

**STRUKTUR KOMUNITAS DAN STATUS FUNGSIONAL ORGANISME
BENTIK MAKROINVERTEBRATA PADA DANAU SINGKARAK, SUMATRA
BARAT**

Yoyok Sudarso, Tri Suryono, G.P. Yoga

Abstract

Lake Singkarak is a tectonic lake which is located in West Sumatera. Nowadays the lake is facing serious problems such as lowering water discharge, decreasing indigenous species of fish population, and mesotrophic water quality condition of the lake. Those conditions cause adverse effects to the endemic fish such as *ikan bilih* (*Mystacoleucus padangensis*) and other aquatic biota especially macroinvertebrates. The aims of this study are: 1). To know the composition and diversity of the macroinvertebrate in lake Singkarak, 2). To elucidate the correlation between environmental variables and the spatial distribution arrangement of the macroinvertebrate in lake Singkarak, 3). To understand the functional feeding status of the macroinvertebrate in lake Singkarak. Samples were taken in September 2001 on 9 locations. Shannon-Wiener biodiversity index was used to calculate the macroinvertebrates diversity. Multivariate analysis using PCA and RDA were conducted to discover environmental variables which characterize species composition. It was shown from the calculation of diversity index, that benthos diversity of lake Singkarak tend to be classified as medium level ($H' = 1,847$ to $2,4931$). Functional feeding status of benthos in the lake generally was dominated by the scraper (molluscs) except St 1 (Sumpur) which was dominated by gatherer-collector. The result from multivariate analysis using PCA and RDA showed that *Melanoides tuberculata* tend to be characterized by high level of suspended solid, Total nitrogen, Total Phosphate, and Dissolved oxygen

Key Words : Benthos, fungsional status feeding, multivariate, diversitas

Pendahuluan

Danau Singkarak merupakan danau tektonik yang terdapat pada daerah sumatera barat, dengan luas sekitar 13.011 ha, dan terletak pada S: $0^{\circ}31'46''$ dan E: $100^{\circ}26'15''$ – $100^{\circ}35'55''$. Pada saat ini danau tersebut sedang menghadapi masalah yang cukup serius antara lain penurunan debit air yang masuk ke dalam inlet danau kerena musim kemarau yang berkepanjangan, penurunan populasi ikan indigenous, dan penurunan kualitas air yang cenderung tergolong ke mesotropik (Sulawesty, 2001). Pada kondisi kualitas air yang demikian maka dimungkinkan akan berpengaruh pada kehidupan biota akuatik endemik pada danau tersebut seperti *ikan bilih* (*Mystacoleucus padangensis*) dan biota akuatik lainnya termasuk bentik makroinvertebrata/ bentos. Keberadaan organisme bentik sangat ditentukan oleh kualitas air, sedimen, maupun faktor fisik yang lain. Adanya penurunan kualitas air maupun gangguan pada habitat pada badan air menyebabkan

spesies yang tergolong sensitif akan hilang/ mati dan digantikan dengan yang lebih toleran. Karr (1999) menyebutkan bencana yang lebih besar adalah penurunan atau hilangnya keanekaragaman hayati daripada bencana yang ditimbulkan pada skala global maupun regional seperti hujan asam, pemanasan iklim global, polusi, lubang ozone dan sebagainya. Oleh sebab itu diperlukan tindakan monitoring komponen fisik, kimia, dan biotik guna melestarikan danau dengan meminimkan dampak negatif yang ditimbulkan oleh alam maupun oleh aktivitas antropogenik pada ekosistem akuatik.

Penggunaan komunitas organisme bentik makroinvertebrata sebagai bioindikator air tawar telah lama digunakan dalam mendekripsi besarnya gangguan atau stress dari ekosistem perairan (Lenat, 1983). Tercatat mulai tahun 1909 yang dilakukan Kolkwitz dan Marsson sebagai permulaan penerapan organisme bentik makroinvertebrata dalam mendekripsi besarnya polusi organik yang dikenal dengan nama "*Saprobien Systèm*". Secara umum organisme bentik makroinvertebrata didefinisikan sebagai hewan yang tanpa ruas tulang belakang dan hidup pada dasar perairan. Organisme tersebut biasanya mempunyai ukuran minimal 0,5 mm, sedangkan Davis dan Lathrop (1992) memberikan batasan 0,3mm keatas. Keberadaan organisme tersebut sering dimanfaatkan untuk monitoring dan penilaian status kesehatan dari badan air yang sering didasarkan pada perubahan struktur komunitas maupun status fungsionalnya. Di Beberapa negara maju seperti Amerika, Inggris, dan Australia penggunaan organisme tersebut telah digunakan dalam menentukan status kesehatan ekosistem perairan dan memberikan dasar bagi menejemen lingkungan. Beberapa alasan klasik tentang keuntungan dan kerugian penggunaan organisme bioindikator pencemaran maupun stress oleh lingkungan dapat dilihat pada Furse *et al.* (1987) dan Reynoldson dan Metcalfe-smith, (1992). Dalam penelitian ini tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah: 1) Untuk melihat biodiversitas dari organisme bentik makroinvertebrata pada Danau Singkarak. 2) Untuk melihat adanya korelasi antara variabel lingkungan pada pengaturan distribusi spatial pada organisme tersebut. 3) Untuk melihat adanya perbedaan status fungsional dari organisme bentik makroinvertebrata pada masing-masing titik sampling. Dengan adanya penelitian ini diharapkan memberikan dasar pengetahuan tentang kemungkinan penggunaan organisme bentik makroinvertebrata untuk dijadikan sebagai bioindikator pencemaran maupun perubahan habitat pada danau lainnya.

Metodologi

Sampling organisme bentik dilakukan pada bulan September 2001. Pengambilan organisme bentik makroinvertebrata dilakukan dengan menggunakan ekman grab dengan luas bukaan 225 cm² dan masing-masing stasiun pengambilan dilakukan pengulangan sebanyak 5 kali pengambilan yang didasarkan pada tes rarefaction dari data sebelumnya. Penentuan titik lokasi pengambilan sampling dilakukan secara *purposive* dan didasarkan pada pertimbangan input/ masukan air ke dalam Danau Singkarak. Lokasi sampling St 1 di (Sumpur), St 2 (Malalo), St 3 (outlet PLTA), St 4 (Paninggaahan), St 5 (Suman), St 6 (Tanjung Muara), St 8 (batang Ombilin), dan St 9 (Batu Tebal). Titik sampling pada peta bathimetri dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah. Sampel basah dilakukan pengawetan dengan

menggunakan larutan formaldehida dengan konsentrasi 4% dan tahap proses enumerasi dilakukan di Puslit Limnologi LIPI. Sampel yang telah tersortir disimpan dalam botol yang telah terisi dengan larutan alkohol 70%. Khusus organisme bentos dari grup Oligochaeta dan Diptera (Chironomidae) identifikasinya menggunakan larutan mounting CMCP-10 (*Polyscience.Inc.*).

