



PENELITIAN  
Tipe BATCH III



**ANALISIS MEKANISME "MORPHO-BEHAVIOUR"  
MAKRO INVERTEBRATA RIPARIAN PADA  
KONTINUUM SUNGAI DALAM KAITANNYA  
DENGAN KUALITAS AIR SUNGAI**

Oleh :

Drs. Trisnadi Widyaleksono Catur Putranto, M.Si  
Dra. Rosmanida, M.Kes

PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS AIRLANGGA  
SURABAYA  
DESEMBER 2003

**LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN PROYEK DUE-Like**

**A. Judul Penelitian** : Analisis Mekanisme "Morpho-behaviour" Makro  
Invertebrata pada Kontinuum Sungai dalam Kaitannya  
Dengan Kualitas Air Sungai

**B. Ketua Peneliti** :

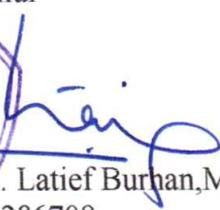
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Drs. Trisnadi Widyaleksono Catur Putranto, M.Si  
b. Jenis Kelamin : Laki-laki  
c. Pangkat dan Golongan/NIP : Lektor/III-c/131836622  
d. Bidang keahlian : Biologi Lingkungan  
e. Fakultas : MIPA/Biologi  
f. Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga

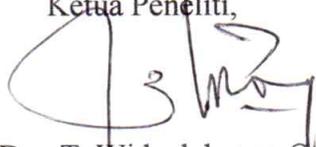
**C. Tim Peneliti** :

NAMA DAN GELAR AKADEMIK	BIDANG KEAHLIAN	FAKULTAS/ JURUSAN	PERGURUAN TINGGI
1. Dra. Rosmanida, .Kes	Invertebrata	FMIPA/ Biologi	Universitas Airlangga

**D. Pendanaan dan jangka waktu penelitian**

- Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 7 bulan  
Biaya yang diusulkan : Rp. 30.000.000,-  
Biaya yang disetujui : Rp. 30.000.000,-

Mengetahui  
Dekan  
  
Drs. H.A. Latief Burhan, MS  
NIP. 131286709

Ketua Peneliti,  
  
Drs. T. Widyaleksono C.P., M.Si  
NIP. 131836622

Mengetahui  
Direktur Eksekutif  
  
Tjitjik Spie Tjahjandarie, Ph.D.  
NIP. 131801627

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji bagi Allah kami sampaikan pada Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang atas segala nikmatnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penelitian dengan judul Analisis Mekanisme “Morpho-behaviour” Makro Invertebrata Riparian pada Kontinum Sungai dalam Kaitannya Dengan Kualitas Air Sungai.

Penyusun sampaikan juga terima kasih yang sebesar-besarnya kepada LPIU Unair lewat Program Research Grand DUE-Like, sehingga kami mendapat kesempatan meneliti.

Kami ucapkan pula kepada mahasiswa yang ikut serta dalam penelitian ini. Segala jerih payah telah memberikan andil yang besar terhadap segala kegiatan penelitian ini.

Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam naskah ini. Segala tegur sapa untuk kesempurnaan amat kami hargai.

Surabaya, Desember 2003

Penyusun



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Permasalahan	1
1.2. Batasan Masalah	5
1.3. Rumusan masalah	6
1.4. Tujuan Penelitian	6
1.5. Manfaat Penelitian	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Tinjauan Umum Sungai	9
2.2. Bio-ekologi Makroinvertebrata Sungai	11
2.3. Konsep Kontinum Sungai	16
2.4. Indeks Biotik	19
2.5. Mintakat Riparian	21
2.6. Parameter Fisika-Kimia Utama Sungai	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.2. Bahan dan Alat Penelitian	27
3.3. Pengambilan dan Identifikasi Makroinvertebrata	27
3.4. Prosedur Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Air	29
3.5. Analisis Data	30
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b>	
4.1. Faktor Fisikokimia Lingkungan	33
4.2. Keanekaragaman Makroinvertebrata	34
4.2.1. Keanekaragaman Makroinvertebrata Riparian Kali Janjing	37
4.2.1. Keanekaragaman Makroinvertebrata Riparian Kali Surabaya	39
4.3. Analisis Kesamaan Komunitas Kali Surabaya dan Kali Janjing	39
4.4. Komposisi Kelompok Mekanisme "Morpho-behavioral"	43
4.4.1. Kelompok Pencabik	44
4.4.2. Kelompok Perumput	44
4.4.3. Kelompok Kolektor	49
4.4.4. Kelompok Predator	52
4.4.5. Indeks Biotik	56

