



# DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN

Jl. Prof. Dr. Bunyamin No. 708 Kotak Pos 115 – Purwokerto 53122  
Telp. (0281) 635292, 635293 Fax. (0281) 631737, 631802

## SURAT KEPUTUSAN REKTOR

Nomor : Kept. 269/H23/PL/2009

Tentang  
Tugas dan Susunan Pelaksana Hibah Penugasan Penelitian  
Tahun Anggaran 2008  
Di Universitas Jenderal Soedirman.

### REKTOR UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN

#### MENIMBANG

1. Bahwa agar Pelaksanaan Hibah Penugasan Penelitian di Universitas Jenderal Soedirman tahun anggaran 2008 dapat berjalan lancar dan berdayaguna serta berhasilguna, maka perlu mengangkat pelaksana penelitian yang terdiri dari Staf Edukatif;
2. Bahwa untuk maksud tersebut pada butir (1) perlu ditetapkan dengan Surat Keputusan Rektor.

#### MENINGAT

1. Undang-undang No. 20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional Bab V pasal 16 ayat (7) dan pasal 22 ayat (2);
2. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 30 tahun 1990 tentang Pendidikan Tinggi dan peraturan pemerintah RI No. 57 Tahun 1998 tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah No. 30 Tahun 1990 tentang Pendidikan Tinggi;
3. Surat Keputusan Presiden RI No. 170/M tahun 2005, tanggal 14 Oktober 2005 tentang Pengangkatan Rektor Universitas Jenderal Soedirman;
4. Surat Perjanjian Kerjasama Antara Direktur Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi dengan Ketua Lembaga Penelitian Universitas Jenderal Soedirman tentang Pelaksanaan Hibah Penugasan Penelitian Nomor : 419/SP2H/PP/DP2M/X/2008 tanggal 20 Oktober 2008.

#### MENDENGAR

1. Saran dan pertimbangan Pimpinan Universitas Jenderal Soedirman.

#### MENETAPKAN

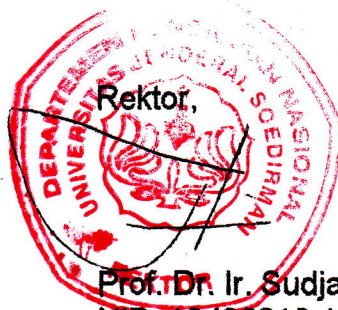
Pertama

1. Menugaskan kepada Staf Edukatif yang namanya tercantum dalam Lampiran surat keputusan ini untuk melaksanakan penelitian yang judul, biaya, waktu dan tugas dalam penelitian masing-masing termaktub dalam surat keputusan ini selanjutnya disebut "Peneliti"

- Kedua : Dalam melaksanakan tugasnya "Peneliti" membuat laporan dan bertanggungjawab kepada Rektor melalui Ketua Lembaga Penelitian Universitas Jenderal Soedirman
- Ketiga : Semua biaya yang timbul akibat dikeluarkannya Surat Keputusan ini dibebankan kepada DIPA DIKTI nomor : 0145.0/023-04.0/-/2008 tanggal 31 Desember 2007
- Keempat : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dan apabila dikemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam surat keputusan ini akan diadakan perbaikan seperlunya.

Ditetapkan di : Purwokerto  
Pada tanggal : 19 Juni 2009

---



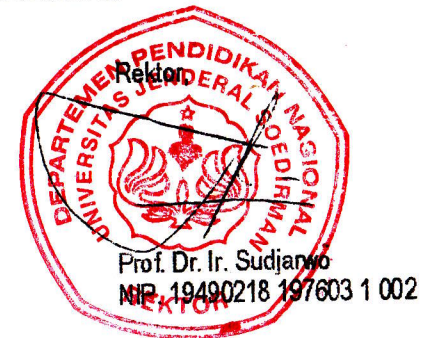
Prof. Dr. Ir. Sudjarwo  
NIP. 19490218 197603 1 002

**Tembusan : Yth.**

1. Menteri Pendidikan Nasional RI di Jakarta
2. Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Depdiknas di Jakarta
3. Direktur Binlitabmas, Ditjen Dikti, Depdiknas di Jakarta
4. Ketua Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia di Jakarta
5. Para Pembantu Rektor di lingkungan Unsoed
6. Para Dekan Fakultas di lingkungan Unsoed
7. Para Ketua Lembaga di lingkungan Unsoed
8. Kepala Biro Adm. Umum dan Keuangan Unsoed
9. Kepala Bagian Kepegawaian Unsoed
10. Ketua Tim Penilai Angka Kredit Unsoed.

Lampiran : Surat Keputusan Rektor Universitas Jenderal Soedinman  
 Nomor Kept : 269/H23/PL/2009 tanggal 2 Juli 2009  
 Tentang Tugas dan Susunan Pelaksanaan Hibah Penugasan  
 Penelitian  
 Universitas Jenderal Soedinman Tahun Anggaran 2008

| No. | Nama Personalia              | Gol. | Jabatan       | Judul Penelitian                                                                                                          | Jumlah Dana    | Jangka Waktu Penelitian |
|-----|------------------------------|------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|
| 1   | Dr. Dwi Nugroho Wibowo, MS ✓ | IV b | Kepala Proyek | Kajian Macroinvertebrata Benfik Sebagai Organisme Pemantau Tingkat Pencemaran Organik Ekosistem Sungai Di Perairan Tropis | Rp. 40.000.000 | 8 bulan                 |



# **LAPORAN HASIL PENELITIAN**



## **KAJIAN MAKROINVERTEBRATA BENTIK SEBAGAI ORGANISME PEMANTAU TINGKAT PENCEMARAN ORGANIK EKOSISTEM SUNGAI DI PERAIRAN TROPIS**

Oleh :

**Dr. DWI NUGROHO WIBOWO, M.S.**

**Drs. SETIJANTO, M.Sc.St.**

-----

**DIBIYAI OLEH**

**DIREKTORAT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL TA 2008**

**FAKULTAS BIOLOGI  
UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN  
TAHUN 2009**

## HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

**1. Judul : Kajian Makroinvertebrata Bentik sebagai Organisme Pemantau Tingkat Pencemaran Organik Ekosistem Sungai di Perairan Tropis**

**2. Ketua Peneliti**

a. Nama Lengkap : Dr. Dwi Nugroho Wibowo, MS  
b. Jenis Kelamin : Laki-laki  
c. NIP : 19611125 198601 1 001  
d. Pangkat/Golongan : Pembina/IV-b  
e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala  
f. Fakultas/Jurusan : Biologi/Biologi Lingkungan  
g. Perguruan Tinggi : Universitas Jenderal Soedirman  
h. Pusat Penelitian : Lembaga Penelitian Universitas Jenderal Soedirman

**3. Jumlah Tim Peneliti**

: 2 (dua) orang

**4. Lokasi Penelitian**

: Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu

**5. Kerja Sama dengan Institusi Lain**

: -

a. Nama Institusi

: -

b. Alamat

: -

**6. Masa Penelitian**

: 11 bulan

**7. Biaya yang Diperlukan**

: Rp 40.000.000,00 (Empat puluh juta rupiah)

Purwokerto, 30 Nopember 2009

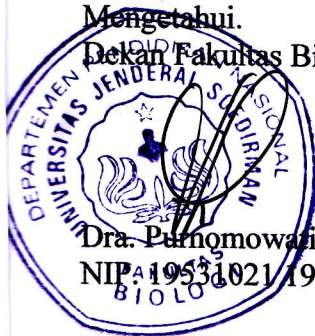
Ketua Peneliti,



Dr. Dwi Nugroho Wibowo, MS  
NIP. 19611125 198601 1 001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Biologi Unsoed,



Dra. Purnomowati, SU  
NIP. 19531021 198103 1 001

Menyetujui,

Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Jenderal Soedirman,



Drs. Edy Yuwono, Ph.D  
NIP. 19621208 198601 1 001

## **SUMMARY**

### **KAJIAN MAKROINVERTEBRATA BENTIK SEBAGAI ORGANISME PEMANTAU TINGKAT PENCEMARAN ORGANIK EKOSISTEM SUNGAI DI PERAIRAN TROPIS**

A study on the use of macroinvertebrate benthic as a tool of biomonitoring for organic pollution level has been done at streams spread along the River Serayu cathment area. The aim of the study is to test the sensitivity of the quantitative approach (abundance, species richness, diversity indices) and quantitative and qualitative combined approach (Lothian index, TBI, Biotic Score).

A number of 30 sites differ in organic pollution level reflected by the BOD value measurement had been surveyed. The result of the study reveal that there is no significant correlation between abundance, species richness, and index diversity of Shannon Wiener with the level of BOD, in contrast the biotic index (Lothian index, TBI and Biotic Score) showed a significant correlation with the level of BOD. Of the biotic indices, the Lothian Index is more sensitive to the change of the BOD level compared to the rest.

Key words : macroinvertebrate benthic, biomonitoring, biotic indices, organic pollution

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Subhanahu Wataa'la., karena berkat rahmat dan petunjuk-Nya, laporan penelitian dengan judul **“Kajian Makroinvertebrata Benthik sebagai Organisme Pemantau Tingkat Pencemaran Organik Ekosistem Sungai di Perairan Tropis”** yang diawali dengan penyusunan usulan penelitian, pelaksanaan penelitian, dan penulisan laporan penelitian ini dapat terselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu.

Kegiatan penelitian ini merupakan penghargaan bagi Peneliti sebagai Penyaji Poster Terbaik Tahun 2008 pada Seminar Hasil Penelitian Multi Tahun yang diselenggarakan Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional di Jakarta.

Rangkaian penyelesaian usulan penelitian, penelitian, dan penulisan laporan penelitian ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Melalui kesempatan ini, peneliti menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya disertai ucapan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional atas diberikannya dana penelitian,
2. Ketua Lembaga Penelitian, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto dan jajarannya atas segala bantuannya sehingga kegiatan penelitian ini dapat terselesaikan, dan
3. Kepala Laboratorium Ekologi dan Laboratorium Biologi Akuatik Fakultas Biologi, serta Laboratorium Jurusan Perikanan dan Kelautan FST Universitas Jenderal Soedirman atas peminjaman sarana prasarana laboratorium.

Semoga Allah Subhanahu Wataa'la membalas segala bantuan dan budi baik yang telah diberikan kepada Tim Peneliti disertai harapan semoga laporan ini berguna adanya.

Purwokerto, Nopember 2009  
Tim Peneliti

## DAFTAR ISI

|                                                         | Halaman |
|---------------------------------------------------------|---------|
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>                         | i       |
| <b>SUMMARY .....</b>                                    | ii      |
| <b>PRAKATA .....</b>                                    | iii     |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                               | v       |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                              | vi      |
| <br><b>I. PENDAHULUAN .....</b>                         | <br>1   |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>                       | 4       |
| <b>III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....</b>         | 8       |
| 3.1. Tujuan Penelitian .....                            | 8       |
| 3.2. Manfaat Penelitian .....                           | 8       |
| <br><b>IV. METODE PENELITIAN .....</b>                  | <br>9   |
| 4.1. Waktu dan Lokasi Penelitian .....                  | 9       |
| 4.2. Faktor Fisiko-kimia Air .....                      | 9       |
| 4.3. Pengambilan Contoh Makroinvertebrata Benthik ..... | 11      |
| 4.4. Prosedur Laboratorium .....                        | 12      |
| 4.5. Analisis Data .....                                | 13      |
| <br><b>V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                | <br>14  |
| 5.1. Deskripsi Umum Lokasi Penelitian .....             | 14      |
| 5.2. Deskripsi Khusus Lokasi Penelitian .....           | 16      |
| 5.3. Kajian berbagai Pendekatan .....                   | 52      |
| <br><b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>               | <br>65  |
| 6.1. Kesimpulan .....                                   | 65      |
| 6.2. Saran .....                                        | 65      |
| <br><b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                         | <br>66  |

## DAFTAR TABEL

| Tabel                                                             | Halaman |
|-------------------------------------------------------------------|---------|
| 4.1. Parameter fisikokimia air, alat, dan metode pengukuran ..... | 10      |
| 5.1. Jumlah individu pada kisaran BOD tertentu .....              | 53      |
| 5.2. Anova BOD vs Kelimpahan .....                                | 53      |
| 5.3. Jumlah spesies pada kisaran BOD tertentu .....               | 54      |
| 5.4. Anova BOD vs Jumlah spesies .....                            | 55      |
| 5.5. Indeks keragaman pada kisaran BOD tertentu .....             | 56      |
| 5.6. Anova BOD vs Indeks Keragaman ( $H'$ ) .....                 | 57      |
| 5.7. Nilai TBI pada kisaran BOD tertentu .....                    | 58      |
| 5.8. Anova BOD vs TBI .....                                       | 58      |
| 5.9. Nilai Indeks Lothian pada kisaran BOD tertentu .....         | 59      |
| 5.10. Anova Indeks Lothian vs BOD .....                           | 60      |
| 5.11. Nilai Skor Biotik pada kisaran BOD tertentu .....           | 61      |
| 5.12. Anova BOD vs Skor Biotik .....                              | 61      |

## DAFTAR GAMBAR

| Gambar                                           | Halaman |
|--------------------------------------------------|---------|
| 1. Lokasi stasiun pengamatan di DAS Serayu ..... | 11      |
| 2. Stasiun pengamatan Kejajar .....              | 17      |
| 3. Stasiun pengamatan Garung .....               | 18      |
| 4. Stasiun pengamatan Mandiraja .....            | 19      |
| 5. Stasiun pengamatan Kembangan .....            | 20      |
| 6. Stasiun pengamatan Panggisari .....           | 22      |
| 7. Stasiun pengamatan Karangjati ... ..          | 23      |
| 8. Stasiun pengamatan Dermasari .....            | 25      |
| 9. Stasiun pengamatan Sokawera .....             | 25      |
| 10. Stasiun pengamatan Kebasen .....             | 27      |
| 11. Stasiun pengamatan Bancar .....              | 28      |
| 12. Stasiun pengamatan Pasren .....              | 30      |
| 13. Stasiun pengamatan Jetis .....               | 31      |
| 14. Stasiun pengamatan Bantarori .....           | 32      |
| 15. Stasiun pengamatan Congot .....              | 33      |
| 16. Stasiun pengamatan Kemutug .....             | 34      |
| 17. Stasiun pengamatan Pandak .....              | 36      |
| 18. Stasiun pengamatan Pajerukan .....           | 37      |
| 19. Stasiun pengamatan Jatirokeh .....           | 38      |
| 20. Stasiun pengamatan Sunyalangu .....          | 39      |
| 21. Stasiun pengamatan Karanggandul .....        | 40      |
| 22. Stasiun pengamatan Karanglewas .....         | 41      |
| 23. Stasiun pengamatan Sidaboa .....             | 42      |
| 24. Stasiun pengamatan Patikraja .....           | 44      |
| 25. Stasiun pengamatan Pancasan .....            | 45      |
| 26. Stasiun pengamatan Jambu .....               | 46      |
| 27. Stasiun pengamatan Margasana .....           | 48      |
| 28. Stasiun pengamatan Curug Gede .....          | 49      |
| 29. Stasiun pengamatan Kebumen .....             | 50      |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 30. Stasiun pengamatan Beji .....                                  | 51 |
| 31. Stasiun pengamatan Bantarsoka .....                            | 52 |
| 32. Grafik hubungan nilai BOD dan kelimpahan individu bentik ..... | 53 |
| 33. Plot BOD vs Jumlah spesies .....                               | 55 |
| 34. Plot BOD vs Indeks keragaman Shannon-Wiener ( $H'$ ) .....     | 56 |
| 35. Plot BOD vs TBI .....                                          | 58 |
| 36. Plot BOD vs Indeks Lothian .....                               | 60 |
| 37. Plot BOD vs Skor Biotik .....                                  | 61 |

.