Parameter kualitas air yang turut diukur meliputi: DO, Konduktivitas, dan pH dengan menggunakan *Water Quality Checker* merek Horiba U-10. Sedangkan parameter yang diukur di laboratorium Puslit Limnologi meliputi: TN, dan TP dengan menggunakan metode spektrofotometer, yang mengikuti standar dari APPHA (1976).

Penentuan status fungsional dari organisme bentik didasarkan pada Barbour et al, (1999) dan Vannote et al, (1980) yang meliputi: **collectors**, **predators**, **scrapers**, dan **shredders**. **Collectors** didefinisikan sebagai organisme bentik makroinvertebrata yang memakan partikel halus dari bahan organik (FPOM) seperti fragmen dari daun, bakteri, endapan dasar sedimen, dan fecal pelet dari organisme akuatik lainnya. **Collectors** biasanya dibagi lagi kedalam mekanisme feeding yang lebih spesifik yaitu **filtering** C. seperti kerang dan simulidae (Diptera) dan **gathering** C. seperti cacing oligochaeta, larva Ephemeroptera, diptera Chironomidae, dan Trichoptera. **Predators** adalah bentik yang memakan secara langsung organisme akuatik lainnya seperti ikan dan invertebrata. Yang tergolong hewan ini antara lain Megaloptera, dan Odonata. **Scrapers** adalah bentik yang memakan algae yang melekat pada batu atau permukaan lainnya. Yang tergolong dari hewan ini adalah famili Psephenidae, limpet dan siput, Ephemeroptera. **Shredders** adalah bentik yang memakan materi/ partikel organik kasar (CPOM) seperti daun, algae, dan akar tanaman. Organisme tersebut penting dalam memecah fraksi organik kasar ke fraksi partikulat organik halus. Contoh organisme **shredders** antara lain Plecoptera, Trichoptera, Gammaridae, dan Asellidae (Westcott, 1999).

Analisis Data

Diversitas dari masing-masing stasiun pengamatan ditentukan dengan menggunakan rumus index diversitas dari Shanon-Wiener (Pielou, 1969) sebagai berikut:

$$H' = \sum n_i/N \log_2 n_i/N$$

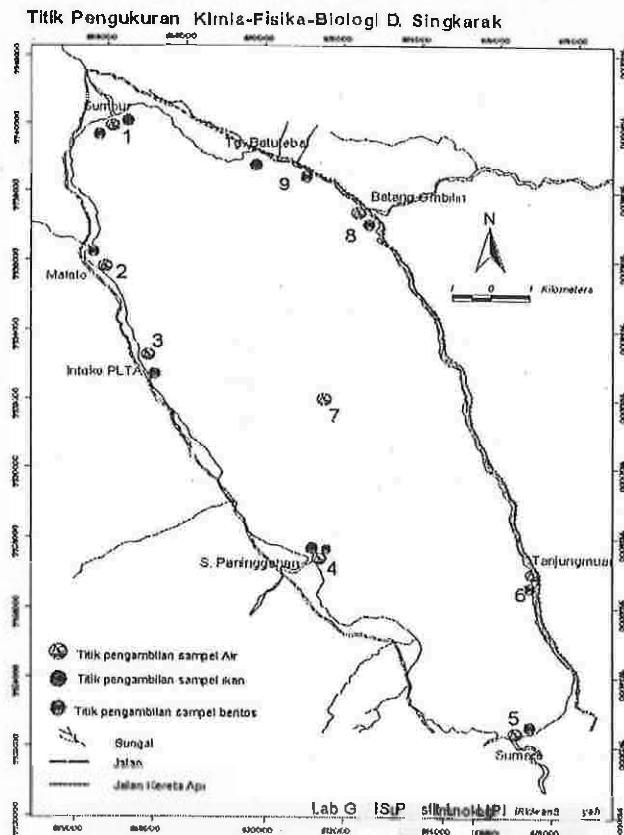
Dimana H' = index diversitas, n_i = Jumlah individu dalam satu spesies, dan N = Jumlah total individu spesies. Penghitungan indeks diversitas dilakukan dengan menggunakan software *Species Diversity and Richness* ® versi 2.65 dari *Pisces Conservation*.

Data kelimpahan bentik sebelum dilakukan analisis statistik lebih lanjut, terlebih dahulu dilakukan transformasi dengan menggunakan $\log_2 (X+1)$. Transformasi dilakukan untuk mereduksi pengaruh dominasi oleh spesies yang mempunyai nilai kelimpahan yang ekstrim (tertinggi/ terendah) (Norris dan Georges, 1992). Marchant (1999) menyebutkan jika data kelimpahan spesies mempunyai range yang sempit misalnya 0-100 individu, maka transformasi tidak diperlukan.

Pemilihan analisis multivariate dari data kelimpahan spesies dan stasiun dilakukan dengan menggunakan teknik ordinasi *Detrended Correspondence Analysis* (DECORANA/ DCA) seperti yang direkomenasikan oleh Van Wijgaarden et al.(1995). Jika panjang gradien

yang diekspresikan dengan unit standard deviasi (SD) mempunyai range gradien $\geq 3SD$ maka ordinasi spesies yang paling cocok adalah *Correspondence Analysis* (CA), sedangkan < 3 lebih baik memilih *Principal Component Analysis* (PCA). Ter Braak (1987) dalam Van Wijgaarden *et al.* (1995) mendefinisikan ordinasi sebagai prosedur yang mengatur sampel pada basis data komposisi spesies. Dengan ordinasi memungkinkan untuk menentukan variabel lingkungan yang paling berpengaruh pada komposisi spesies yang dikoleksi. Penjelasan lebih mendalam tentang prosedur pemilihan PCA dan CA dapat merujuk pada Culp dan Davies (1980), Ter Braak dan Verdonschot (1995), Leps dan Smilauer (1999).