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

58

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

**DAFTAR TABEL**

---

	Halaman
Tabel 4.1. Analisis kesamaan habitat (a) Kali Janjing dan (b) Kali Surabaya	33
Tabel 4.2. Keanekaragaman makroinvertebrata riparian pada anak sungai hulu Kali Janjing Mojokerto	35
Tabel 4.3. Komposisi dan kelimpahan makroinvertebrata riparian pada anak sungai hulu Kali Surabaya	37
Tabel 4.3. Analisis kesamaan komunitas makroinvertebrata di (a) Kali Janjing (b) Kali Surabaya.	41
Tabel 4.4. Indeks diversitas makroinvertebrata riparian pada (a) Anak sungai hulu Kali Janjing Mojokerto dan (b) Kali Surabaya	55
Tabel 4.5. Nilai indeks Biotik (a) BMWP-aspt dan (b) TBI	57

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Kaitan antara invertebrata pencabik ( <i>sredders</i> ) dan CPOM, Jamur, dan bakteri (Allan, 1995)	13
Gambar 2.2. Kaitan antara Kolektor-FPOM-bakteri pada sungai bagian hulu (Allan, 1995)	14
Gambar 2.3. Kaitan antara Perumput ( <i>grazers</i> )-DOM pada sungai	15
Gambar 2.4. Jaringan makanan pada ekosistem lotik. Merupakan penyederhanaan Jaringan makanan sungai. Asupan energi berasal dari daun yang jatuh, jamur, Diatom, dan DOM, FPOM yang berasal dari luar dan Hulu sungai.	16
Gambar 2.5. Konsep Kontinuum Sungai (Vannote et al., 1980)	18
Gambar 2.6. Mintakat Riparian yang Menjadi Kajian Penelitian	22
Gambar 2.7. Hubungan vegetasi riparian dan komunitas invertebrata (Knight & Bottorf, 1984 dalam Mitsch & Gosselink, 1993)	23
Gambar 4.1. Komposisi Famili Terbesar di Setiap Stasiun Penelitian Kali Janjing	38
Gambar 4.2. Komposisi Famili Terbesar di Setiap Stasiun Penelitian Kali Surabaya	40
Gambar 4.3 Dendogram kesamaan komunitas makroinvertebrata Kali Janjing	42
Gambar 4.4 Dendogram kesamaan komunitas makroinvertebrata Kali Surabaya	43
Gambar 4.5.a. Persentase Pencabik pada Stasiun Penelitian di Kali Janjing	45
Gambar 4.5.b. Persentase Pencabik pada Stasiun Penelitian di Kali Surabaya	46
Gambar 4.6.a. Persentase Perumput pada Stasiun Penelitian di Kali Janjing	47

Lanjutan	halaman
Gambar 4.6.b. Persentase Perumput pada Stasiun Penelitian di Kali Surabaya	48
Gambar 4.6.a. Persentase Kolektor pada Stasiun Penelitian di Kali Janjing	50
Gambar 4.6.b. Persentase Kolektor pada Stasiun Penelitian di Kali Surabaya	51
Gambar 4.6.a. Persentase Predator pada Stasiun Penelitian di Kali Janjing	52
Gambar 4.6.b. Persentase Predator pada Stasiun Penelitian di Kali Surabaya	53