## I. PENDAHULUAN

Manajemen ekosistem perairan darat semestinya ditujukan untuk meningkatkan kesejahteraan dan kualitas hidup manusia. Sungai merupakan salah satu ekosistem darat yang sangat penting karena beragam fungsinya, antara lain sebagai sumber air irigasi untuk pertanian, sumber air minum, keperluan industri dan domestik, perikanan, transportasi, dan pariwisata. Untuk memperoleh pemanfaatan sungai yang berkelanjutan, diperlukan pemantauan (monitoring) kualitas air secara rutin.

Usaha pemantauan kualitas perairan telah cukup berkembang di negara-negara sub-tropis, seperti di Amerika, Australia, dan Inggris (Chandler, 1970 dan Armitage *et al.*, 1984). Pendekatan yang dilakukan ialah dengan pendekatan biologis yang dianggap lebih memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan metode fisika-kimia. Pendekatan biologis memberikan hasil kualitas perairan yang lebih akurat, secara teknik lebih mudah dilakukan, lebih cepat, lebih murah, dan dapat memberikan peringatan secara dini (*early warning system*). Pengukuran parameter biologi dapat menggambarkan tingkat pencemaran organik dalam jangka waktu yang lama. Pengukuran parameter fisika-kimia hanya menggambarkan kejadian sesaat. Dengan adanya informasi dari penelitian ini, akan dapat ditentukan metode pemantauan dengan menggunakan makroinvertebrata benthik untuk memantau tingkat pencemaran organik secara mudah, cepat, dan murah sehingga perairan dapat dikelola secara baik.

Dalam pemantauan kualitas air secara biologis, terutama terhadap pencemaran organik, makroinvertebrata benthik merupakan kelompok organisme yang dianggap paling memenuhi syarat dan paling banyak digunakan sebagai

bioindikator kualitas suatu perairan (Boulton dan Lake, 1992; Dermott, 1985, Gupta & Michael, 1992; Richard & Minshall, 1992; dan Ye *et al.*, 1979). Komponen struktur suatu komunitas adalah keragaman jenis, kelimpahan tiap jenis, dan indeks keragaman (Begon *et al.*, 1990; Krebs, 1985). Jenis dan kelimpahan makroinvertebrata bentik terbukti lebih sensitif terhadap perubahan lingkungan dibandingkan dengan biota akuatik lainnya (Berkman *et al.*, 1992; Price *et al.*, 1992). Penggunaan makroinvertebrata bentik dapat dilakukan pada tingkat jenis, populasi, komunitas, dan ekosistem.

Penggunaan makroinvertebrata bentik untuk pemantauan kualitas air sungai di daerah sub-tropis telah dimulai lebih dari setengah abad yang lalu (Deevey, 1941). Sampai saat ini, pemantauan kualitas air sungai secara biologis di Indonesia belum dengan baik atau digunakan secara luas, meski saat ini mulai tumbuh kesadaran terhadap kondisi ekologis suatu ekosistem sungai. Informasi tentang makroinvertebrata bentik berkaitan dengan tingkat pencemaran organik yang terjadi pada sungai-sungai di Indonesia juga masih sangat sedikit. Beberapa peneliti telah mencoba mengaplikasikan atau mengkaji pendekatan tersebut (Lestari *et al.*, 1998; Sudarjanti & Marsoedi, 1995).

Untuk memantau besarnya cemaran organik terhadap suatu perairan saat ini telah dikembangkan beberapa metode pendekatan biologis, yaitu secara kuantitatif dengan melihat kekayaan jenis dan indeks keragaman, serta menggunakan kuantitatif yang dipadu dengan kualitatif yang dikenal dengan nama indeks biotik (Gammon *et al.*, 2000). Indeks-indeks biotik yang telah lama dipakai adalah Trent Biotic Index, Lothian's Index, dan Biotic Score. Namun demikian, indeks-indeks tersebut didasarkan dan dikembangkan dari hasil-hasil riset yang

dilakukan di daerah sub-tropis. Oleh karena itu, untuk penerapan berbagai metode tersebut perlu dilakukan kajian sensitifitas berbagai pendekatan tersebut sebagai parameter pemantau tingkat pencemaran organik. Berdasarkan uraian di atas penelitian ini ditujukan untuk mengetahui apakah ada hubungan antara tingkat nilai BOD dan parameter kekayaan spesies, kelimpahan, dan indeks keragaman (pendekatan kuantitatif) dan indeks biotik (TBI, Indeks Lothian dan Skor Biotik; pendekatan kuantitatif dan kualitatif). Selain itu penelitian ini juga ditujukan untuk mengetahui manakah diantara pendekatan tersebut di atas yang sensitif terhadap perubahan tingkat cemaran organik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Sungai-sungai di Indonesia dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan, antara lain untuk sumber air, tempat pembuangan limbah domestik dan industri, irigasi, transportasi, penggalian tambang pasir dan batu (galian C), serta perikanan (karamba). Kegiatan-kegiatan tersebut pada akhirnya menimbulkan tekanan lingkungan pada ekosistem mengalir (sungai) (Camargo & Garciadejalon, 1990; Gupta & Michael, 1992; Reed *et al.*, 1994; dan Ritz *et al.*, 1989).

Sungai memang mempunyai kemampuan untuk purifikasi (pulih diri). Namun demikian, jika gangguan tersebut dalam skala besar dengan intensitas tinggi, gangguan tersebut dapat merubah ekosistem sungai dan mengganggu kesehatan sungai.

Pada sungai-sungai di Indonesia, pencemaran organik merupakan masalah utama pencemaran sungai akibat penggunaan sungai sebagai tempat pembuangan limbah domestik dan industri. Dampak pencemaran organik pada suatu perairan dapat ditandai dengan lima perubahan kualitas air (Abbas *et al.*, 1985), yaitu:

1. peningkatan zat padat berupa zat organik sehingga timbul kenaikan limbah padatan tersuspensi (TSS = *Total Suspended Solid*) dan terlarut (TDS = *Total Dissolved Solid*),
2. peningkatan kebutuhan oksigen terlarut oleh mikroba pembusuk zat organik dalam air (BOD),
3. peningkatan kebutuhan gas oksigen dalam air untuk proses kimiawi (COD),
4. peningkatan senyawa-senyawa racun, dan
5. peningkatan derajat keasaman air (pH).

Perubahan-perubahan tersebut secara biologis dapat dipantau dengan menganalisis perubahan struktural makroinvertebrata bentik yang hidup di dalamnya. Seperti diketahui, pada kondisi sungai tercemar atau mengalami kerusakan habitat, perairan tersebut akan mengalami penurunan kekayaan jenis, penurunan indeks keragaman, dan terjadi dominasi jenis yang toleran (Brown *et al.*, 1987 dan Ritz *et al.*, 1989).

Menurut Alaerts & Santika (1987), salah satu tanda adanya pencemaran organik ialah adanya peningkatan nilai *Biological Oksigen Demand* (BOD). BOD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan bakteri untuk menguraikan hampir seluruh bahan organik terlarut dan tersuspensi dalam air. Pada perairan yang mengalami tekanan lingkungan berupa cemaran organik akan mempunyai nilai BOD yang rendah. Tingkat besarnya cemaran organik tersebut akan sebanding dengan besarnya cemaran organik. Selain itu, cemaran organik juga akan mempengaruhi besarnya faktor fisika kimia air lainnya.

Penggunaan organisme sebagai alat untuk menilai kualitas air telah banyak diteliti dan diaplikasikan terutama di negara-negara maju di daerah sub-tropis seperti Inggris, Amerika, dan Australia. Salah satu kelompok organisme akuatik yang paling banyak digunakan adalah makroinvertebrata bentik (Hellowell, 1986).

Adanya perubahan atau degradasi lingkungan perairan dapat dievaluasi (*assess*) secara biologis dengan melihat perubahan struktural komunitas makroinvertebrata bentik (Gray & Fisher, 1981 dan Wallace *et al.*, 1989) dan dengan melihat nilai indeks biotiknya. Kekayaan jenis, kelimpahan tiap jenis, dan indeks keragaman merupakan komponen struktur suatu komunitas (Begon *et al.*, 1990 dan Krebs, 1985).

Proses pencemaran organik menentukan komposisi jenis makrofita akuatik dan makroinvertebrata bentik dalam badan air. Hasil penelitian Wibowo (2004a, 2004b, dan 2005) serta Wibowo & Piranti (2006 dan 2007) menunjukkan adanya perbedaan jenis dan biomassa makrofita akuatik pada musim kemarau dan musim hujan di beberapa waduk di Jawa Tengah. Makroinvertebrata bentik merupakan elemen kunci di ekosistem perairan yang dapat digunakan sebagai alat pengklasifikasian ekosistem perairan karena distribusi dan komposisi jenisnya mencerminkan karakter daerah tangkapan.

Bertambahnya *influx* cemaran organik dalam badan air menyebabkan ekosistem perairan menjadi lingkungan tumbuh yang cocok bagi makroinvertebrata bentik tertentu. Jenis organisme tertentu tersebut akan mempunyai kelimpahan yang tinggi dengan diversitas (keragaman) yang rendah.

Perubahan tersebut dapat dipantau secara biologi dengan menganalisis perubahan struktural makroinvertebrata bentik yang hidup di dalamnya. Pada perairan yang mengalami pencemaran organik akan mengalami penurunan keragaman jenis, penurunan indeks keragaman, dan terjadi domonasi jenis yang toleran (Brown *et al.*, 1986; Gray & Fisher, 1981; Ritz *et al.*, 1989; Wallace *et al.*, 1989).

Penggunaan kelompok makroinvertebrata bentik untuk menilai kualitas perairan tidak hanya berhenti pada pendekatan secara struktural, yaitu dengan melihat keragaman jenis dan kelimpahannya. Untuk penilaian tingkat pencemaran, terutama pencemaran organik, telah dikembangkan beberapa metode penilai kualitas air. Diantara metode yang telah dan masih dikembangkan dan juga banyak dipakai ialah Metode Indeks Biotik Trent atau Trent Biotic Index

(Woodiwiss, 1964), Skor Biotik (Chandler, 1970), dan Indeks Lothians (Lothians, 1963).

Indeks Biotik merupakan suatu metode untuk menilai kualitas air yang didasarkan pada kehadiran taksa makroinvertebrata bentik. Kehadiran makroinvertebrata bentik tidak hanya ditentukan oleh kualitas airnya saja tetapi juga dipengaruhi oleh heterogenitas dan ukuran substrat (Erman & Erman, 1984), vegetasi riparian (Vannotte, 1980), proporsi bagian yang dalam (*pool*) dibanding bagian yang dangkal (*riffle*) (Brown & Brussock, 1991; Boulton & Lake, 1992), dan kecepatan arus. Kekayaan jenis makroinvertebrata akan berkurang seiring dengan menurunnya heterogenitas substrat dan ukuran partikel substrat.

### **III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **3.1. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan mendapatkan organisme pemantau/hewan indikator (bioindikator) tingkat pencemaran organik pada ekosistem air mengalir (sungai), dalam hal ini makroinvertebrata benthik, sebagai alternatif penentuan tingkat pencemaran organik ekosistem sungai yang selama ini dilakukan secara fisika-kimia dengan biaya dan peralatan yang mahal.

Tujuan khusus penelitian adalah :

- (1) untuk mengetahui apakah ada hubungan antara tingkat nilai BOD dan parameter kekayaan spesies, kelimpahan, dan indeks keragaman (pendekatan kuantitatif) dan indeks biotik (TBI, Indeks Lothian dan Skor Biotik; pendekatan kuantitatif dan kualitatif);
- (2) untuk mengetahui manakah diantara pendekatan tersebut di atas yang sensitif terhadap perubahan tingkat cemaran organik.

#### **3.2. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai jenis-jenis makroinvertebrata benthik yang dapat dijadikan organisme pemantau (agen biomonitoring) tingkat pencemaran organik ekosistem perairan mengalir (sungai)..