Ordinasi secara langsung antara spesies, stasiun, dan variabel lingkungan dilakukan dengan menggunakan *analysis redundancy* (RDA) jika ordinasi spesiesnya sebelumnya menggunakan PCA, sedangkan *Canonical Correspondence Analysis* (CCA) jika ordinasinya dengan CA. Sebelum dilakukan ordinasi langsung, maka seleksi variabel kualitas air perlu dilakukan untuk menghindari adanya autokorelasi dan hanya variabel yang paling besar saja kontribusinya yang akan dianalisis lebih lanjut. Pengujian adanya autokorelasi dilakukan dengan menggunakan tes *multicollinearity*. Variabel yang mempunyai nilai R^2 lebih besar dari 0,8, variabel tersebut tidak dianalisis lebih lanjut. Penjelasan singkat tentang prosedur pemilihan variabel yang saling berautokorelasi dapat dilihat pada buku manual ECOM versi 1.36. Penghitungan teknik ordinasi DECORANA, dan PCA dilakukan dengan menggunakan software CAP ® versi 2.04, sedangkan untuk ordinasi langsung RDA, CCA dan tes *multicollinearity* dengan menggunakan software ECOM versi 1.36 dari *Pisces Conservation*.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampling pada Danau Singkarak

Hasil dan Pembahasan

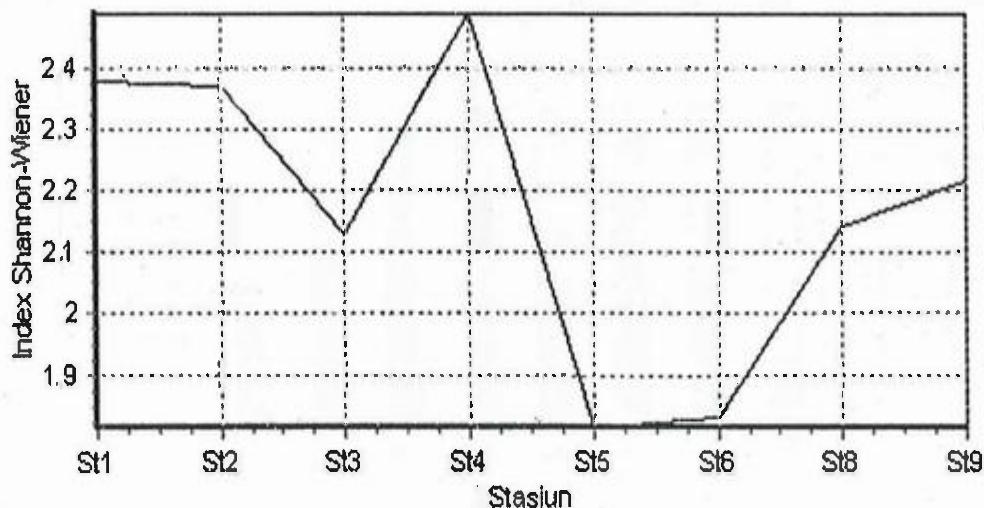
Indeks diversitas dari Shannon-Wiener merupakan indeks yang paling umum digunakan dalam mengetahui tingkat biodiversitas dari suatu tempat dan biasanya dijadikan landasan bagi menejemen lingkungan perairan. Mayack dan Waterhouse (1983) menyatakan indeks diversitas (H') mengasumsikan bahwa sampel yang diambil merupakan representasi dari keseluruhan spesies yang ada dalam komunitas dan menggambarkan dari bentuk populasi asalnya. Indeks tersebut menggabungkan 3 komponen struktur komunitas yaitu: kelimpahan, jumlah taxa, dan evenness (distribusi organisme diantara sp) (Lenat, 1983). Pengembangan indeks diversitas lebih lanjut juga telah digunakan dalam mendekripsi besarnya gangguan berupa penurunan kualitas air yang disebabkan pencemaran maupun perubahan habitat (Reynoldson dan Metcalfe-smith, 1992, Fore, Karr, dan Wisseman, 1996). Davis dan Lathrop (1992) memberikan alasan tentang penggunaan indeks diversitas sehingga dapat diterima secara luas oleh pengambil keputusan yang nonbiologis, karena kemampuannya dalam menurunkan kompleksitas pengukuran komunitas bentik ke dalam nilai tunggal.

Rendahnya indeks tersebut biasanya mencirikan dari adanya stress dari komunitas yang cenderung tidak stabil. Indeks tersebut mencapai maksimum jika jumlah individu pada masing-masing spesies terdistribusi secara merata (Norris, 1999).

Dari Gambar 2 menunjukkan diversitas organisme bentik makroinvertebrata pada Danau Singkarak cenderung digolongkan dalam tingkat sedang seperti yang diklasifikasikan oleh Suryadiputra *et al.* (1999). Diversitas dikategorikan rendah jika $H' < 1,1 < H' < 3$ diversitas sedang, dan $H' > 3$ termasuk diversitas tinggi. Dari indeks diversitas Shanon-Wiener, Stasiun 4 (Panninggahan) mempunyai diversitas tertinggi (2,4931) daripada stasiun lainnya. Diversitas terendah terdapat pada stasiun 5 (Sumani) dan 6 (Tanjung Muara) yang mempunyai nilai indeks berturut-turut sebesar 1,8147 dan 1,8391. Tingginya diversitas bentik pada stasiun 4 kemungkinan besar disebabkan oleh adanya input dari sungai Panninggahan yang menyuplai nutrien maupun material organik dengan kondisi kualitas airnya yang relatif belum tercemar. Tipe substrat pada daerah tersebut adalah batuan kerikil/ coble yang berdiameter antara 3 sampai 10 cm dan berpasir. Ukuran sedimen merupakan refleksi dari status erosi dan deposisi oleh gelombang dan arus (Barton, 1988a). Dari uraian tersebut diatas maka diduga pada stasiun 4 secara umum mempunyai status erosi yang relatif rendah dan kondisi tersebut masih mendukung bagi benthos untuk layak mencapai kolonisasi optimal. Pennack dan Van Garpen (1947) menyebutkan kelimpahan invertebrata dan kekayaan taxa akan cenderung meningkat dengan peningkatan ukuran partikel substrat. Peningkatan secara progresif dalam jumlah total dan biomassa dari ukuran pasir (1,5-3mm) sampai *rubble* (30-200mm). Tetapi peningkatan ukuran batuan lebih jauh sampai pada *bedrock/ boulder*, jumlah dan biomassa dari bentik makroinvertebrata semakin menurun.