## LAMPIRAN

---

Lampiran 1. Denah Stasiun Penelitian

Lampiran 2. Koleksi Jenis Makroinvertebrata Riparian

# BAB I

## PENDAHULUAN



### 1.1. Latar Belakang Masalah

Sungai merupakan ekosistem akuatik tawar yang mengalir dari dataran tinggi ke dataran yang lebih rendah dan merupakan ekosistem yang kompleks. Hal ini disebabkan oleh sifat dinamis dari sungai. Dimulai dari aliran kecil dari mata air sampai akhirnya di bagian hilir dan muara dengan diameter puluhan meter selalu berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya dan mendapat asupan allochthonous di sepanjang alur sungai.

Pengetahuan tentang dinamika perairan mengalir terdapat dalam konsep kontinum sungai (*river continuum concept*; RCC) (Vannote et al., 1980). Konsep ini menggunakan pendekatan menggunakan aspek orde sungai, tipe bahan organik partikulat, dan invertebrata bentik yang terdapat dalam sungai.

Konsep Kontinum Sungai menggambarkan adanya jaringan kerja dalam daerah aliran sungai (DAS) yang berubah secara kontinum karena kondisi fisik dan kaitannya dengan pengaturan komunitas hidupnya. Selanjutnya Konsep Kontinum Sungai menyatakan bahwa struktur dan fungsi komunitas invertebrata bentik dari hulu hingga hilir dikendalikan oleh perubahan *allochthonous* dan *autochthonous* bahan organik.

Makanan utama makro invertebrata adalah nutrien organik yang berasal dari badan air sungai sendiri dan dari mintakat riparian (Anderson & Sedell, 1979; Mitsch & Gosselink, 1993; Huryn & Wallace, 2000). Makroinvertebrata bentik mempunyai mekanisme perilaku dan susunan morfologi yang bermacam macam untuk

mengeksploitasi makanan. Pengelompokan yang berdasarkan mekanisme “morpho-behavioral” invertebrata dalam mendapatkan makanan.

Pengelompokan berdasarkan mekanisme “morpho-behavioral” memilah invertebrata dalam kelompok pencabik (*shredders*), kolektor (*collectors*), perumput (*grazers*), penyaring (*filter feeders*), dan pemangsa (*predators*) (Wallace & Merritt, 1980; Wallace & Webster, 1996)

Pada bagian hulu sungai umumnya invertebrata pencabik dan kolektor yang dominant. Sebaliknya pada hilir invertebrata yang dominan adalah kolektor dan predator. Namun, komunitas makroinvertebrata sungai ini komposisinya dapat berubah-ubah ke arah hilir berkaitan dengan keadaan sumber makanannya.

Perubahan komposisi invertebrate sepanjang berdasarkan mekanisme “morpho-behavioral” ini dapat bersifat alamiah ataupun buatan (dampak kegiatan manusia). Secara alamiah dapat terjadi karena di sepanjang aliran sungai, nutrien alami yang masuk ke dalam sungai dapat berbeda-beda kuantitasnya, sehingga memberikan karakteristik yang tersendiri pada ekosistem tersebut.

Nilai orde sungai yang makin besar menunjukkan jaringan sungai (gabungan anak sungai) yang makin banyak. Nutrien yang masuk ke dalam sungai pun juga makin besar. Keadaan ini menurut Vannote et al. (1980) Konsep continuum sungai dapat menjelaskan secara umum komposisi invertebrate berdasarkan mekanisme “morpho-behavioral”.

Dalam kehidupan manusia, sungai sebagai sumber air tawar mempunyai kedudukan yang amat penting. Sungai dapat berfungsi sebagai penyedia air baku untuk keperluan rumah tangga, industri, pertanian, prasarana transportasi, penyedia tenaga (PLTA), penyedia material, maupun sarana rekreasi (Anonim, 1999).