#### **IV. METODE PENELITIAN**

Penelitian dilaksanakan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu. Identifikasi jenis, penghitungan keragaman dan kelimpahan makroinvertebrata benthik, serta pengukuran parameter kimia air dilakukan di Laboratorium Jurusan Perikanan dan Kelautan Fak. Sains dan Teknik, Laboratorium Biologi Akuatik, dan Laboratorium Ekologi Fakultas Biologi UNSOED.

Metode penelitian menggunakan metode survey.

##### **4.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.**

Penelitian dilaksanakan selama 10 bulan. Penelitian dilakukan di 30 stasiun pengamatan yang terletak di sungai-sungai yang mengalir di DAS Serayu yaitu Sungai Serayu, S. Banjaran, S. Klawing, S. Pelus, dan Sungai Logawa (Gambar 1). Penentuan stasiun pengamatan didasarkan pada rona fisik stasiun dan besarnya cemaran organik. Dengan demikian diharapkan akan didapat 30 stasiun pengamatan yang berbeda tingkat kandungan cemaran organik dan berbeda nilai fisiknya. Kondisi tiap stasiun pengamatan dapat dilihat pada Gambar 1. Pada tiap stasiun pengamatan diambil contoh makroinvertebrata benthik, substrat, dan contoh air.

##### **4.2. Faktor Fisiko-kimia Air.**

Faktor fisiko kimia yang merupakan parameter utama ialah kandungan BOD (*Biological Oxygen Demand*). Pengukuran dilakukan dengan mengacu APHA (1985), sedangkan faktor fisikokimia perairan lain diukur untuk mengetahui kondisi lingkungan abiotik makroinvertebrata (Tabel 1).

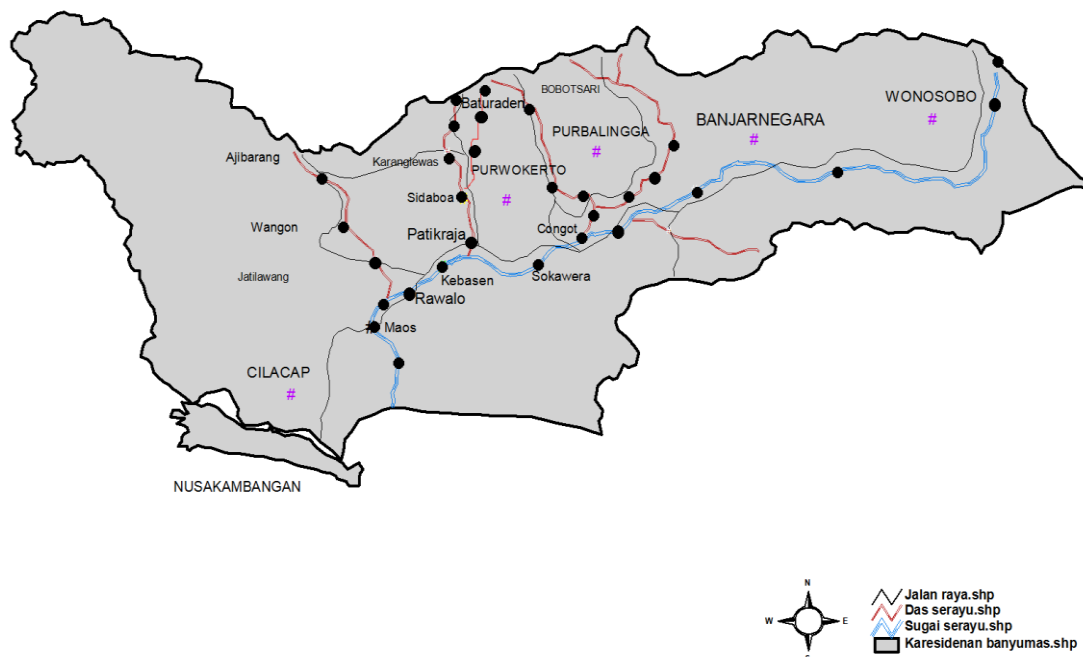
Tabel 4.1. Parameter fisikokimia air, alat, dan metode pengukuran

| No       | Parameter                   | Satuan   | Metode/Alat yg Digunakan                                                                                                                                                       | Acuan       | Ketersediaan                            |
|----------|-----------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------|
| <b>A</b> | <b>Parameter Fisika Air</b> |          |                                                                                                                                                                                |             |                                         |
| 1.       | Temperatur                  | °C       | Temperatur Air Raksa Merk FORESTRY 90110 USA)                                                                                                                                  | APHA (2005) | Lab. JPK- FST UNSOED                    |
| 2.       | Kedalaman                   | M        | Depth Sounder Merk FORESTRY 90100 USA)                                                                                                                                         |             | Lab. Biologi Akuatik Fak Biologi UNSOED |
| 3.       | Penetrasi Cahaya            | Cm       | Visual dg alat Keping Secchi                                                                                                                                                   | APHA (2005) | Lab. JPK FST UNSOED                     |
| 4.       | Kekeruhan                   | NTU      | Nephelometri dg alat Turbidity Meter Merk Hanna C114                                                                                                                           | APHA (2005) | Lab. JPK FST UNSOED                     |
| 5.       | TSS                         | mg/L     | Gravimetri dg alat Timbangan Analitik, Oven, kertas Whatman No. 41 (Timbangan Analitik Merk Ohaus, Tipe AR-210; Oven Merk; Oven Cabinet Merk GPSELECTA MEDILOW L2101272 SPAIN) | APHA (2005) | Lab JPK FST UNSOED                      |
| 6.       | DHL                         | µmhos/cm | Konduktivimetri dg alat SCT Meter (Bench pH, ORP potensial Merk WTW 1E10-110)                                                                                                  | APHA (2005) | Lab JPK FST UNSOED                      |
| 7.       | Substrat                    | %        | Skala                                                                                                                                                                          | Wentworth   |                                         |
| <b>B</b> | <b>Parameter Kimia Air</b>  |          |                                                                                                                                                                                |             |                                         |
| 1.       | pH                          | -        | Elektrometri dg alat pH Meter (Analog pH Meter, VWR)                                                                                                                           | APHA (2005) | Lab JPK FST UNSOED                      |
| 2.       | DO                          | mg/L     | Winkler dg alat Titration spt buret, erlenmeyer, pipet seukuran & beker gelas atau DO Meter (DO Meter Hanna HI 964400)                                                         | APHA (2005) | Lab JPK FST UNSOED                      |
| 3.       | CO <sub>2</sub> bebas       | mg/L     | Titrimetri dg alat buret, erlenmeyer                                                                                                                                           | APHA (2005) | Lab JPK FST UNSOED                      |
| 4.       | BOD                         | mg/L     | Winkler Titration spt buret, erlenmeyer, pipet seukuran & beker gelas                                                                                                          | APHA (2005) | Lab JPK FST UNSOED                      |

|    |            |      |                                                                                         |                     |                    |
|----|------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------|
| 5. | COD        | mg/L | Permanganat dg alat konsensor, penangas, erlenmeyer, (COD Meter Merk J.P. SELECTA COD6) | Soetarto (1998)     | Lab JPK FST UNSOED |
| 6. | Nitrat     | mg/L | Brussin dg alat Spektrofotometer                                                        | Sastrawijaya (1991) | Lab JPK FST UNSOED |
| 7. | Amonia     | mg/L | Nessler alat Spektrofotometer                                                           | APHA (2005)         | Lab JPK FST UNSOED |
| 8. | Ortofosfat | mg/L | Stannous Chloride alat Spektrofotometer                                                 | Wisnuprpto (1987)   | Lab JPK FST UNSOED |

#### 4.3. Pengambilan contoh makroinvertebrata benthik

Pengambilan contoh makroinvertebrata benthik dilakukan dengan menggunakan jala Surber (luas 40 cm x 60 cm, ukuran mesh 500  $\mu$ m) dan Kick Sampler (ukuran mesh 500  $\mu$ m). Tiap stasiun pengamatan diambil 3 cuplikan Surber dan 3 cuplikan Kick Sampler. Sampel diawetkan dengan menggunakan rose bengal formalin 10 % dan dimasukkan di dalam plastik setelah terlebih dulu diberi label.



Gambar 1. Lokasi stasiun pengamatan di DAS Serayu

#### 4.4. Prosedur Laboratorium

Sampel dicuci dengan air kemudian dilakukan penyortiran. Contoh tersebut kemudian diidentifikasi sampai tingkat taksonomi terendah yang paling mungkin dan dihitung jumlah individu tiap spesies atau takson.

##### Penghitungan

##### a. Kekayaan spesies

Penghitungan kekayaan spesies dilakukan dengan menghitung langsung jumlah spesies yang ada pada tiap stasiun pengamatan

##### b. Kelimpahan relatif

Kelimpahan relatif makroinvertebrata bentik dilakukan dengan menjumlahkan berapa banyak individu yang tertangkap dengan jala Surber kemudian diekstrapolasi dalam satuan per meter persegi

##### c. Indeks Keragaman

Indeks keragaman dihitung dengan menggunakan formula yang diajukan oleh Shannon Wiener yaitu:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Dimana :  $p_i = n_i/N$

##### d. TBI, Indeks Lothian dan Skor Biotik

Penghitungan nilai TBI mengacu pada penghitungan nilai indeks TBI atau “Trent Biotic Index” mengacu pada Woodiwiss (1964), Skor Biotik atau Biotic Score mengacu pada Chandler (1970), Indeks Lothians mengacu pada Lothians (1963) (Lampiran 1, 2, dan 3).

#### **4.5. Analisis Data**

Untuk menentukan manakah diantara pendekatan kuantitatif (kekayaan spesies, kelimpahan relatif, dan indeks keragaman) dan pendekatan kuantitatif dan kualitatif (TBI, Indeks Lothian dan Skor Biotik) tersebut yang paling sensitif terhadap perubahan kandungan organik dilakukan uji regresi dan korelasi. antara nilai indeks biotik dan nilai BOD, sedangkan sensitifitas dari tiap pendekatan ditentukan dengan melihat R square nya.

## **V. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **5.1. Deskripsi Umum Lokasi Penelitian**

Penelitian dilakukan di DAS Serayu dengan 30 stasiun pengamatan sampel yang meliputi 6 sungai, yaitu Sungai Serayu, S. Klawing, S. Pelus, S. Logawa, S. Banjaran, dan S. Tajum. Sungai Serayu dari hulu ke hilir memiliki panjang 568,6 km dengan air sungai yang berasal dari sumber air Bimolukar di Dataran Tinggi Dieng dan bermuara di Pantai Selatan di Kabupaten Cilacap. Bagian Utara dibatasi oleh pegunungan yang memanjang dari arah timur dan puncak yang tertinggi berupa Gunung Slamet (3.420 m dpl) sedangkan bagian Timur dibatasi oleh kaki Gunung Sindoro dan G. Sumbing. Bagian Selatan dibatasi oleh pantai Teluk Penyu, di bagian Barat dibatasi oleh perbukitan yang melintang dari arah Selatan Utara sepanjang perbatasan Kabupaten Banyumas dan Kabupaten Cilacap. Sungai Serayu sepanjang alirannya melewati hutan alami, perkampungan penduduk, dan perkotaan serta digunakan oleh penduduk sekitar untuk keperluan MCK (mandi, cuci, kakus) dan penambangan pasir.

Sungai Klawing merupakan sungai yang hampir seluruh tepian bagian segmennya mengalir melalui daerah hutan, persawahan dan hanya sedikit bagian yang melewati Kota Purbalingga. Sungai ini berawal dari sungai kecil yang mengalir diantara dua gunung yaitu Gunung Welirang (793 m dpl) dan Gunung Sidingklik (820 m dpl) di Kecamatan Karangreja. Sungai tersebut kemudian bersatu dengan Sungai Tung Gunung di Binatar Agung (Kec. Bobotsari), Sungai Luban di Desa Tangkisan (Kec. Bobotsari), Sungai Soso di Desa Onje (Kec. Bobotsari), Sungai Lembarang di Desa Karangpaket (Kec. Mrebet), Sungai Genteng di Desa Banjaran (Kec. Mrebet), Sungai Pekacangan di Desa Kedung

Maling (Kec. Bukateja), Sungai Pelus di Desa Kedung Jati (Kec. Kemangkon). Pada akhirnya sungai ini bertemu dengan Sungai Serayu di Desa Somakaton (Kec. Somagede) atau daerah ini disebut Desa Congot. Panjang total Sungai dari hulu sampai Congot  $\pm 34,50$  km (PSDA, 2008).

Sungai Pelus berasal dari mata air di kaki Gunung Slamet di sebelah timur Desa Baturraden, pada ketinggian sekitar 650 m dpl. Sungai ini mendapat masukan dari sungai-sungai kecil sekitar antara lain Sungai Belot, S. Pangkon, S. Bener, dan beberapa sungai kecil lainnya. Alirannya melewati pinggiran Kota Purwokerto sebelah Timur dan akhirnya menyatu dengan Sungai Klawing, daerah ini tepatnya di Desa Bantarori. Sungai pelus pada umumnya digunakan oleh masyarakat sekitar untuk berbagai keperluan MCK dan irigasi. Panjang Sungai Pelus diperkirakan  $\pm 28$  km (PSDA, 2008).

Sungai Banjaran merupakan sungai yang bermata air di kaki Gunung Slamet di utara Desa Kalipagu. Sungai ini pada bagian hulu mengalir melalui hutan, pesawahan dan pemukiman di Purwokerto. Sebelum bertemu dengan Sungai Logawa, sungai ini bersatu dengan Sungai Kranji.

Sungai Logawa juga merupakan sungai yang berasal dari mata air di kaki Gunung Slamet di sebelah utara Desa Sunyalangu Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas dan bermuara ke Sungai Serayu. Panjang Sungai Logawa dari hulu sampai muara  $\pm 22$  km. Sepanjang daerah alirannya, sungai Logawa mendapat masukan air dari Sungai Tembung di Desa Sunyalangu, Sungai Cangkok di Desa Jipang, Sungai Mengaji di Desa Karanglewas Kidul dan Sungai Banjaran di Desa Sidaboa (PSDA, 2008). Sungai Logawa mengalir melewati kawasan hutan alami, areal pertanian, permukiman penduduk serta digunakan

masyarakat sekitar untuk keperluan MCK maupun untuk tempat penambangan pasir dan batu. Secara umum air Sungai Logawa sebelum bersatu dengan Sungai Mengaji masih jernih dan semakin keruh setelah mendapat masukan dari Sungai Banjaran namun kembali jernih pada bagian muara.