Selain tipe substrat, faktor penentu bagi distribusi bentik makroinvertebrata pada danau adalah kedalaman. Stasiun dengan tipe sedimen kasar dan pada air dangkal (0-5m) cenderung menghasilkan jumlah taxa yang kecil, sedangkan paling kaya ditemukan pada kedalaman antara 6-10m (Barton, 1988a). Rendahnya diversitas dari stasiun 5 dan 6 diduga disebabkan oleh besarnya gangguan yang berasal dari aktivitas anthropogenik dan faktor kedalaman. Pengambilan benthos selama sampling umumnya dilakukan pada kedalaman antara 1-5m. Kedalaman antara 1-5 kemungkinan besar sangat dipengaruhi oleh kekuatan arus yang berasal dari gelombang yang berperan dalam pengaturan spesies/ jenis. Stasiun 5 (Sumani) merupakan daerah/ lokasi lahan pertanian, penambangan pasir, dan daerah pemukiman penduduk. Tingginya aktivitas anthropogenik meningkatkan kandungan nutrien organik, polutan (pestisida dan logam berat), maupun material tersuspensi lainnya yang berdampak pada penurunan biodiversitas (Quinn *et al.*, 1992). Stasiun 6 (Tanjung Muara) merupakan tempat pariwisata yang berada di pinggir danau Singkarak. Sumber polutan yang terlihat jelas pada daerah tersebut adalah berasal dari pembuangan sisa bahan bakar minyak dari perahu boat dan dari saluran pembuangan limbah domestik. Ditinjau dari konsentrasi rata-rata parameter TN (0,875 – 0,971 mg/l), TP (0,5855-1,009 mg/l), dan Suspended Solids (10,25-26,75 mg/l) dari kedua stasiun tersebut, terjadi peningkatan konsentrasi hampir 2 kali lipat dibandingkan stasiun lainnya. Data hasil

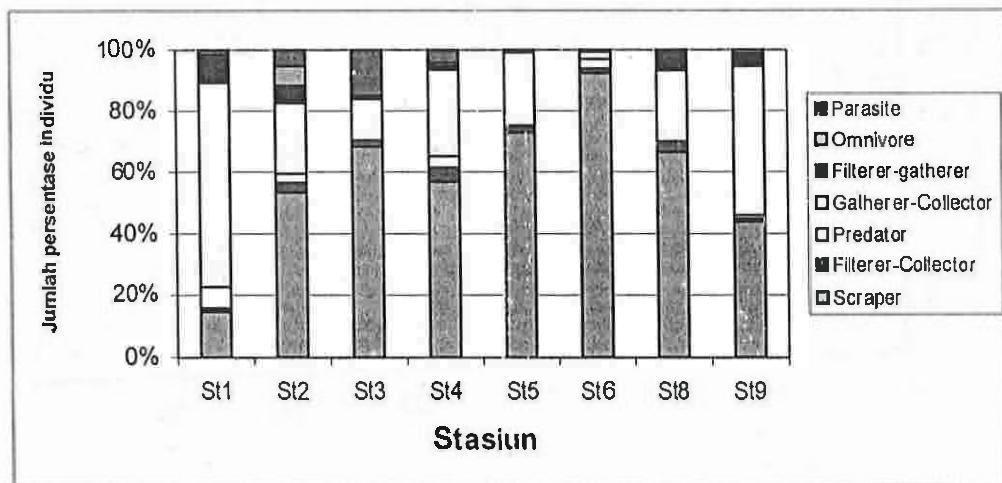
pengukuran parameter kimia rata-rata pada bulan September 2001 dan Mei 2002 dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 2: Grafik indeks diversitas dari Shannon-Wiener pada setiap stasiun pengamatan.

Penentuan status feeding fungsional lebih didasarkan pada dinamika nutrien dan hanya digunakan pada penilaian pengaruh pengkayaan organik dan bukan oleh kimia toksik (Reynoldson dan Metcalfe-smith, 1992). Kontribusi relatif dari feeding fungsional bentik makroinvertebrata sangat dipengaruhi oleh habitat. Sedimen biasanya didominasi oleh tipe *gathering-collector* seperti Oligochaeta dan Chironomidae dan *mikro filtering-collector* seperti remis/ kerang (Benke dan Meyer, 1988). Status fungsional organisme bentik pada danau singkarak secara garis besar didominasi oleh golongan moluska yang bertindak sebagai *scraper/grazer*. Terkecuali pada stasiun 1 (Sumpur) didominasi oleh *gatherer-collector*. Tingginya jumlah *scraper* dimungkinkan disebabkan oleh tipe substrat dari danau singkarak sebagian besar berupa batuan *basalt* yang banyak terdapat dibagian pinggir danau. Kondisi ini sangat menguntungkan bagi jenis moluska yang memanfaatkan batuan tersebut sebagai substrat untuk grazing lumut atau algae yang melekat dan tumbuh pada bagian permukaan batu (Marwoto dan Djajasasmita, 1985). Cacing Oligochaeta famili Naididae dan Tubificidae menduduki peringkat kedua dalam status fungsional yang bertindak sebagai sebagai *gatherer-collector*. Menurut teori *river-continuum* tingginya dominasi oleh *collector-gatherer* menunjukkan perairan tersebut kaya akan akumulasi partikel halus yang meliputi *Fine Particulate Organic Matter* (FPOM) dengan diameter 50 μm -1mm dan *Ultra Particulate Organic Matter* (UPOM) yang berdiameter 0,5 μm -50 μm (Vannote et al., 1980). Khusus pada stasiun 1 (Sumpur) merupakan daerah wisata lokal seperti halnya pada stasiun 6 (Tanjung Muara) tetapi pada daerah tersebut merupakan daerah landai yang bertipe substrat pasir. Habitat pasir merupakan preferensi dari organisme

yang bertipe *gatherer-collector* (Oligochaeta), *filterer-gatherer* (Chironomidae) dan *filterer-collector* (remis), sehingga populasinya meningkat dibandingkan tipe *scraper*. Lindegaard (1995) menggolongkan *feeding fungsional* dari Diptera sub famili Chironominae sebagai *gathering-collector* detritus dan algae. Pengelompokan organisme bentos berdasarkan status feeding fungsionalnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3: Grafik pengelompokan organisme bentos ke dalam status feeding fungsional pada setiap stasiun.