Pemanfaatan fungsi-fungsi sungai tersebut jelas berdampak positif bagi kehidupan manusia, namun tidak dapat dipungkiri pula bahwa dengan semakin banyaknya pemanfaatan sumber daya sungai, utamanya pada industri, diikuti pula semakin banyak pula penurunan kualitas sungai. Hal amat terasa di saat sekarang, dimana hampir semua sungai-sungai di Indonesia mengalami penurunan kualitas atau mengalami pencemaran.

- Hal ini mungkin diakibatkan oleh pemahaman bahwa fungsi badan air tawar sebagai sumber air yang paling praktis dan murah untuk kepentingan domestik maupun industri, juga sebagai sistem pembuangan yang memadai dan paling murah (Odum, 1993).

Pencemaran yang terjadi secara terus menerus terjadi di lingkungan, dapat mengakibatkan degradasi kualitas lingkungan. Degradasi lingkungan yang terjadi dapat berupa perubahan struktur dan fungsi komunitas dari lingkungan itu sendiri. Faktor-faktor ini yang menjadi salah satu sebab perubahan komposisi invertebrata berdasarkan mekanisme "morpho-behavioral".

Perubahan yang terjadi bergantung pada kemampuan toleransi masing-masing spesies penyusunnya. Tiap spesies mempunyai kisaran dan ambang toleransi yang berbeda terhadap pencemaran, yang pada akhirnya mempengaruhi kemampuan spesies dalam melakukan kompetisi pada lingkungan tersebut (Odum, 1993).

Kualitas perairan, khususnya sungai dapat dipantau dengan menggunakan indikator fisika, kimia, dan biologi. Masing-masing indikator ini memberikan berbagai informasi dan interpretasi terhadap kualitas perairan. Di Indonesia, saat ini pemantauan kualitas air sungai bertumpu pada kualitas fisika-kimia air, yang berorientasi pada pemenuhan

kebutuhan manusia.. Hal ini tampak pada pengkategorian kualitas air dalam kategori A, B, C, D.

Kualitas air kategori A, merupakan air yang dapat dikonsumsi langsung tanpa perlu dimasak. Kategori B merupakan sumber air baku untuk air minum, Kategori C merupakan air yang tidak layak untuk sumber air baku air minum dan digunakan untuk pertanian. Sedangkan air dengan kategori D merupakan air untuk pertanian. Kategori-kategori ini memang tampak jelas dibuat untuk memenuhi kebutuhan manusia, tanpa memperhatikan ekosistem dan komunitas yang ada pada perairan tersebut.

Negara-negara maju seperti di Eropa, Amerika, dan Australia pemantauan kualitas air sudah ditambah dengan pemantauan organisme hidup tertentu yang ada dalam perairan (biomonitoring), atau berorientasi *ecological quality objectives*, yaitu pemantauan yang dimaksudkan untuk mempertahankan kualitas badan air agar sedekat mungkin dengan kualitas alamiahnya (Peeters et.al., 1994).

Paradigma ini menggunakan makroinvertebrata sebagai hewan biomonitor. Biomonitor merupakan kelompok atau komunitas organisme yang kehadirannya atau perilakunya di alam berkorelasi dengan kondisi lingkungannya.

Pendekatan *ecological quality objectives* ini tidak saja mengacu pada kualitas air saja, tetapi biota yang ada didalamnya. Saat ini, di Indonesia khususnya Surabaya, instansi yang berwenang memantau kualitas Kali Surabaya, belum menggunakan organisme atau biomonitor sebagai bagian integral dari kegiatan pemantauan kualitas perairan sungai.

Kali Brantas merupakan sungai besar, membentang mulai dari kota Malang, Blitar, Tulungagung, Kediri, Mojokerto, Gresik, Sidoarjo, dan Surabaya mempunyai

fungsi ekologi yang sangat penting di Jawa Timur. Pada masing-masing kota besar tersebut terdapat industri-industri yang membuang limbahnya ke dalam Kali Brantas. Adanya limbah industri yang ke dalam sungai jelas mempengaruhi asupan *allochthonous*. Data tahun 1989 DPS (Daerah Pengaliran Sungai) Kali Brantas (termasuk Kari Surabaya didalamnya) menerima 120 ton limbah/hari, dan tahun 1998 meningkat menjadi 330 ton limbah/hari (Sunaryo, 2000).