Sungai Tajum berasal dari mata air dari Gunung Bulakamba yang berada di Kecamatan Gumelar, melewati pemukiman, persawahan dan perkampungan penduduk. Sungai ini bertemu dengan Sungai Ketek di Desa Ajibarang Wetan dan Sungai Datar di Pancurendang, kemudian sungai bercabang menjadi Sungai Lopasin dan satunya bermuara di Sungai Serayu di daerah Desa Losari. Panjang Sungai Tajum dari hulu sampai bertemu dengan Sungai Serayu  $\pm 53$  km. Pada umumnya, Sungai Logawa juga digunakan oleh penduduk sekitar untuk keperluan MCK, penambangan batu dan pasir, irigasi, serta terdapat juga penambangan emas.

## **5.2. Deskripsi Khusus Lokasi Penelitian**

### **Stasiun Kejajar (S. Serayu)**

Stasiun ini terletak di Desa Kejajar Kabupaten Wonosobo berada pada titik koordinat  $07^{\circ}15'778''$  LS -  $109^{\circ}56'891''$  BT dengan ketinggian  $\pm 1,332$  m. dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,20 - 0,55$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,85 - 0,90$  m. dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa cadas, batu kerakal, kerikil, dan pasir. Vegetasi tepian berupa pepohonan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini adalah perkebunan (Gambar 2).



Gambar 2. Stasiun pengamatan Kejajar

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 11,8 mg/l, BOD 1,2 mg/l, P total 0,925 mg/l, amonia 0,288 mg/l, nitrit 0,0021 ppm, nitrat 0,453 ppm, N total 11,233 mg/l, COD 7,24 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,11 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 20,5°C, konduktivitas 189,2  $\mu$ mhos, kekeruhan 0,87 NTU, dan TSS 32 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 7 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (2 spesies), Ephemeroptera (2 spesies), Diptera (2 spesies), dan Mollusca (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,654. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian adalah skor 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 84.

### **Stasiun Garung (S. Serayu)**

Stasiun ini terletak di Desa Garung Kabupaten Wonosobo berada pada titik koordinat 07°15'716" LS - 109°57'008" BT dengan ketinggian  $\pm$  1,332 m

dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,30 - 0,60$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,75 - 0,95$  m dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa cadas, batu kerakal, kerikil, dan pasir. Vegetasi tepian berupa pepohonan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini diperuntukkan untuk pemukiman dan perkebunan (Gambar 3).



Gambar 3. Stasiun pengamatan Garung

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 11,7 mg/l; BOD 1,1 mg/l; P total 0,832 mg/l; amonia 0,3378 mg/l; nitrit 0,0018 ppm; nitrat 0,3891 ppm; N total 11,321 mg/l; COD 8,56 mg/l; CO<sub>2</sub> bebas 1,03 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 21°C, konduktivitas 201,4  $\mu$ mhos, kekeruhan 2,31 NTU, dan TSS 49 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 8 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (2 spesies), Ephemeroptera (2 spesies), Diptera (2 spesies), Trichoptera (1 spesies) dan Mollusca (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,911. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 94.

### Stasiun Mandiraja (S. Serayu)

Stasiun ini terletak di Mandiraja Kabupaten Banjarnegara berada pada titik koordinat  $07^{\circ}26'781''$  LS -  $109^{\circ}31'389''$  BT dengan ketinggian 90,7 m. dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,30 - 1,30$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,75 - 0,95$  m. dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa cadas, batu kerakal, kerikil, dan pasir. Vegetasi tepian berupa pepohonan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini diperuntukkan untuk pemukiman dan perkebunan (Gambar 4).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8,4 mg/l, BOD 4,4 mg/l, P total 0,006 mg/l, amonia 0,261 mg/l, nitrit 0,026 ppm, nitrat 0,4117 ppm, N total 9,624 mg/l, COD 6,18 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 0,88 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 27°C, konduktivitas 229  $\mu$ mhos, kekeruhan 2,6 NTU, dan TSS 101 mg/l.



Gambar 4. Stasiun pengamatan Mandiraja

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 10 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (1 spesies), Ephemeroptera (2 spesies), Gastropoda (4 spesies), dan Trichoptera (3 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,211. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 6, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 98.

### **Kembangan (S. Serayu)**

Stasiun ini terletak di Desa Kembangan , Klampok Kabupaten Banjarnegara berada pada titik koordinat  $07^{\circ}27'452''$  LS -  $109^{\circ}25'941''$  BT dengan ketinggian  $\pm 57$  m dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,30 - 1,40$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,68 - 0,83$  m. dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa kerakal, kerikil, dan pasir. Vegetasi tepian terdiri dari semak dan pepohonan dan tanaman perkebunan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini adalah perkampungan, persawahan, perkebunan, dan penambang batu (Gambar 5).



Gambar 5. Stasiun pengamatan Kembangan

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 7,0 mg/l, BOD 5,3 mg/l, P total 0,1334 mg/l, amonia 0,117 mg/l, nitrit 0,0091 ppm, nitrat 0,5576 ppm, N total 9,089 mg/l, COD 8,09 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,11 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 27°C, konduktivitas 202,3  $\mu$ mhos, kekeruhan 9,7 NTU, dan TSS 132 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 8 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Ephemeroptera (2 spesies), Gastropoda (2 spesies), dan Hirudinea (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 0,972. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 5, sedangkan Indeks Lothian 3, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 79.

### **Stasiun Panggisari (S. Serayu)**

Stasiun ini terletak di Desa Panggisari Kecamatan Mandiraja Kabupaten Banjarnegara berada pada titik koordinat 07°26'662" LS - 109°28'515" BT dengan ketinggian  $\pm$  85 m dpl. Kisaran kedalaman  $\pm$  0,50 – 1,10 m dan kisaran kecepatan arus 0,45 – 0,55 m. dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa batu, kerikil, pasir dan lumpur. Vegetasi tepian terdiri dari semak, pepohonan dan tanaman perkebunan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini adalah perkampungan, perkebunan, persawahan, dan pengrajin batubata (Gambar 6).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 10 mg/l, BOD 4,6 mg/l, P total 0 mg/l, amonia 0 mg/l, nitrit

0,0073 ppm, nitrat 5,169 ppm, N total 10,003 mg/l, COD 13,3 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 4,4 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 27°C, konduktivitas 190  $\mu$ mhos, kekeruhan 10,8 NTU, dan TSS 57 mg/l.



Gambar 6. Stasiun pengamatan. Panggisari

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 7 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (1 spesies), Ephemeroptera (2 spesies), Gastropoda (2 spesies), Coleoptera (1 spesies) dan Trichoptera (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,867. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 94.

### **Stasiun Karangjati (S. Serayu)**

Stasiun ini terletak di Desa Karangjati Kecamatan Susukan Kabupaten Banjarnegara berada pada titik koordinat 07°28'549' LS - 109°25'681' BT dengan ketinggian  $\pm$  72 m dpl. Kisaran kedalaman  $\pm$  0,80 – 1,20 m dan kisaran kecepatan arus 0,12 – 0,24 m dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa kerikil, pasir dan

lumpur. Vegetasi tepian berupa pepohonan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini adalah perkampungan, persawahan, dan perkebunan (Gambar 7).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 7,8 mg/l, BOD 2,75 mg/l, P total 0,052 mg/l, amonia 0,098 mg/l, nitrit 0,0282 ppm, nitrat 2,778 ppm, N total 9,487mg/l, COD 11,21 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 2,12 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 27°C, konduktivitas 188,4  $\mu$ mhos, kekeruhan 8,7 NTU, dan TSS 76 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 7 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Ephemeroptera (2 spesies), Gastropoda (3 spesies), Hemiptera (1 spesies) dan Neuroptera (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,781. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 6, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 84.



Gambar 7. Stasiun pengamatan Karangjati

### **Dermasari (S. Serayu)**

Stasiun terletak di Desa Dermasari Kecamatan Susukan Kabupaten Banjarnegara berada pada titik koordinat  $07^{\circ}28'549''$  LS -  $109^{\circ}24'202''$  BT dengan ketinggian  $\pm 66$  m dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,50 - 1,20$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,39 - 0,43$  m  $\text{dtk}^{-1}$ . Substrat dasar berupa kerikil, pasir dan lumpur. Vegetasi tepian terdiri dari semak dan pepohonan dan tanaman perkebunan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini adalah perkampungan, persawahan, perkebunan, dan penambang batu (Gambar 8).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8,4 mg/l, BOD 3 mg/l, P total 0 mg/l, amonia 0 mg/l, nitrit 0,0026 ppm, nitrat 3,5888 ppm, N total 8,879 mg/l, COD 16,71 mg/l,  $\text{CO}_2$  bebas 1.54 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini  $28^{\circ}\text{C}$ , konduktivitas 189  $\mu\text{mhos}$ , kekeruhan 9,8 NTU, dan TSS 42 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 8 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (1 spesies), Ephemeroptera (3 spesies), Gastropoda (2 spesies), Zygoptera (1 spesies) dan Trichoptera (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,970. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 8, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 90.



Gambar 8. Stasiun pengamatan. Dermasari

### **Sokawera (S. Serayu)**

Stasiun ini terletak di Desa Sokawera Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas berada pada titik koordinat  $07^{\circ}29'837''$  LS -  $109^{\circ}19'896''$  BT dengan ketinggian  $\pm 43$  m. dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,90 - 5$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,13 - 0,16$  m dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa kerikil, pasir, dan lumpur. Vegetasi tepian terdiri dari pepohonan dan tanaman perkebunan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini berupa perkampungan, perkebunan, dan penambangan pasir (Gambar 9).



Gambar 9. Stasiun pengamatan. Sokawera

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8,4 mg/l, BOD 3,6 mg/l, P total 0,163 mg/l, amonia 0 mg/l, nitrit 0,0015 ppm, nitrat 3,582 ppm, N total 9,79 mg/l, COD 11,136 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,1 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 28°C, konduktivitas 222,5  $\mu$ mhos, kekeruhan 8 NTU, dan TSS 104 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 10 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (2 spesies), Diptera (1 spesies), Gastropoda (3 spesies), Neuroptera (2 spesies), dan Coleoptera (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,731. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 94.

### **Kebasen (Serayu)**

Stasiun ini terletak di Desa Gambarsari Kecamatan Kebasen Kabupaten Banyumas berada pada titik koordinat 07°29'736" LS - 109°13'011" BT dengan ketinggian  $\pm$  40 m. dpl. Kisaran kedalaman  $\pm$  1 – 7 m dan kisaran kecepatan arus 0,61 – 0,66 m. dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa batu, kerikil, pasir dan lumpur. Vegetasi tepian berupa semak dan pepohonan yang sangat jarang. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini berupa perkampungan, persawahan, hutan pohon karet, dan stasiun ini merupakan Pembangunan Bendungan Gerak Serayu (Gambar 10).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8,4 mg/l, BOD 4,65 mg/l, P total 0,154 mg/l, amonia 0 mg/l, nitrit 0,0015 ppm, nitrat 2,099 ppm, N total 9,701 mg/l, COD 8,66 mg/l, CO<sub>2</sub>

bebas 1,1 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 27°C, konduktivitas 191,5  $\mu\text{mhos}$ , kekeruhan 4,4 NTU, dan TSS 52 mg/l.



Gambar 10. Stasiun pengamatan. Kebasen

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 12 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (2 spesies), Ephemeroptera (3 spesies), Annelida (2 spesies), Gastropoda (3 spesies), dan Coleoptera (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,015. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 1, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 98..

### **Bancar (S. Klawing)**

Stasiun ini terletak di Desa Bancar Kecamatan Purbalingga wetan Kabupaten Purbalingga berada pada titik koordinat  $07^{\circ}23'436''$  LS -  $109^{\circ}22'463''$  BT dengan ketinggian  $\pm 70$  m. dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,90 - 2,5$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,50 - 0,65$  m. dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa batu, kerikil dan pasir.

Vegetasi tepian terdiri dari pepohonan dan tanaman perkebunan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini adalah perkampungan, persawahan dan perkebunan (Gambar 11).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8,4 mg/l, BOD 3,8 mg/l, P total 0 mg/l, amonia 0 mg/l, nitrit 0,0032 ppm, nitrat 0,281 ppm, N total 9,002 mg/l, COD 26,31 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 0 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 28°C, konduktivitas 185,9  $\mu$ mhos, kekeruhan 5,5 NTU, dan TSS 18 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 10 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (1 spesies), Ephemeroptera (2 spesies), Gastropoda (3 spesies), Zygoptera (2 spesies) dan Coleoptera (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,187. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 90.



Gambar 11. Stasiun pengamatan. Bancar

### **Pasren (S. Klawing)**

Stasiun ini terletak di Desa Pasren Kecamatan Bukateja Kabupaten Purbalingga berada pada titik koordinat  $07^{\circ}25'277''$  LS -  $109^{\circ}24'005''$  BT dengan ketinggian  $\pm 65$  m. dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,90 - 4$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,48 - 0,65$  m.  $\text{dtk}^{-1}$ . Substrat dasar berupa kerikil, pasir dan lumpur. Vegetasi tepian terdiri dari semak dan pepohonan sangat jarang. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini adalah persawahan, perkebunan, penambang pasir, dan pertemuan sungai antara Sungai Klawing dan Sungai Pekacangan (Gambar 12).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8 mg/l, BOD 4,94 mg/l, P total 0,507 mg/l, amonia 0,42 mg/l, nitrit 0,0015 ppm, nitrat 1,171 ppm, N total 9,442 mg/l, COD 4 mg/l,  $\text{CO}_2$  bebas 2,64 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini  $29^{\circ}\text{C}$ , konduktivitas 214,8  $\mu\text{mhos}$ , kekeruhan 6,4 NTU, dan TSS 190 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 9 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Ephemeroptera (2 spesies), Gastropoda (3 spesies), Neuroptera (1 spesies), Coleoptera (2 spesies) dan Trichoptera (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,913. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 3, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 84.