Hasil analisis ordinasi spesies dengan menggunakan *Detrended Correspondence Analysis* (DCA) didapatkan panjang gradien yang dalam bentuk standard deviasi (SD) dan nilai eigenvalue pada 3 sumbu utamanya berturut-turut sebesar: 1,415 SD (0,2055), 1,123 SD (0,095), dan 0,855 SD (0,012). Definisi dari nilai *eigenvalue* akar ciri merupakan konsep pusat dari aljabar linier (Palmer, 1998) dan nilai tersebut menunjukkan jumlah inersi dari setiap sumbu (Bengen, 2000). Rendahnya nilai *eigenvalue* menunjukkan lemahnya hubungan dari kombinasi linier diantara masing-masing variabel (Peeters dan Glystra 1997). Dari hasil tersebut diatas menunjukkan data spesies bentik cenderung mengikuti hubungan *monotonik* linier sepanjang gradien variabel lingkungan. Dengan hasil tersebut maka penggunaan PCA lebih tepat diterapkan dalam analisis multivariate lebih lanjut.

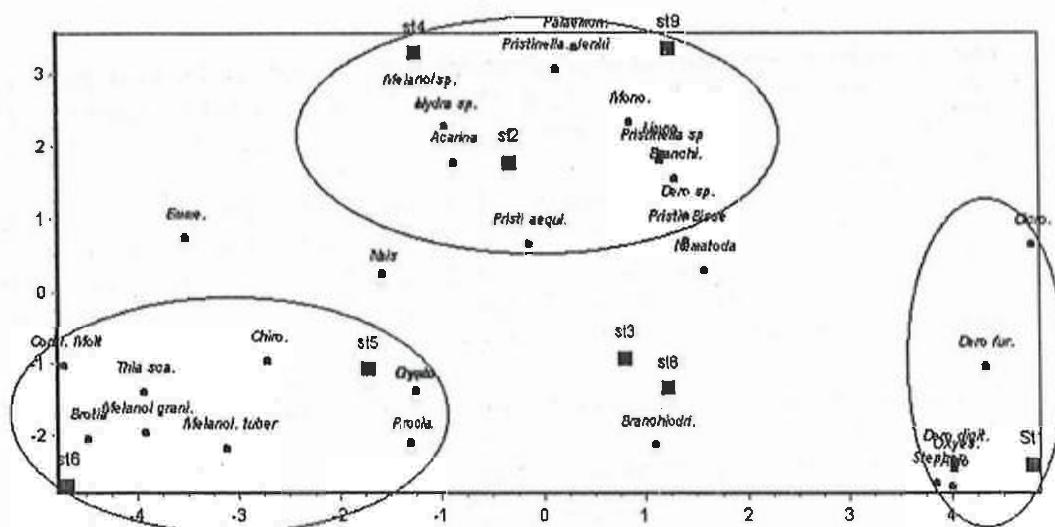
Pendekatan statistik dalam mengetahui interaksi antara data kelimpahan spesies dan variabel lingkungan dengan menggunakan PCA termasuk dalam analisis gradien tidak langsung, dimana ordinasi dari spesies dan faktor lingkungan dilakukan secara terpisah. Berbeda dengan analisis gradien secara langsung seperti analisis *Canonical Correspondence Analysis* (CCA) dan *Redundancy Analysis* (RDA) yang melakukan ordinasi secara langsung antara spesies, stasiun, dengan variabel lingkungan secara bersamaan. Analisis dengan menggunakan PCA tidak terbatas penggunaannya pada variabel kualitas air saja, tetapi juga dapat digunakan dalam data kelimpahan spesies organisme bentik makroinvertebrata seperti yang dilakukan oleh Rae (1985), dan Verdonschot (1992). Penggunaan PCA dari data kelimpahan spesies seperti diatas diasumsikan kelimpahan spesies akan menurun atau meningkat mengikuti model linier dari nilai masing-masing variabel lingkungan Rae (1985). PCA juga dapat digunakan pada data yang

mempunyai jumlah variabel lingkungan lebih besar daripada jumlah kasusnya (stasiun/ pengamatan) (Pers. kom. : Paul J. Van Den Brink, Alterra Green World Research, Dept. of Water and the Environment, Wageningen, Netherland).

Hasil analisis multivariate PCA dari data kelimpahan spesies didapatkan nilai *eigenvalue* untuk dua sumbu pertama berturut-turut: 27,956 dan 14,21 dengan total kumulatif varian sumbu utama yang terjelaskan 53,245 %. Pada Gambar 3. grafik biplot didapatkan 3 pengelompokan /grup besar sebagai berikut:

Grup 1: Stasiun 1 (Sumpur) merupakan tipe habitat yang berpasir dengan dominasi oleh cacing Oligochaeta dari famili Naididae (*Dero digitata*, *Dero furcata*, *Stepenonianana trivandrina*), famili Tubificidae (*Aulodrilus piqueti*), dan Trichoptera (*Oxyesthira* sp.). Studi yang dilakukan Verdonschot (1984) menunjukkan *Dero* sp. menyukai hidup pada permukaan substrat atau berenang bebas. Secara umum cacing Oligochaeta akan dominan pada substrat yang ditumbuhi dengan alga *filamentous* berlimpah (Quinn et al., 1992). Grup 2: Stasiun 5 (Suman) dan 6(Tanjung muara) yang bertipe substrat campuran antara pasir dan lumpur dengan dominasi oleh Moluska (*Melanoides tuberculata*, *Melanoides granifera*, *Gyraulus feuerboni*, *Thiara scabra*, *Corbicula moltkeana*) dan Diptera (*Procladius* sp., *Chironomus* sp.). Preferensi habitat dari Chironomidae sangat ditentukan oleh ukuran substrat, pemilihan jenis partikelnya, dan endapan bahan organik (Rae, 1985). Barton (1988a) melaporkan Diptera dari genus *Procladius* sp. hampir 70% dari Chironomidae yang sering ditemukan pada tipe substrat *gravel* berpasir. *Chironomus* sp. lebih menyukai tipe substrat yang heterogen dan kaya bahan organik pada endapan pasir (Rae, 1985). Peningkatan dari kelimpahan genus *Chironomus* seringkali mengindikasikan adanya peningkatan bahan atau polusi organik (Lindgaard, 1995).