Variabel perubahan asupan *allochthonous* yang dalam penelitian ini lebih ditekankan pada limbah industri, yang memungkinkan terjadinya perubahan pola alami komposisi makroinvertebrata sungai berdasarkan mekanisme "morpho-behavioral" dalam mengeksploitasi sumber makanan di sepanjang kontinum sungai. Sebagai pembanding, dilakukan studi pada wilayah hulu sungai (anak sungai Kali Janjing), yang meliputi bentang sungai dekat mata air (hulu sungai).

## 1.2. Batasan Masalah

Penelitian ini mengambil dua lokasi stasiun penelitian pokok, yaitu:

- (1) sungai bagian hulu, yaitu mengambil sungai Lak Sempur dan Kali Maron, yang merupakan anak sungai Kali Janjing. Pertimbangannya adalah sungai ini mempunyai mata air yang mudah dijangkau, lokasinya dekat PPLH (Pusat Pendidikan Lingkungan Hidup) Seloliman, Trawas, Mojokerto, dan pada bagian hilirnya mendapat pengaruh asupan *allochthonous* dari aktivitas pertanian dan pemukiman serta merupakan orde sungai 1 dan 2.
- (2) Sedangkan hilir sungai diwakili bagian Kali Brantas Hilir (wilayah Mojokerto) dan sepanjang Kali Surabaya, yang mendapat pengaruh asupan *allochthonous*,

utamanya dari aktivitas industri. Untuk selanjutnya, kedua bentang sungai tersebut disebut dengan kontinum sungai bagian hulu dan hilir.

- (3) Mintakat riparian pada penelitian ini merupakan mintakat tepi sungai, yang mempunyai vegetasi tepi yang mempunyai system perakaran pada substrat sungai. Vegetasi tepi jenis "floating vegetation" seperti eceng gondok tidak termasuk dalam criteria vegetasi riparian.

Analisis "morpho-behavioral" menggunakan acuan referensi ekologi (ecological references) yang disarikan oleh Cummins, Edmuds, dan Merritts *dalam* Merritts dan Cummins, 1978).

### 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diajukan masalah sebagai berikut.

- a. Bagaimanakah keanekaragaman makroinvertebrata riparian sungai pada wilayah hulu dan hilir ?
- b. Bagaimanakah komposisi makroinvertebrata riparian berdasarkan "morpho-behaviour" ?
- c. Bagaimanakah kualitas perairan sungai berdasarkan indeks biotic makroinvertebrata riparian ?

utamanya dari aktivitas industri. Untuk selanjutnya, kedua bentang sungai tersebut disebut dengan kontinum sungai bagian hulu dan hilir.

- (3) Mintakat riparian pada penelitian ini merupakan mintakat tepi sungai, yang mempunyai vegetasi tepi yang mempunyai system perakaran pada substrat sungai. Vegetasi tepi jenis "floating vegetation" seperti eceng gondok tidak termasuk dalam criteria vegetasi riparian.

Analisis "morpho-behavioral" menggunakan acuan referensi ekologi (ecological references) yang disarikan oleh Cummins, Edmuds, dan Merritts *dalam* Merritts dan Cummins, 1978).

### 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat diajukan masalah sebagai berikut.

- a. Bagaimanakah keanekaragaman makroinvertebrata riparian sungai pada wilayah hulu dan hilir ?
- b. Bagaimanakah komposisi makroinvertebrata riparian berdasarkan "morpho-behaviour" ?
- c. Bagaimanakah kualitas perairan sungai berdasarkan indeks biotic makroinvertebrata riparian ?