Gambar 12. Stasiun pengamatan. Pasren

### **Jetis (S. Klawing)**

Stasiun ini terletak di Desa Jetis Kecamatan Kemangkon Kabupaten Purbalingga berada pada titik koordinat  $07^{\circ}26'162''$  LS -  $109^{\circ}23'196''$  BT dengan ketinggian  $\pm 62$  m dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,80 - 2,80$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,37 - 0,43$  m.  $\text{dtk}^{-1}$ . Substrat dasar berupa kerikil, pasir dan lumpur. Vegetasi tepian terdiri dari semak dan tanaman perkebunan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini adalah perkebunan dan persawahan (Gambar 13).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 7,6 mg/l, BOD 6 mg/l, P total 0,038 mg/l, amonia 0 mg/l, nitrit 0,0022 ppm, nitrat 1,071 ppm, N total 8,697 mg/l, COD 20,42 mg/l,  $\text{CO}_2$  bebas 0,88 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini  $28^{\circ}\text{C}$ , konduktivitas 197  $\mu\text{mhos}$ , kekeruhan 27 NTU, dan 32 TSS mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 11 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (3 spesies),

Ephemeroptera (1 spesies), Gastropoda (3 spesies), Annelida (2 spesies), dan Coleoptera (2 spesies). Berdasarkan dari sampel benthik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,153. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 98.



Gambar 13. Stasiun pengamatan Jetis

### **Bantarori (S. Klawing)**

Stasiun ini terletak di Desa Bantarori Kecamatan Kemangkon Kabupaten Purbalingga berada pada titik koordinat  $07^{\circ}28'762''$  LS -  $109^{\circ}19'259''$  BT dengan ketinggian  $\pm 57$  m. dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,90 - 3$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,47 - 0,58$  m.  $\text{dtk}^{-1}$ . Substrat dasar berupa kerikil, pasir dan lumpur. Vegetasi tepian terdiri dari semak dan pepohonan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini berupa perkampungan, persawahan, perkebunan, dan peternakan babi (Gambar 14).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8 mg/l, BOD 6 mg/l, P total 0 mg/l, amonia 0,8 mg/l, nitrit

0,0071 ppm, nitrat 0,829 ppm, N total 9,029 mg/l, COD 24,6 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,32 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 28°C, konduktivitas 189,6  $\mu$ mhos, kekeruhan 6,4 NTU, dan TSS 10 mg/l.



Gambar 14. Stasiun pengamatan. Bantarori

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 8 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (2 spesies), Ephemeroptera (2 spesies), Gastropoda (3 spesies), dan Trichoptera (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,699. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 90.

### **Congot (S. Klawing)**

Stasiun ini terletak di Desa Congot Kecamatan Kemangkon Kabupaten Purbalingga berada pada titik koordinat 07°29'903" LS - 109°20'273" BT dengan

ketinggian  $\pm 48$  m dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 1 - 3,50$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,26 - 0,29$  m.  $\text{dtk}^{-1}$ . Substrat dasar berupa kerikil, pasir dan lumpur. Vegetasi tepian terdiri dari semak dan pepohonan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini berupa perkebunan, dan stasiun ini merupakan muara Sungai Klawing mengalir ke Sungai Serayu (Gambar 15).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8,8 mg/l, BOD 3 mg/l, P total 0,126 mg/l, amonia 0 mg/l, nitrit 0,0019 ppm, nitrat 5,535 ppm, N total 10,332 mg/l, COD 26,93 mg/l,  $\text{CO}_2$  bebas 2,2 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini  $28^\circ\text{C}$ , konduktivitas 214,8  $\mu\text{mhos}$ , kekeruhan 11,8 NTU, dan TSS 66 mg/l.



Gambar 15. Stasiun pengamatan Congot

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 9 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (2), Ephemeroptera (2 spesies), Gastropoda (3 spesies), Hemiptera (1 spesies), dan Trichoptera (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa

nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,129. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7 sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 94.

### **Kemutug (S. Pelus)**

Stasiun ini terletak di Desa Kemutug Kecamatan Baturaden Kabupaten Banyumas berada pada titik koordinat  $07^{\circ}20'117''$  LS -  $109^{\circ}14'524''$  BT dengan ketinggian  $\pm 425$  m. dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,60 - 0,90$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,39 - 0,45$  m. dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa batu dan pasir. Vegetasi tepian terdiri dari semak dan pepohonan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini berupa persawahan dan perkebunan (Gambar 16).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 11,4 mg/l, BOD 2,1 mg/l, P total 0,091 mg/l, amonia 0,42 mg/l, nitrit 0,0054 ppm, nitrat 1,544 ppm, N total 10,445 mg/l, COD 3,1 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,32 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 25°C, konduktivitas 141,5  $\mu$ mhos, kekeruhan 0,35 NTU, dan TSS 1 mg/l.



Gambar 16. Stasiun pengamatan. Kemutug

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 9 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (1 spesies), Ephemeroptera (3 spesies), Gastropoda (2 spesies), Zygoptera (1 spesies), dan Coleoptera (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,967. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 90..

### **Pandak (S. Pelus)**

Stasiun ini terletak di Desa Pandak Kecamatan Rempoah berada pada titik koordinat  $07^{\circ}23'337''$  LS -  $109^{\circ}16'634''$  BT dengan ketinggian  $\pm 225$  m dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,30 - 0,90$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,40 - 0,75$  m.  $\text{dtk}^{-1}$ . Substrat dasar berupa batu dan pasir. Vegetasi tepian terdiri dari semak dan pepohonan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini berupa persawahan dan perkebunan (Gambar 17).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 6 mg/l, BOD 1,8 mg/l, P total 0,0712 mg/l, amonia 0,2219 mg/l, nitrit 0,0019 ppm, nitrat 0,381 ppm, N total 9,048 mg/l, COD 8,8 mg/l,  $\text{CO}_2$  bebas 3,6 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini  $25^{\circ}\text{C}$ , konduktivitas 155  $\mu\text{mhos}$ , kekeruhan 6,5 NTU, dan 29 TSS mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 7 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (1 spesies), Ephemeroptera (1 spesies), Gastropoda (1 spesies), Trichoptera (1 spesies), dan Diptera (3 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai

indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,400. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 90.



Gambar 17. Stasiun pengamatan Pandak

### **Pajerukan (S. Pelus)**

Stasiun ini terletak di Desa Pajerukan Kecamatan Kalibagor Kabupaten Banyumas berada pada titik koordinat  $07^{\circ}28'365''$  LS -  $109^{\circ}18'935''$  BT dengan ketinggian  $\pm 61$  m. dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,60 - 1,10$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,41 - 0,48$  m dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa batu, kerikil, pasir, dan lumpur. Vegetasi tepian terdiri dari semak dan pepohonan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini berupa perkampungan dan perkebunan (Gambar 18).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8,8 mg/l, BOD 3,2 mg/l, P total 0,341 mg/l, amonia 0,28 mg/l, nitrit 0,0027 ppm, nitrat 1,32 ppm, N total 10,212 mg/l, COD 6,79 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 2,02 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan

bahwa suhu perairan di stasiun ini 28°C, konduktivitas 240,4  $\mu$ mhos, kekeruhan 2,2 NTU, dan TSS 60 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 9 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (2 spesies), Ephemeroptera (3 spesies), Gastropoda (2 spesies), dan Coleoptera (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,828. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 84.



Gambar 18. Stasiun pengamatan Pajerukan

### **Jatirokeh (S. Pelus)**

Stasiun ini terletak di Desa Jatirokeh Kecamatan Kalibagor Kabupaten Banyumas berada pada titik koordinat 07°28'795" LS - 109°19'186" BT dengan ketinggian  $\pm$  60 m dpl. Kisaran kedalaman  $\pm$  0,4 – 1,5 m dan kisaran kecepatan arus 0,25 – 0,47 m.  $\text{dtk}^{-1}$ . Substrat dasar berupa kerikil, pasir, dan lumpur. Vegetasi tepian berupa pepohonan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini berupa persawahan, perkebunan, dan merupakan pertemuan antara Sungai Pelus dan Sungai Klawing (Gambar 19).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8 mg/l, BOD 6 mg/l, P total 0,0038 mg/l, amonia 0,0007 mg/l, nitrit 0,0018 ppm, nitrat 1,215 ppm, N total 9,117 mg/l, COD 3,7 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,32 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 28°C, konduktivitas 191,4  $\mu$ mhos, kekeruhan 14 NTU, dan TSS 81 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 9 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (2 spesies), Ephemeroptera (3 spesies), Gastropoda (2 spesies), dan Coleoptera (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,200. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 6, sedangkan Indeks Lothian 3, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 84.



Gambar 19. Stasiun pengamatan. Jatirokeh

### **Sunyalangu (S. Logawa)**

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 9,8 mg/l, BOD 0,8 mg/l, P total 0,1193 mg/l, amonia 0,3876

mg/l, nitrit 0,0215 ppm, nitrat 0,606 ppm, N total 12,154 mg/l, COD 7,6 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,4 mg/l, dan pH 6. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 24°C, konduktivitas 103,8  $\mu$ mhos, kekeruhan 0,42 NTU, dan TSS 12 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 15 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (5 spesies), Ephemeroptera (2 spesies), Trichoptera (2 spesies), Gastropoda (2 spesies), Neuroptera (1 spesies), Megaloptera (1 spesies), dan Coleoptera (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,789. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 8, sedangkan Indeks Lothian 1, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 98.



Gambar 20. Stasiun pengamatan Sunyalangu

### **Karanggandul (S. Logawa)**

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 7,5 mg/l, BOD 1,3 mg/l, P total 0,1086 mg/l, amonia 0,4342

mg/l, nitrit 0,0305 ppm, nitrat 0,293 ppm, N total 10,577 mg/l, COD 14,4 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,3 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 26°C, konduktivitas 109,7  $\mu$ mhos, kekeruhan 0,91 NTU, dan TSS 43 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 13 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (2 spesies), Ephemeroptera (2 spesies), Trichoptera (1 spesies), Gastropoda (5 spesies), Diptera (2 spesies) dan Coleoptera (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,472. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 8, sedangkan Indeks Lothian 1, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 94.



Gambar 21. Stasiun pengamatan Karanggandul

### **Karanglewas (S. Logawa)**

Stasiun ini terletak di Desa Karanglewas Kecamatan Karanglewas Tengah Kabupaten Banyumas berada pada titik koordinat 07°25'149' LS - 109°11'707'

BT dengan ketinggian  $\pm 70$  m dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,50 - 0,80$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,37 - 0,49$  m dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa batu, kerikil dan pasir. Vegetasi tepian terdiri dari semak dan pepohonan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini adalah perkampungan, persawahan, dan perkebunan (Gambar 22).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8,6 mg/l, BOD 3,8 mg/l, P total 0,083 mg/l, amonia 0,7 mg/l, nitrit 0,0122 ppm, nitrat 0,759 ppm, N total 9,547 mg/l, COD 8,06 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,54 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 27°C, konduktivitas 129,1  $\mu$ mhos, kekeruhan 3,7 NTU, dan TSS 56 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 9 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (2 spesies), Ephemeroptera (3 spesies), Trichoptera (1 spesies), dan Gastropoda (3 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,025. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 94.



Gambar 22. Stasiun pengamatan Karanglewas

**Sidabowa (S. Logawa)**

Stasiun ini terletak di Desa Sidaboa Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas berada pada titik koordinat  $07^{\circ}27'521''$  LS -  $109^{\circ}12'832''$  BT dengan ketinggian  $\pm 52$  m dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,50 - 1,20$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,59 - 0,63$  m dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa batu, kerikil, pasir dan lumpur. Vegetasi tepian terdiri dari semak, pepohonan yang sangat jarang dan tanaman perkebunan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini berupa perkampungan, persawahan, perkebunan, penambang batu dan pertemuan sungai antara Sungai Logawa dan Sungai Banjaran (Gambar 23).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8 mg/l, BOD 4,2 mg/l, P total 0,255 mg/l, amonia 0,42 mg/l, nitrit 0,0031 ppm, nitrat 1,904 ppm, N total 9,992mg/l, COD 11,44 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,76 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 27°C, konduktivitas 144.6  $\mu$ mhos, kekeruhan 6,9 NTU, dan TSS 2 mg/l.



Gambar 23. Stasiun pengamatan Sidaboa

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 15 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (5 spesies), Ephemeroptera (2 spesies), Trichoptera (2 spesies), Gastropoda (2 spesies), Neuroptera (1 spesies), Megaloptera (1 spesies), dan Coleoptera (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,776. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 6, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 90.

### **Patikraja (S. Logawa)**

Stasiun ini terletak di Desa Notog Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas berada pada titik koordinat  $07^{\circ}29'302''$  LS -  $109^{\circ}13'136''$  BT dengan ketinggian  $\pm 40$  m. dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,60 - 3$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,10 - 0,12$  m. dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa batu, kerikil, pasir, dan lumpur. Vegetasi tepian terdiri dari semak dan pepohonan sangat jarang. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini adalah perkampungan, persawahan, perkebunan, serta penambangan pasir dan batu (Gambar 24).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8,4 mg/l, BOD 3 mg/l, P total 0,12 mg/l, amonia 0,14 mg/l, nitrit 0,0117 ppm, nitrat 2,014 ppm, N total 9,007 mg/l, COD 6,18 mg/l, CO<sub>2</sub>bebas 0,88 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 28°C, konduktivitas 186,4  $\mu$ mhos, kekeruhan 2,6 NTU, dan TSS 101 mg/l.