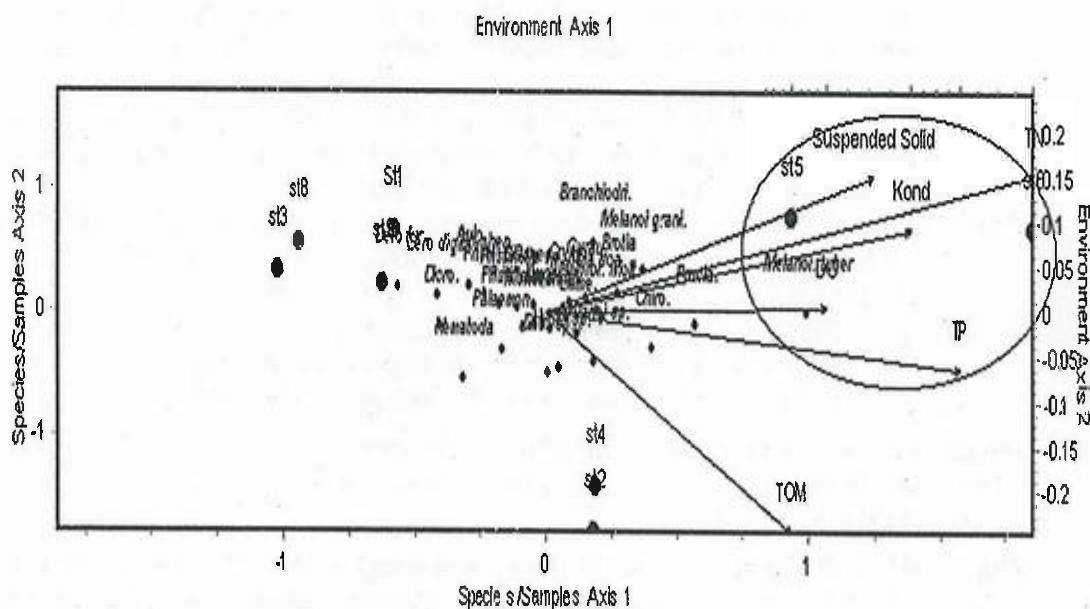
Grup 3: Stasiun 9 (Batu tebal), 4 (Paninggaan), dan 2 (Malalo) merupakan substrat campuran antara batuan dan pasir yang didominasi oleh cacing Oligochaeta dari famili Naididae (*Dero* sp., *Pristina bisserata*, *Pristinella* sp., *Pristina aequiseta*), famili Tubificidae (*Limnodrilus* sp., *Branchiura sowerbyi*), Coelenterata (*Hydra* sp.), dan Moluska (*Melanoides* sp.). Studi yang dilakukan oleh Barton (1988b) di Great Lakes menunjukkan adanya dominasi cacing oligochaeta dari genus *Limnodrilus* dan famili Tubificidae lainnya mengindikasikan bahwa kandungan silt pada sedimen lebih besar dari 10% dan kondisi perairan yang cenderung eutrofik. Jenis *Limnodrilus udekemianus* dilaporkan oleh Verdonschot (1984) juga terdapat pada perairan yang mempunyai kandungan oksigen tinggi walaupun lebih sering pada perairan yang terpolusi oleh bahan organik. *Branchiura sowerbyi* merupakan cacing Tubificidae yang terdistribusi secara luas dan hampir terdapat di seluruh penjuru dunia. Cacing tersebut biasanya hidup pada perairan tenang dengan tipe substrat *silt* dan mampu bertahan dengan kondisi pH dan DO ekstrim seperti pada perairan gambut (Verdonschot, 1984). Spesies yang menyukai status oligotrofik lebih umum ditemukan pada substrat yang berpasir, sedangkan kondisi yang mesotrofik tidak dapat dibedakan dalam struktur sedimennya seperti halnya pada danau Singkarak. Hasil ordinasi spesies secara lengkap dengan menggunakan PCA dapat dilihat pada Gambar 4 .



Gambar 4. Grafik biplot hasil ordinasi dari data spesies dengan menggunakan PCA

Ordinasi langsung (spesies, stasiun, dan variabel lingkungan) dengan menggunakan model respon linier disebut *Analisis Redundancy* (RDA). RDA memaksimumkan *goodness of fit* sama halnya PCA. Hubungan antara spesies dengan variabel lingkungan diplotkan sepanjang axis ordinasi 1 dan 2. Sejak *goodness of fit* pada RDA dibatasi dengan variabel lingkungan, maka nilai *eigenvalue* dari axis ordinasi 1 akan lebih rendah daripada PCA. Hasil ordinasi langsung dengan menggunakan RDA didapatkan 2 nilai canonical eigenvalue pada axis 1 dan 2 berturut-turut sebesar 2,85 dan 1,814 dengan cumulative % variance yang terjelaskan sebesar 6,638%. Dari Gambar 5 grafik triplot (spesies, stasiun, dan variabel kimia) menunjukkan spesies moluska *Melanoides tuberculata* banyak terdapat pada stasiun 5 (Sumani) dan 6 (Tanjung muara) cenderung dicirikan oleh variabel kualitas air seperti suspended solid (SS), total nitrogen (TN), Total phosphat (TP), dan *Disolved Oxigen* (DO) yang tinggi. Sebaliknya pada stasiun 1 (Sumpur), 3 (Intake PLTA), 8 (Batang Ombilin) dan 9 (batu tebal) yang mempunyai spesies terletak pada bagian sebelah kiri seperti *Oero furcata*, *Dicrotendipes*, *Dero digitata*, cenderung kelimpahannya rendah jika variabel kualitas air tersebut diatas tinggi. Dalam Gambar 5 spesies tersebut terletak bersebrang dengan spesies moluska *Melanoides tuberculata* membentuk sudut mendekati 180° sehingga menunjukkan adanya hubungan/ korelasi negatif. Spesies lainnya merupakan spesies yang umum yang belum dapat terjelaskan secara sempurna oleh variabel kualitas air yang diukur pada penelitian ini. Tingginya jumlah individu dari spesies *Melanoides tuberculata* pada daerah Sumani dan Tanjung muara kemungkinan besar disebabkan oleh pengkayaan nutrien TN, dan TP yang menyebabkan stimulasi pertumbuhan algae pada permukaan sedimen maupun batu. Algae merupakan sumber makanan bagi moluska yang bertipe grazer seperti *Melanoides tuberculata* dan moluska lainnya sehingga produktivitas spesies tersebut pada stasiun tersebut akan meningkat pesat dibandingkan dengan stasiun lainnya. Penambahan N anorganik dan kombinasi unsur P akan meningkatkan pertumbuhan dan biomasa dari algae perifiton, sehingga

