomus riparius* Meigen, 1804 (Diptera Chironomidae), *Can. J. Zool.* **80**: 1470-1479.
- Sriwana T., 1999, Polusi Vulkanogenik: Akumulasi Unsur Kimia Dan Penyebarannya Di Sekitar Kawah Putih, G. Patuha Bandung, Makalah Seminar Di Puslit Limnologi-LIPI, Cibinong, 5pp.
- Sudarso Y., F. Mustofa, M. Badjoeri, S. Aisyah, 2001, Logam Berat Pada Ikan Budidaya Jaring Apung Di Waduk Saguling, Unpublished, 12pp.
- Vermeulen A.C., G. Limberloo, F. Ollevier, B. Goodeeris, 2000, Ontogenesis, Transfer and Repair of Mouthpart Deformities During Moulting in *Chironomus riparius* (Diptera, Chironomidae), *Arch. Hydrobiol.* **147** (3): 401-415.
- Warwick W.F., 1985, Morphological Abnormalities in Chironomidae (Diptera) Larvae as Measures of Toxic Stress in Freshwater Ecosystems; Indexing Antennal Deformities in *Chironomus* Meigen, *Can. J. Fish Aquat. Sci.* **42**: 1881-1914.
- Warwick W.F., and N.A. Tisdale, 1998, Mor-

- phological Deformities in Chironomus, Cryptochironomus, and Procladius larvae (Diptera: Chironomidae) from Two Differentially Stressed Sites in Tobin Lakes, Saskatchewan, *Can. J. Fish Aquat. Sci.* **45**: 1123-1144.
- Weismann L. and M. Rekahova, 1994, Toxic Influence of Cadmium on Insect, *Ekologia (Bratislavia)* **13**: 3-13.
- Whittman G., 1981, Toxic Metals, in U. Förstner and T.W. Wittmann (eds): Metal Pollution in The Aquatic Environment, Second Edition, Springer-Verlag, Germany, 3-68.
- Wiederholm T., 1984, Incidence of Deformed Chironomid Larvae (Diptera: Chironomidae) in Swedish Lakes, *Hydrobiologia* **109**: 243-249 .