Gambar 24. Stasiun pengamatan. Patikraja

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 9 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Ephemeroptera (2 spesies), Gastropoda (2 spesies), Neuroptera (2 spesies), Hemiptera (1 spesies), dan Annelida (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,125. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 6, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 84.

### **Pancasan (S. Tajum)**

Stasiun ini terletak di Desa Pancasan Kecamatan Ajibarang kidul Kabupaten Banyumas berada pada titik koordinat  $07^{\circ}25'615''$  LS -  $109^{\circ}04'373''$  BT dengan ketinggian  $\pm 60$  m dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,40 - 0,60$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,91 - 1,03$  m dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa batu, kerikil dan pasir. Vegetasi tepian terdiri dari semak dan pepohonan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini berupa perkampungan, persawahan, dan penambangan batu (Gambar 25).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 7,6 mg/l, BOD 8 mg/l, P total 0,726 mg/l, amonia 0 mg/l,

nitrit 0,0042 ppm, nitrat 5,002 ppm, N total 9,882 mg/l, COD 10,51 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 2,2 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 27°C, konduktivitas 193,5  $\mu$ mhos, kekeruhan 9,3 NTU, dan TSS 63 mg/l.



Gambar 25. Stasiun pengamatan. Pancasan

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 9 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Ephemeroptera (2 spesies), Trichoptera (1 spesies), Gastropoda (2 spesies), Neuroptera (2 spesies), dan Coleoptera (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,939. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 6, sedangkan Indeks Lothian 3, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 84.

### **Jambu (S. Tajum)**

Stasiun ini terletak di Desa Jambu Kecamatan Wangon Kabupaten Banyumas berada pada titik koordinat 07°29'903" LS - 109°09'308" BT dengan ketinggian  $\pm$  50 m. dpl. Kisaran kedalaman  $\pm$  0,50 – 1 m dan kisaran kecepatan arus 0,43 – 0,50 m. dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa batu, kerikil, pasir, dan lumpur.

Vegetasi tepian terdiri dari semak dan pepohonan sangat jarang. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini adalah persawahan, perkebunan, penambang pasir, dan batu (Gambar 26).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 7,8 mg/l, BOD 3,26 mg/l, P total 0,157 mg/l, amonia 0,14 mg/l, nitrit 0,0031 ppm, nitrat 1,965 ppm, N total 8,984 mg/l, COD 3,7 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,32 mg/l, dan pH 7.5. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 29°C, konduktivitas 232,3  $\mu$ mhos, kekeruhan 12,04 NTU, dan TSS 27 mg/l.



Gambar 26. Stasiun pengamatan Jambu

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 8 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (1 spesies), Ephemeroptera (2 spesies), Gastropoda (2 spesies), Hemiptera (1 spesies), Zygoptera (1 spesies), dan Diptera (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,695. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 7, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 90.

**Margasana (S. Tajum)**

Stasiun ini terletak di Desa Margasana Kecamatan Jatilawang Kabupaten Banyumas berada pada titik koordinat  $07^{\circ}32'311''$  LS -  $109^{\circ}08'097''$  BT dengan ketinggian  $\pm 45$  m. dpl. Kisaran kedalaman  $\pm 0,50 - 1,20$  m dan kisaran kecepatan arus  $0,40 - 0,43$  m dtk<sup>-1</sup>. Substrat dasar berupa batu, kerikil, pasir, dan lumpur. Vegetasi tepian terdiri dari semak, pepohonan dan beberapa tanaman perkebunan. Tata guna lahan di sekitar stasiun lokasi ini adalah perkampungan, persawahan, dan perkebunan (Gambar 27).

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8 mg/l, BOD 5,13 mg/l, P total 0,163 mg/l, amonia 0,28 mg/l, nitrit 0,0022 ppm, nitrat 0,16 ppm, N total 9,837 mg/l, COD 8,66 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 0 mg/l, dan pH 7.5. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 29°C, konduktivitas 273,8  $\mu$ mhos, kekeruhan 5,45 NTU, dan TSS 15 mg/l.



Gambar 27. Stasiun pengamatan Margasana

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 9 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Ephemeroptera (3 spesies), Gastropoda (3 spesies), Coleoptera (1 spesies), dan Annelida (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,111. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 6, sedangkan Indeks Lothian 3, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 84.

#### **Curug Gede (S. Banjaran)**

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 8 mg/l, BOD 0,4 mg/l, P total 0,0795 mg/l, amonia 0,456 mg/l, nitrit 0,0018 ppm, nitrat 0,275 ppm, N total 10,329 mg/l, COD 3,2 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,1 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 22°C, konduktivitas 125  $\mu$ mhos, kekeruhan 0,62 NTU, dan TSS 4 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 10 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (2 spesies), Ephemeroptera (3 spesies), Gastropoda (1 spesies), Coleoptera (2 spesies), dan Diptera (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,150. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 8, sedangkan Indeks Lothian 1, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 94.



Gambar 28. Stasiun pengamatan Curug Gede

### **Kebumen (S. Banjaran)**

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 7 mg/l, BOD 0,2 mg/l, P total 0,0695 mg/l, amonia 0,4845 mg/l, nitrit 0,0019 ppm, nitrat 0,123 ppm, N total 9,0946 mg/l, COD 19,4 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 0 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 22°C, konduktivitas 197  $\mu$ mhos, kekeruhan 6,2 NTU, dan TSS 37 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 8 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (1 spesies), Trichoptera (2 spesies), Oligochaeta (1 spesies), Coleoptera (2 spesies), dan Diptera (2 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,769. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 6, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 94



Gambar 29. Stasiun pengamatan Kebumen

### **Beji (S. Banjaran)**

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 5,6 mg/l, BOD 2 mg/l, P total 0,0921 mg/l, amonia 0,1979 mg/l, nitrit 0,0023 ppm, nitrat 0,469 ppm, N total 9,692 mg/l, COD 12,3 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 0 mg/l, dan pH 7. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 26°C, konduktivitas 193,8  $\mu$ mhos, kekeruhan 6,7 NTU, dan TSS 79 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 7 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (1 spesies), Ephemeroptera (1 spesies), Trichoptera (1 spesies), Annelida (2 spesies), dan Coleoptera (1 spesies), dan Gastropoda (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 1,266. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 6, sedangkan Indeks Lothian 2, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 94.



Gambar 30. Stasiun pengamatan Beji

### **Bantarsoka (S. Banjaran)**

Hasil pengukuran faktor kimia menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di stasiun ini 4 mg/l, BOD 6,6 mg/l, P total 0,0921 mg/l, amonia 0,223 mg/l, nitrit 0,04 ppm, nitrat 0,662 ppm, N total 11,885 mg/l, COD 3,6 mg/l, CO<sub>2</sub> bebas 1,8 mg/l, dan pH 6. Hasil pengukuran faktor fisik menunjukkan bahwa suhu perairan di stasiun ini 27°C, konduktivitas 247,7  $\mu$ mhos, kekeruhan 9,9 NTU, dan TSS 88 mg/l.

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa pada stasiun ini didapatkan 7 spesies makroinvertebrata bentik yang termasuk dalam Plecoptera (1 spesies), Ephemeroptera (1 spesies), Trichoptera (1 spesies), Annelida (2 spesies), dan Coleoptera (1 spesies), dan Gastropoda (1 spesies). Berdasarkan dari sampel bentik tersebut diketahui bahwa nilai indeks keragaman di stasiun ini ialah 2,206. TBI di stasiun ini menunjukkan skor 5, sedangkan Indeks Lothian 3, dan Skor Biotik menunjukkan nilai 61.



Gambar 31. Stasiun pengamatan Bantarsoka

### 4.3. Kajian berbagai pendekatan

#### Pendekatan Kuantitatif

##### a. Kelimpahan

Sejumlah 2.787 spesimen berhasil dikumpulkan dari 30 stasiun pengamatan. Pada tiap pengambilan sampel ditangkap makroinvertebrata benthik berkisar antara 42-246 ekor/m<sup>2</sup>. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada BOD yang tinggi (6-7) ppm kelimpahan individu cenderung semakin meningkat. Peningkatan tersebut karena meningkatnya spesies-spesies yang toleran terhadap cemaran organik dan dikenal sebagai spesies oportunistik seperti misalnya Hirudinea atau Gastropoda. Pada kondisi “*disturbed*” sering terjadi kelimpahan spesies yang bersifat oportunistik akan meningkat (Simboura *et.al.*, 2008).

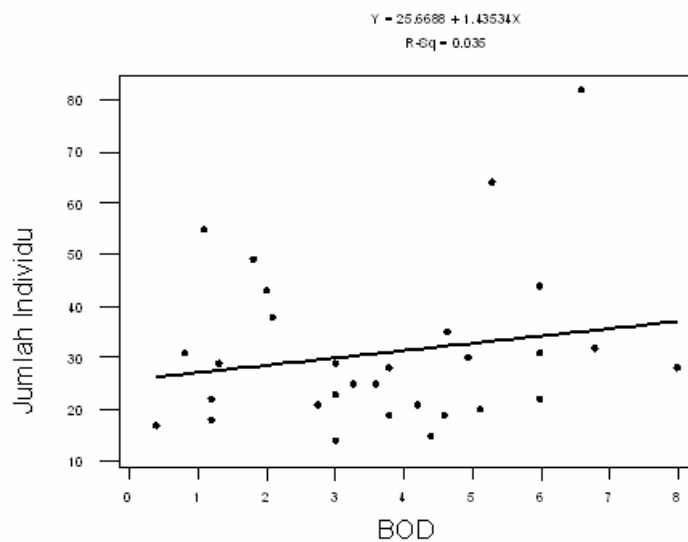
Hubungan antara nilai BOD dan kelimpahan individu dapat dilihat pada Gambar 3.2. Pada Gambar 32 dapat dilihat bahwa tidak terdapat pola yang nyata antara nilai BOD dan kelimpahan makroinvertebrata benthik. Hasil uji statistik juga menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang tidak nyata antara kelimpahan makroinvertebrata benthik dan BOD (Tabel 5.2).

Tabel 5.1. Jumlah individu pada kisaran BOD tertentu

| BOD (ppm) | Jml Sts | Kisaran Jml | Rataan |
|-----------|---------|-------------|--------|
| 0 - 1     | 2       | 51 - 93     | 72     |
| 1,1 - 2   | 6       | 54 - 165    | 100,5  |
| 2,1 - 3   | 5       | 42 - 114    | 75     |
| 3,1 - 4   | 4       | 57 - 84     | 72     |
| 4,1 - 5   | 5       | 45 - 105    | 72     |
| 5,1 - 6   | 5       | 60 - 192    | 108    |
| 6,1 - 7   | 3       | 84 - 246    | 142    |

Tabel 5.2. Anova BOD vs Kelimpahan

| Source  | DF | SS    | MS    | F    | P     |
|---------|----|-------|-------|------|-------|
| Regresi | 1  | 240,9 | 240,9 | 1,03 | 0,320 |
| Galat   | 28 | 6572  | 234,7 |      |       |
| Total   | 29 | 6813  |       |      |       |



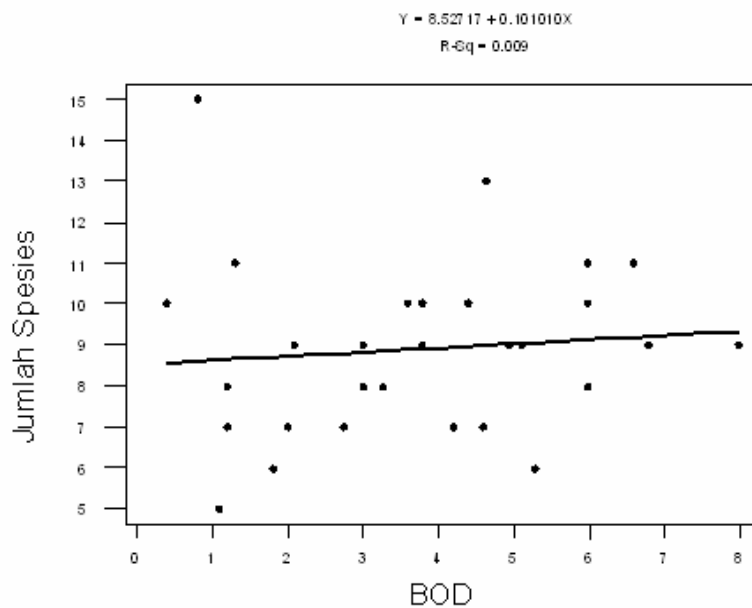
Gambar 32. Grafik hubungan nilai BOD dan kelimpahan individu benthik

### b. Kekayaan Spesies

Kekayaan spesies di DAS Serayu pada stasiun pengamatan berkisar antara 5 – 15 dengan rata-rata 9,7 spesies. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kekayaan spesies tertinggi terdapat pada stasiun pengamatan yang memiliki nilai BOD rendah (0-1) yaitu stasiun pengamatan bagian hulu (Sunalangu). Namun demikian tidak terdapat pola tertentu terkait dengan hubungan besarnya nilai BOD dengan kekayaan spesies sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.3 dan Gambar 33. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang nyata antara BOD dan kekayaan spesies (Tabel 5.4).