berdampak pada peningkatan kelimpahan dan peningkatan *survival* dari bentos. Biomasa perifiton akan meningkat lebih besar pada penambahan unsur N daripada P. Tipe benthos grazer dengan kepadatan yang tinggi dapat menurunkan biomassa perifiton (Perlin dan Richardson, 1997).



Gambar 5. Grafik triplot analisis redundancy dari data bentik makroinvertebrata, stasiun dan pengukuran variabel kualitas air.

Kesimpulan

Dari penelitian diatas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1). Didasarkan pada indek diversitas dari shannon-wiener, secara umum diversitas dari organisme benthic makroinvertebrata dikategorikan dalam tingkat sedang sampai rendah. Diversitas tertinggi terdapat pada stasiun 4 (paninggahan) sedangkan diversitas terendah terdapat pada stasiun 5(Sumani) dan 6 (Tanjung Raya).
- 2). Dari status feeding fungsional dari organisme benthic makroinvertebrata, umumnya Danau Singkarak didominasi oleh golongan molusca yang bertindak sebagai scraper.
- 3). Analisis multivariate dengan menggunakan PCA dan RDA dapat diterapkan untuk melihat variabel dominan yang mengatur distribusi spesies pada Danau Singkarak.
- 4). Siput dari jenis *Melanoides tuberculata* cenderung lebih menyukai tipe perairan yang mempunyai konsentrasi SS, TN, TP dan DO yang tinggi.

Daftar Pustaka

- APPHA, 1976, *Standard Methods. For Examination Of Water And Wastewater*, By M.C.Rand: A.E. Greenberg And M.J. Taras (Eds). 14 Th Edition, APPA-AWWA-WPCF, 1193pp
- Barbour M.T., J. Gerritsen, B.D. Synder, J.B. Stribling, 1999, *Rapid Bioassessment Protocols For Use In Stream And Wadeable River: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, And Fish*, EPA 841-B-99-002, 200pp.
- Barton D.R., 1988a, Distribusi of some common benthic invertebrates in Nearshore Lake Erie, with emphasis on Depth and Type of Substratum, *J. Great Lakes Res* 14(1): 34-43pp.
- Barton D.R., 1988b, Some Problems affecting the assessment of Great lakes water quality using benthic invertebrates, *J. Great Lakes Res.* 15(4): 611-622pp
- Bengen D.G, 2000, *Sinopsis Teknik Pengambilan Contoh Dan Analisis Data Biofisik Sumber Daya Pesisir*, Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir Dan Lautan, Fakultas Perikan Dan Ilmu Kelautan , IPB, 86 Hal.
- Benke A.J., J.L. Meyer, 1988, Structure and Function of a Black Water River in the Southeastern U.S.A, *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 23: 1209-1218pp.
- Culp J.M., R.W. Davies, 1980, *Reciprocal Averaging And Polar Ordination As Techniques For Analysing Lotic Macroinvertebrates Communities*, *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 37: 1358-1364pp
- Davis W.S., J.E. Lathrop, 1992, *Freshwater Benthic Macroinvertebrates Community Structure And Function*, Chapter 8, In : B. Baker Dan M. Kravitz, *Sediment Classification Methods Compendium*, US-EPA 823-R-92-0069, 26pp
- Furse M.T., D. Moss, J.F. Wright, P.D. Armitage, 1987, *Freshwater Site Assessment Using Multivariate Techniques*, Agricultural Environment Research Group University Of Newcastle Upon Tyne, 45-79pp.
- Fore, L.S., J.R. Karr, dan R.W.Wisseman, 1996, Assessing invertebrates responses to Human activities: evaluating alternative approaches, *J.N.Am.Benthol.Soc* 15(2): 212-231pp
- Karr J.R., 1999, *Defining And Measuring River Health*, *Freshwater Biology* 4: 221-234pp.
- Kolkwitz R., M. Marsson, 1909, *Ökologie Der Tierische Saproben, Beiträge Zur Lehre Von Der Biologische Gewässerbeurteilung*, *Internat. Rev. Hydrobiol* 2: 126-152pp.
- Lenat D.R.,1983, *Chironomid Taxa richness: Natural Variation and use in Pollution assessment, freshwater Invertebr. Biol.* 2(4): 192-194pp
- Lindgaard C., 1995, *Classification of water-bodies and pollution*, In: P.D. Armitage, P.S. Cranston, L.C.V. Pinder, *Chironomidae Biology and Ecology of non-biting Midges*, Chapman&Hall, 385-404pp