Tabel 5.3. Jumlah spesies pada kisaran BOD tertentu

| <b>BOD (ppm)</b> | <b>Jml Sts</b> | <b>Kisaran Jumlah spesies</b> | <b>Rataan</b> |
|------------------|----------------|-------------------------------|---------------|
| 0 – 1            | 2              | 10 - 15                       | 12,5          |
| 1,1 – 2          | 6              | 5 - 11                        | 7,3           |
| 2,1 – 3          | 5              | 7 - 9                         | 8,4           |
| 3,1 – 4          | 4              | 8 - 10                        | 9,2           |
| 4,1 – 5          | 5              | 7 - 13                        | 9,2           |
| 5,1 – 6          | 5              | 6 - 11                        | 8,8           |
| 6,1 – 7          | 3              | 9 - 11                        | 9,7           |



Gambar 33. Plot BOD vs Jumlah spesies

Tabel 5.4. Anova BOD vs Jumlah spesies

| Source  | DF | SS      | MS    | F    | P     |
|---------|----|---------|-------|------|-------|
| Regresi | 1  | 1,193   | 1,193 | 0,27 | 0,610 |
| Galat   | 28 | 125,507 | 4,482 |      |       |
| Total   | 29 | 126,700 |       |      |       |

### c. Indeks Keragaman

Indeks keragaman di DAS Serayu pada stasiun pengamatan berkisar antara 0.972 - 2.789. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kekayaan spesies makroinvertebrata benthik tertinggi terdapat pada stasiun pengamatan yang memiliki nilai BOD rendah (0-1) yaitu stasiun pengamatan bagian hulu (Sungalungu) sedangkan terendah terdapat pada stasiun Kembangan yang merupakan stasiun pengamatan dengan BOD tinggi (5.3 ppm). Stasiun Kembangan merupakan stasiun pengamatan yang terdedah limbah pabrik tapioka.

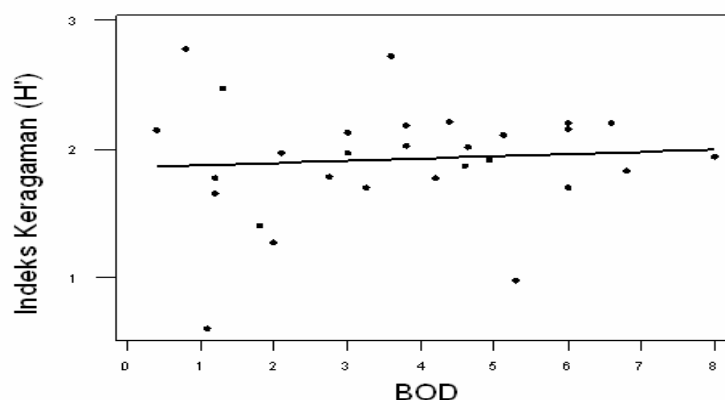
Pada kondisi perairan tercemar ringan ( $BOD < 3$  ppm), indeks keragaman cenderung menurun seiring dengan peningkatan BOD (Tabel 5.5), namun demikian pola ini menjadi tidak jelas ketika perairan berada pada kondisi tercemar sedang atau berat ( $BOD > 3$  ppm). Hubungan tiap nilai BOD dengan indeks keragaman dapat dilihat pada Gambar 34. Pada Gambar 34 menunjukkan pula tidak terdapat pola yang nyata antara nilai BOD dengan  $H'$ . Hasil uji statistik juga menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang nyata antara BOD dan  $H'$  (Tabel 5.6).

Tabel 5.5. Indeks keragaman pada kisaran BOD tertentu

| BOD (ppm) | Jml Sts | $H'$          | Rataan |
|-----------|---------|---------------|--------|
| 0 – 1     | 2       | 2,150 – 2,789 | 2,469  |
| 1,1 – 2   | 6       | 1,266 – 2,472 | 1,745  |
| 2,1 – 3   | 5       | 1,781 – 2,129 | 1,568  |
| 3,1 – 4   | 4       | 1,695 – 2,731 | 2,16   |
| 4,1 – 5   | 5       | 1,776 – 2,211 | 1,956  |
| 5,1 – 6   | 5       | 0,972 – 2,200 | 1,827  |
| 6,1 – 7   | 3       | 1,828 – 2,206 | 1,991  |

$$Y = 1.85693 + 1.71E-02X$$

$$R-Sq = 0.006$$



Gambar 34. Plot BOD vs Indeks keragaman Shannon-Wiener ( $H'$ )

Tabel 5.6. Anova BOD vs Indeks Keragaman ( $H'$ )

| Sumber  | DF | SS     | MS     | F    | P     |
|---------|----|--------|--------|------|-------|
| Regresi | 1  | 0,0343 | 0,0343 | 0,16 | 0,689 |
| Galat   | 28 | 5,8621 | 0,2094 |      |       |
| Total   | 29 | 5,8964 |        |      |       |

#### d. Trent Biotic Index (TBI)

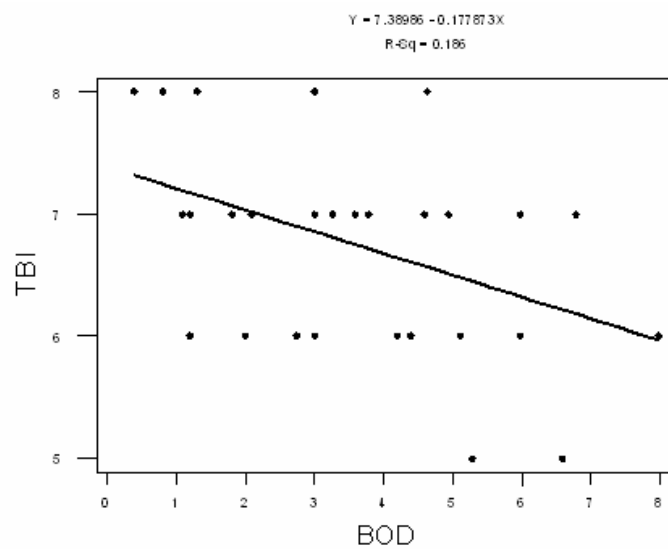
TBI merupakan indeks biotik yang pertama kali dibuat (diajukan oleh Woodiwiss pada tahun 1964, dan pertama kali dipakai di Inggris. Pada periode berikutnya beberapa indeks biotik yang juga didasarkan pada komposisi makroinvertebrata bentik dirumuskan dan dikembangkan di berbagai Negara di Eropa (Balaban & Constantinescu, 2006).

Nilai TBI di DAS Serayu pada stasiun pengamatan berkisar antara 5 – 8. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai TBI tertinggi terdapat pada beberapa stasiun pengamatan yang memiliki nilai BOD < 3 ppm seperti misalnya Sunyalangu, Curug Gede, Karanggandul yang terletak di bagian hulu sungai dan Dermasari yang di tengah. Di bagian hilir, nilai TBI berkisar antara 5 -7. Nilai TBI terendah (5) terdapat pada stasiun pengamatan Kembangan (BOD = 5,3 ppm) dan Banjaran 4 (BOD = 6,6 ppm)..

Pada Tabel 5.7 dapat dilihat bahwa nilai TBI (rata-rata) cenderung menurun seiring dengan peningkatan BOD. Grafik hubungan tiap nilai BOD dengan indeks keragaman dapat dilihat pada Gambar 35. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai TBI cenderung menurun dengan meningkatnya nilai BOD. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang nyata antara BOD dan  $H'$  ( $P = 0,017$ ;  $R Sq = 18,6\%$ ; Tabel 5.8).

Tabel 5.7. Nilai TBI pada kisaran BOD tertentu

| BOD (ppm) | Jml Sts | TBI   | Rataan |
|-----------|---------|-------|--------|
| 0 - 1     | 2       | 8     | 8      |
| 1,1 - 2   | 6       | 6 - 8 | 6,8    |
| 2,1 - 3   | 5       | 6 - 8 | 6,8    |
| 3,1 - 4   | 4       | 7     | 7      |
| 4,1 - 5   | 5       | 6 - 7 | 6,6    |
| 5,1 - 6   | 5       | 6 - 7 | 6,2    |
| 6,1 - 7   | 3       | 5 - 7 | 6      |



Gambar 35. Plot BOD vs TBI

Tabel 5.8. Anova BOD vs TBI

| Sumber  | DF | SS      | MS     | F    | P      |
|---------|----|---------|--------|------|--------|
| Regresi | 1  | 3,7001  | 3,7001 | 6,41 | 0,017* |
| Galat   | 28 | 16,1666 | 0,5774 |      |        |
| Total   | 29 | 19,8667 |        |      |        |

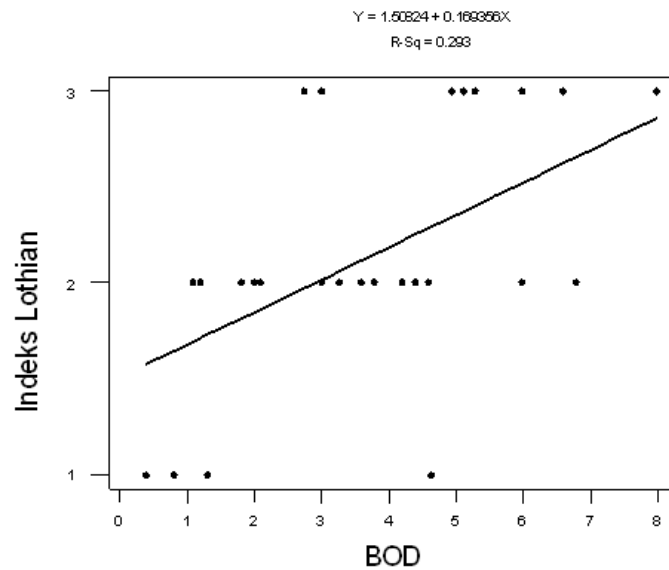
### e. Indeks Lothian

Nilai Indeks Lothian di DAS Serayu pada stasiun pengamatan berkisar antara 1 – 3. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai Indeks Lothian terendah (1) terdapat pada beberapa stasiun pengamatan yang memiliki nilai BOD < 1,3 ppm seperti misalnya Sunyalangu, Curug Gede, dan Karanggandul yang terletak di bagian hulu sungai. Di bagian hilir, nilai Indeks Lothian berkisar antara 2 - 3.

Pada Tabel 5.9 dapat dilihat bahwa nilai Indeks Lothian (rataan) cenderung meningkat seiring dengan peningkatan BOD. Grafik hubungan tiap nilai BOD dengan indeks Lothian dapat dilihat pada Gambar 36. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang nyata antara BOD dan nilai indeks Lothian ( $P = 0,002$ ;  $R Sq = 29,3\%$ ; Tabel 5.10).

Tabel 5.9. Nilai Indeks Lothian pada kisaran BOD tertentu

| <b>BOD (ppm)</b> | <b>Jml Sts</b> | <b>Indeks Lothian</b> | <b>Rataan</b> |
|------------------|----------------|-----------------------|---------------|
| 0 – 1            | 2              | 1                     | 1             |
| 1,1 – 2          | 6              | 1 - 2                 | 1,8           |
| 2,1 – 3          | 5              | 2 - 3                 | 2             |
| 3,1 – 4          | 4              | 2                     | 2             |
| 4,1 – 5          | 5              | 1 - 3                 | 2             |
| 5,1 – 6          | 5              | 2 - 3                 | 2,6           |
| 6,1 – 7          | 3              | 2 - 3                 | 2,7           |



Gambar 36. Plot BOD vs Indeks Lothian

Tabel 5.10. Anova Indeks Lothian vs BOD

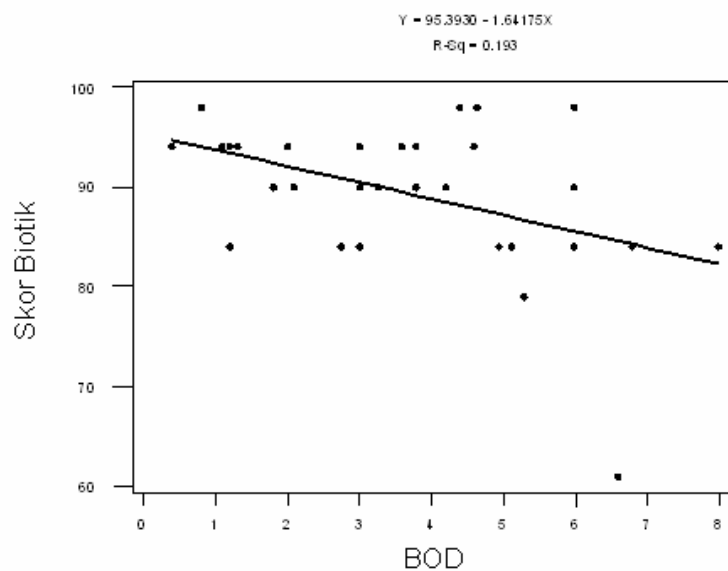
| Sumber  | DF | SS      | MS     | F     | P      |
|---------|----|---------|--------|-------|--------|
| Regresi | 1  | 3,3543  | 3,3543 | 11,58 | 0,002* |
| Galat   | 28 | 8,1124  | 0,2897 |       |        |
| Total   | 29 | 11,4667 |        |       |        |

#### f. Skor Biotik

Nilai Skor Biotik di DAS Serayu pada stasiun pengamatan berkisar antara 61 – 98. Pada Tabel 5.11 dapat dilihat bahwa nilai Skor Biotik (rata-rata) cenderung menurun seiring dengan peningkatan BOD. Grafik hubungan tiap nilai BOD dengan Skor Biotik dapat dilihat pada Gambar 37. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang nyata antara BOD dan nilai Skor Biotik ( $P = 0,015$ ;  $R Sq = 19,3\%$ ; Tabel 5.12).

Tabel 5.11. Nilai Skor Biotik pada kisaran BOD tertentu

| BOD (ppm) | Jml Sts | Skor Biotik | Rataan |
|-----------|---------|-------------|--------|
| 0 - 1     | 2       | 94 - 98     | 96     |
| 1,1 - 2   | 6       | 84 - 94     | 91     |
| 2,1 - 3   | 5       | 84 - 94     | 88     |
| 3,1 - 4   | 4       | 90 - 94     | 92     |
| 4,1 - 5   | 5       | 84 - 98     | 92     |
| 5,1 - 6   | 5       | 84 - 98     | 87     |
| 6,1 - 7   | 3       | 61 - 84     | 76     |



Gambar 37. Plot BOD vs Skor Biotik

Tabel 5.12. Anova BOD vs Skor Biotik

| Sumber  | DF | SS      | MS     | F    | P      |
|---------|----|---------|--------|------|--------|
| Regresi | 1  | 315,22  | 315,22 | 6,68 | 0,015* |
| Galat   | 28 | 1321,45 | 47,19  |      |        |
| Total   | 29 | 1636,67 |        |      |        |

Dari data dan hasil analisis di atas menunjukkan bahwa pendekatan kuantitatif (jumlah individu, kekayaan spesies, dan indeks keragaman) tidaklah sensitif terhadap tingkat pencemaran organik. Sebaliknya, pendekatan secara kualitatif yang dipadu dengan kuantitatif (indeks biotik) lebih peka terhadap perubahan kandungan organik. Menurut (Balaban & Constantinescu, 2006) seluruh pendekatan yang didasarkan kualitas biologis biota baik untuk perairan mengalir atau menggenang didasarkan pada prinsip sederhana yaitu semua spesies yang ada, populasi dan komunitas baik hewan maupun tumbuhan bereaksi beda jika mengalami tekanan lingkungan akibat suatu polutan tertentu. Respon dari biota terhadap perubahan lingkungan ini dapat secara kualitatif dan atau kuantitatif. Oleh karena respon suatu komunitas terhadap perubahan lingkungan tidak hanya secara kuantitatif, dapat dimengerti mengapa pendekatan secara kuantitatif saja (yang sampai saat ini banyak digunakan di Indonesia), dapat menimbulkan bias dalam biomonitoring.

Pendekatan secara kuantitatif memang secara umum dapat merefleksikan perbedaan antara lingkungan perairan yang tercemar dan tidak tercemar polutan sebagaimana ditunjukkan oleh Qu X (2008) yang mendapatkan bahwa pada daerah yang tercemar kekayaan spesies akan menurun dengan tajam sedangkan pada perairan yang bersih memiliki kekayaan spesies yang tinggi. Belan (2003) juga telah mendapatkan bahwa terdapat perubahan kekayaan spesies dan jumlah individu yang nyata di antara perairan yang tercemar berat dan ringan. Meskipun hal tersebut juga ditemukan pada penelitian ini, namun pendekatan ini tidak dapat menunjukkan hubungan yang nyata terhadap tingkat pencemaran.

Indeks keragaman Shannon Wiener merupakan indeks yang paling banyak digunakan di dunia termasuk di Indonesia sebagai parameter perubahan lingkungan, meskipun penggunaannya dilakukan secara serampangan dengan mengabaikan asumsi dan metode yang digunakan. Pendekatan yang lain dan terkini dalam mengukur tingkat polusi untuk menentukan tingkat kualitas air memang masih belum dilakukan di Negara-negara berkembang (Mutanga, 2008) sehingga dapat dimengerti jika pendekatan dengan menggunakan indeks ini sangat populer. Hasil penelitian ini menunjukkan pula bahwa pendekatan kuantitatif ini tidak berkorelasi terhadap perubahan BOD. Engle (2008) telah mendapatkan bahwa untuk biomonitoring di muara Teluk Mexico dengan menggunakan parameter Indeks Keragaman Shannon Wiener, indeks ini tidak dapat dipakai secara tersendiri dan untuk penggunaannya harus dikombinasi dengan proporsi Tubificidae dan Bivalvia terhadap total jumlah bentik seluruhnya. Berbeda dengan hasil temuan penelitian ini dan juga peneliti yang lain, Nuttal & Purves (2006) menyatakan bahwa indeks keragaman merupakan metode yang paling konsisten dalam merefleksikan tingkat pencemaran di sungai dibanding TBI, Indeks Lothian, dan Indeks-indeks biotik yang lain (Indeks Chandler dan Indeks Carpenter)

Tingkat perbedaan secara kualitatif dan kuantitatif dapat diukur, oleh karena itu dapat ditransformasikan ke dalam rumus-rumus matematis. Rumus-rumus tersebut meskipun berawal dari idea awal (TBI) dan asumsi yang sama, pada perkembangannya memiliki perbedaan dalam sistim penilaian dan skala yang digunakan. Variasi penggunaan bioindikator dan skala penilaian telah

menyebabkan perbedaan sensitifitas indeks dalam merefleksikan tingkat pencemaran organik.

Berdasarkan hasil perhitungan besarnya  $RSq$  maka dapat ditentukan bahwa di antara indeks biotik yang dikaji, Indeks Lothian memiliki korelasi yang paling erat dengan tingkat pencemaran organik ( $RSq = 29,3\%$ ), dalam artian bahwa BOD menentukan atau memberi kontribusi sebesar 29,3% terhadap indeks Lothian. Pengaruh BOD yang secara tidak langsung terhadap bentik makroinvertebrata dan adanya faktor-faktor kunci yang lain dapat dijadikan keterangan mengapa  $RSq$  rendah.

Haedrich *et al.* (2008) menyatakan bahwa tak ada faktor tunggal yang menentukan keberadaan makroinvertebrata bentik. Kehadiran makroinvertebrata bentik tidaklah hanya ditentukan oleh kualitas airnya saja. Heterogenitas, ukuran substrat (Erman & Erman, 1984), vegetasi riparian (Vannotte, 1980), proporsi bagian yang dalam (“*pool*”) dibanding bagian yang dangkal (Brown & Brussock, 1991; Boulton & Lake, 1992), kecepatan arus telah dinyatakan berpengaruh terhadap keberadaan makroinvertebrata bentik. Menurut Erman & Erman (1984) kekayaan spesies makroinvertebrata bentik semakin akan berkurang seiring dengan menurunnya heterogenitas substrat dan banyaknya ukuran partikel substrat.

## **VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **6.1. Kesimpulan**

1. Pendekatan secara kuantitatif komunitas makroinvertebrata bentik tidak dapat dipakai untuk mengukur tingkat pencemaran organik, sebaliknya pendekatan secara kuantitatif dan kualitatif dengan menggunakan Indeks Biotik (TBI, Indeks Lothian, Skor Biotik) mempunyai hubungan dengan tingkat pencemaran organik
2. Diantara parameter yang dikaji, Indeks Lothian merupakan indeks yang paling sensitif terhadap perubahan tingkat pencemaran organik

### **6.2. Saran**

Untuk monitoring kualitas air di DAS Serayu disarankan menggunakan pendekatan kuantitatif yang dipadu dengan pendekatan kualitatif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S., A. Halim, A. Ahmad, & S.T. Amidarmo. 1985. *Limbah Tanaman Ubi Kayu. Ed. Limbah Pertanian*. Kantor Muda Urusan Peningkatan Produksi Pangan. Jakarta.
- APHA. 1985. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 16<sup>th</sup> edition. American Public Health Association. New York.
- Armitage, PD., R.J.M. Gun, M.T. Fursel, J.F. Wright & D. Moss. 1984. The Use of Prediction to Assess Macroinvertebrate Response to River Regulation. *Hydrobiologia* 144: 25 - 32
- Balaban, A. & E. Constantinescu. 2006. The Comparison of The Belgian Biotic Index with Physico-Chemical Analyses for Danube Water. *Analele Universităţii din Bucureşti – Chimie. Anul* 15(2): 21-25
- Begon, M., J.L. Harper, & C.R. Townsend. 1990. *Ecology: Individual, Population, and Communities*. Blackwell Sci. Pub. Boston, Oxford, London.
- Belan, T.A. 2003. Benthos Abundance Pattern and Species Composition In Conditions of Pollution in Amursky Bay (the Peter the Great Bay, the Sea of Japan). *Marine Pollution Bulletin* 46(9): 1111-1119
- Berkman, H.S., C.F. Rabeni, & R.P. Boyle. 1992. Biomonitoring of Stream Quality in Agricultural Areas: Fish versus Invertebrates. *Environ. Manag.* 10: 39 – 51.
- Boulton, A.J., & P.S. Lake. 1992. Benthic Organic Matter and Detritivorous Macroinvertebrates in Two Intermittent Streams in South-Eastern Australia. *Hydrobiologia* 241: 107 – 118.
- Brown, J.R., R.J. Gowen, & D.S. Mlusky. 1987. The Effect of Salmon Farming on the Benthos of a Scottish Sea Loch. *J. Exp. Biol. Ecol.* 109: 39 – 51.
- Camargo, J.A. & D. Garcíadejalón, 1990. The Downstream Impact on the Burgomillodo Reservoir, Spain. *Reg. Riv. Res. Manag.* 4: 305 – 317.
- Chandler, J.R. 1970. A Biological Approach to Water Quality Management. *Water Pollut Control* 69: 415 – 421.
- Deermot, R.M. 1985. Benthic Fauna in A Series of Lakes Displaying a Gradient of pH. *Hydrobiologia* 128: 31 – 38.

- Devey, E.R. 1941. Limnological Studies in Connecticut 6. The Quantity and Composition of the Bottom Fauna of thirty six Connecticut and New York Lake. **Ecol. Monogr.** 11 : 413 – 455.
- Engle, V.D., J. K. Summers & G. R. Gaston. 1994. A benthic index of environmental condition of Gulf of Mexico estuaries. **Estuaries and Coasts**, 17(2 ): 122 - 131
- Erman, D.C. & N.A. Erman. 1984. The Response of Stream Macroinvertebrates to Substrate Size and Heterogeneity. **Hydrobiologia** 108 : 75 – 82.
- Gammon, J.R. & T.P. Simon. 2000. Variation in a Great River Index of Biotic Integrity over a 20-year Period. **Hydrobiologia** 422 : 291 – 304.
- Gray, L.J. & S.G. Fisher. 1981. Postflood Recolonization Pathway of Macroinvertebrates in a Lowland Sonoran Desert Stream. **Amer. Midland Nat.** 106: 229 – 242.
- Gupta, A. & G. Michael. 1992. Diversity, Distribution and Seasonal Abundance of Ephemeroptera in Stream Meghalaya State India. **Hydrobiologia** 228: 131 – 139.
- Haedrich, R.L., J. A. Devine & V. J. Kendall. 2008. Predictors of Species Richness in the Deep-Benthic Fauna of the Northern Gulf of Mexico. **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, 55(24-26): 2650-2656
- Hellawel, J.M. 1986. *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*. Elsevier Applied Science Pu. London, New York.
- Krebs, C.J. 1985. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper & Row Pub. Inc. New York.
- Lestari, W., Setijanto, dan A.S. Piranti. 1998. *Uji Potensi Indeks Biotik sebagai Alat Manajemen Sungai di Kabupaten Banyumas*. Laporan Penelitian (Tidak Dipublikasikan). Fakultas Biologi. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Mutanga, S.S. 2008. *Using GIS and Bio-Monitoring Techniques to Analyse the Impacts of Sewage Effluent on Water Quality*. Proceeding (604) Water Resource Management - 2008 , IASTED Conferences
- Nuttal, P.M. & J.B. Purves, 2006. Numerical indices applied to the results of a survey of the macro-invertebrate fauna of the Tamar catchment (southwest England). **Freshwat. Biol.** (4)3: 213 - 222.

- Price, J.L., I.C. Campbell, & P.C.E. Bailey. 1994. The Relationship Between Assemblages and Available Food at Forest and Pasture Sites in Three South-Eastern Australian Streams. *Freshwat. Biol.* 32: 641 – 681.
- Qu X.-D. Song M.-Y. , Park Y.-S., Oh Y. N.,Chon T.S. Species abundance patterns of benthic macroinvertebrate communities in polluted streams . 2008. *Annales de limnologie* 44(2): 119-133
- Reed, J.L., I.C. Campbell, & P.C.E. Bailey. 1994. The Relationship between Assemblages and Available Food at Forest and Pasture Sites in Three South-Eastern Australian Stream. *Freshwat. Biol.* 32: 641 – 681.
- Richard, C. & G.W. Minshall. 1992. Spatial and Temporal Trends in Stream Macroinvertebrates Communities: The Influences of Catchment Disturbance. *Hydrobiologia* 241: 173 – 184.
- Ritz, D.D., M.E. Lewis, & Ma Shen. 1989. Response to Organic Enrichment of Infaunal Macrobenthic Communities under Salmonid Seacages. *Mar. Biol.* 103: 211 – 214.
- Simboura, N., N.A. Zenetos, M.A.P. Papadopoulou, M.T. Legaki, & S. Papaspyrou. 2008. A Baseline Study on Benthic Species Distribution in Two Neighbouring Gulfs, With and Without Access to Bottom Trawling. *Marine Ecology* 19( 4): 293 – 309.
- Sudarjanti, S. dan Marsoedi. 1995. Pendekatan Biologis untuk Menduga Kualitas Air Sungai Brantas Jawa Timur. *Buletin Perikanan* 103: 211 – 214.
- Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell, & S.E. Cushing. 1980. The River Continuum Concept. *Canad. J. Of Fish. and Aquat. Sci.* 37: 130 – 137.
- Wallace, J.B., G.J. Lughthart, T.F. Cuffney, & G.A. Schurr. 1989. The Impact of Repeated Insectidal Treatments on Drift and Benthos of Headwater Stream. *Hydrobiologia* 179: 135 – 147.
- Wibowo, D.N. 2004a. Potensi Gulma Air untuk Monitoring Kualitas Air Waduk. *J. Agrista* 8(2): 187 – 197.
- Wibowo, D.N. 2004b. Tingkat Eutrofikasi Waduk PB Soedirman Banjarnegara Berdasar-kan Kandungan Fosfor dan Nitrogen. *Biosfera* 21(3): 126 – 131.
- Wibowo, D.N. 2005. Evaluasi Dampak Eutrofikasi Terhadap Biomassa Gulma Air (Studi Kasus di Waduk PB Soedirman-Banjarnegara. *Agrista* 9(3): 246 – 253.

- Wibowo, D.N. dan A.S. Piranti. 2007. Upaya Pemanfaatan Gulma Air untuk Agen Biomonitoring Status Trofik Ekosistem Waduk. *Jurnal Agrista* 11(1): 43 – 50.
- Woodiwiss, F.S. 1964. The Biological System of Stream Classification Used the Trent River Board. *Chem. Indus.* 11: 443 – 447.
- Ye, LX., D.A. Ritz., G.E. Fenton, & M.E. Lewis. 1991. Tracing the Influence on sediments of Organic Waste from A Salmonoid Farm Using Stable Isotope Analysis. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 145: 161 – 174.