- Leps J. Dan P. Smilauer, 1999, *Multivariate Analysis Of Ecological Data*, Faculty Of Biological Sciences, University Of South Bohemia, Ceske Budejovice, 110pp
- Marwoto R.M. Dan M. Djajasasmita, 1985, *Fauna Moluska Di Perairan Tepi Danau Singkarak Sumatera Barat: Komposisi Dan Kepadatan Jenisnya*, Berita Biologi 3(6): 292-295pp.
- Mayack D.T., dan S.S. Waterhouse, 1983, *The effects of flow concentrations of paticulates from paper mill effluents on the macroinvertebrates community of a fast-flowing stream*, Hydrobiologia 107: 271-281pp.
- Norris R. H., A. Georges, 1992, *Analysis And Interpretation Of Benthic Macroinvertebrate Survey*, 235-286pp
- Norris R.H., 1999, *Environmental Indicators: Recent Developments In Measurement And Application For Assessing Freshwater*, In : H.A. Dickinson, G.W. Kearsley, *Environmental Indicators*, University Of Otago, Dunedin, New Zealand, 1-47 pp
- Palmer M., 1998, *Ordination & PCA, Unpublished*, 10pp
- Peeters E.T.H.M., R Glystra.,1997, *Manual On Cornell Condensed Format Background And Making*, Dept. Of Water Quality Management And Aquatic Ecology, Agricultural University Wageningen, 28pp
- Pennack R.W. Dan E.D. Van Garpen, 1947, *Bottom Fauna Production And Physical Nature Of The Substrate In A Northern Colorado Trout Stream*, Ecology 28:42-48pp.
- Perrin C.H., J.S. Richardson, 1997, *N And P Limitation Of Benthos Abundance In The Nechako River, British Columbia*, Can. J. Fish Aquat. Sci 54: 2574-2583pp.
- Pielou E.C., 1969, *An Introduction To Mathematical Ecology*, Wiley-Interscience, New York.
- 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
- Rae J.G., 1985, *A Multivariate Study Of Resource Partitioning In Soft Bottom Lotic Chironomidae*, Hydrobiologia 126: 275-285pp
- Reynoldson T.B. , J. L. Metcalfe-Smith, 1992, *An Overview Of The Assessment Of Aquatic Ecosystem Health Using Benthic Macroinvertebrates*, Journal Of Aquatic Ecosystem Health 1: 295-308pp
- Sulawesty F, 2001, Restorasi Dan Pemanfaatan Sumber Daya Perairan Darat, Dalam Laporan Triwulan II, Puslit.Limnologi-LIPI, Hal 57.
- Suryadi putra, I.N.N., Y. Rusila Noor, I.R. Lubis, E. Widjanarti, W.Prianto, C. Nirarita, 1999, *Studi Keanelekragaman Hayati Daerah Aliran Sungai Ciujung Dan Ciliiman Jawa Barat*, Wetlands International-Indonesia Programme, Bogor.
- Ter Braak C.J.F., P.F.M. Verdonschot, 1995, *Canonical Correspondence Analysis And Related Multivariate Methods In Aquatic Ecology*, Aquatic Science 57(3): 255-288.
- Vannote R.L., G.W Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell, C.E. Cushing, 1980, *The River Continuum Concept*, Can. J. Fish Aquat. Sci. 37: 130-137pp.

- Vannote R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell, C.E. Cushing, 1980, The River Continuum Concept, *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 37: 130-137pp.
- Verdonschot P.F.M., 1984, The Distribution of Aquatic Oligochaetes in the fenland area of N.W. Overijssel (The Netherlands), *Hydrobiologia* 115: 215-222pp
- Verdonschot P.F.M., 1992, Macrofaunal Community Types In Ponds And Small Lakes (Overijssel, The Netherland), *Hydrobiologia* 232: 111-132pp
- Westcott F., 1999, Benthic Macroinvertebrates In Trident &Blueberry Creeks: Species Identification And Community Interpretation, British Columbia, 56pp
- Wijgaarden R.P.A., P.J. Van Den Brink, J.H. Oude Voshaar, P. Leeuwangh, 1995, *Ordination Techniques For Analysing Response Of Biological Communities To Toxic Stress In Experimental Ecosystem*, Ecotoxicology (4): 61-77pp.

Tabel 1: Kelimpahan rata-rata organisme bentik makroinvertebrata (indv/m²) yang diambil pada bulan September 2001.

Nama species	Stasiun pengambilan							
	St 1	St 2	St3	St4	St5	St6	St 8	St9
Brotia costula	22	58	236	102	400	556	10 2	67
Melanooides tuberculata	31	13	0	40	76	813	0	0
Melanooides sp	0	18	0	49	76	0	0	27
Melanooides granifera	13	13	160	107	898	813	10 7	84
Emmerciopsis lacustris	27	187	138	178	36	302	67	102
Gyraulus feunerboni	0	0	0	0	13	0	0	0
Thiara scabra	27	80	187	102	44	720	80	80
Corbicula moltekeana	9	22	22	49	40	53	18	9
Procladius sp.	58	13	0	13	4	107	0	0
Dicrotendipes	76	40	9	13	18	0	36	36
Monopelopia sp.	0	4	0	0	0	0	0	9
Chironomus sp.	0	40	0	0	0	22	0	0
Nais variabilis	9	4	9	22	4	22	4	13
Cryptochironomus sp.	0	0	0	0	4	0	0	0
Branchiura sowerbyi	18	36	4	27	62	4	27	40
Branchiodrilus hortensis	253	0	13	4	156	27	0	49
Limnodrilus sp.	133	102	67	200	276	27	18	271
Aulodrilus piqueti	62	0	13	0	0	0	0	0
Dero (Aulophorus) furcata	22	0	9	4	0	0	53	9
Dero (Dero) digitata	36	0	9	4	0	0	22	0
Pristina aequiseta	0	0	4	4	0	0	0	0
Dero sp. (undescribed)	9	18	0	18	0	0	0	0
Pristina bisserata	0	0	4	0	0	0	0	4
Pristina leidyi	0	0	0	4	0	0	0	4
Pristinella sp.	0	0	0	0	0	0	0	9
Stephensoniana trivandrina	18	0	9	0	0	0	0	0
Oxyesthira sp.	4	0	0	0	0	0	0	0
Nematoda	13	36	156	44	0	0	0	0
Palaemonetes	0	4	4	9	0	0	0	9
Hydra sp.	0	4	0	22	0	0	0	0
Acarina	0	0	0	4	0	0	0	0

Tabel 2: Hasil pengukuran rata-rata variabel kualitas air pada bulan September 2001 di Danau Singkarak.

Parameter Kimia	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S8	S9
TN (mg/l)	0.486	0.3595	0.2935	0.711	0.875	0.971	0.761	0.485
Suhu (°C)	26.65	28.15	27.75	27.65	26.55	28.455	28.35	26.55
DO (mg/l)	4.535	6.17	7.755	7.31	7.875	7.54	6.995	4.525
pH	7.91	8.005	8.1	8.11	7.7	8.125	8.235	7.9
Konduktivitas (mS/cm)	0.2065	0.1905	0.2	0.21	0.206	0.21	0.189	0.201
Suspended Solid (mg/l)	3	8.25	9.75	0.5	26.75	10.25	5.25	2.9
TP (mg/l)	0.4765	0.55	0.4065	0.8395	1.009	0.5855	0.4195	0.4755
TOM (mg/l)	8.254	24.4555	10.885	7.9415	12.353	11.577	2.331	8.2485