### 1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan

- (1) mendapatkan diversitas makro-invertebrata riparian sungai sesuai dengan kontinum sungai, baik pada sungai bagian hulu maupun sungai bagian hilir

- (2) bioekologi makro-invertebrata riparian sungai berdasarkan “morpho-behavioral”;
- (3) aplikasi dan adaptasi indeks biotik berdasarkan sampel makro-invertebrata yang didapat untuk menentukan kualitas air sungai.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini berangkat dari salah satu kendala dalam pengambilan sampel benthos makroinvertebrata yang harus mengambil sampel pada tepi kanan-kiri dan tengah sungai, yang pada prakteknya sering memanfaatkan jembatan atau perahu penyeberangan sebagai alternatif eliminasi kendala lapangan. Hal ini mengakibatkan pengambilan sampel tidak selalu tepat pada setiap lokasi atau industri yang sedang diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji komunitas mintakat riparian sebagai alternatif pengambilan sampel makroinvertebrata, yang hampir memungkinkan pengambilan sampel makroinvertebrata tepat pada setiap lokasi sampling. Selain itu penelitian ini mempunyai manfaat,

1. Mengetahui potensi mintakat riparian sebagai habitat yang dapat digunakan sebagai wilayah pengambilan sampel makroinvertebrata untuk pemantauan kualitas perairan sungai.
2. Mengetahui respon makroinvertebrata riparian dalam menanggapi perubahan asupan allochthonous.
3. menentukan kualitas perairan sungai berdasarkan keanekaragaman makroinvertebrata riparian sungai.

Hasil penelitian ini juga dapat dimanfaatkan bagi masyarakat luas antara lain,

1. pengambilan sampel makro-invertebrata relatif mudah, karena menggunakan alat yang sederhana (semacam sudu atau jaring). Sehingga memungkinkan dilakukan oleh kalangan masyarakat di luar akademisi,
2. aplikasi metode secara biologis relatif mudah, sehingga dapat dilakukan oleh masyarakat umum yang peduli terhadap kelestarian lingkungan sungai, dengan asistensi dari ahli identifikasi makro-invertebrata,
3. Partisipasi masyarakat terhadap penilaian kualitas air sungai dapat dimanfaatkan oleh Pemerintah Daerah sebagai mitra aktif dalam menangani masalah lingkungan, khususnya pemantauan kualitas air sungai. Dengan demikian, Pemerintah Daerah dapat memperoleh informasi kualitas air di luar stasiun yang telah ditentukan dan masyarakat secara aktif dapat memantau kualitas lingkungannya sendiri.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tinjauan Umum Sungai

Sungai merupakan ekosistem akuatik yang mengalir dari dataran tinggi ke dataran yang lebih rendah. Air tawar yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh manusia hanya sekitar 3 % saja, sedangkan sisanya sebesar 97% tersimpan dalam bentuk es, air payau dan laut (Bishop, 1983).

Odum (1993) membagi perairan tawar kedalam tiga peran berdasarkan statusnya, yaitu sebagai habitat, sebagai komponen kritis dalam daur hidrologi, dan sebagai ekosistem. Sebagai habitat, air tawar merupakan sumber air yang paling praktis dan murah untuk kepentingan domestik maupun industri. Komponen air tawar merupakan *bottle neck* atau daerah kritis pada daur hidrologi dan sebagai ekosistem, air tawar menawarkan sistem pembuangan yang memadai dan paling murah.

Sungai mempunyai beberapa definisi, antara lain sungai adalah tempat-tempat atau wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara yang pada bagian kanan dan kirinya di sepanjang pengalirannya dibatasi oleh garis sempadan (Anonim, 1994). Sedangkan menurut undang-undang persungai Jepang, sungai juga didefinisikan sebagai berikut (1) Suatu daerah yang di dalamnya terdapat air yang mengalir terus menerus, (2) Suatu daerah yang keadaan topografi, tumbuhan dan keadaan lainnya mirip dengan daerah yang di dalamnya terdapat air yang mengalir terus menerus. Tetapi tidak termasuk daerah yang hanya sementara saja terisi oleh air yang mengalir, yang disebabkan oleh banjir atau peristiwa alam lainnya (Tominaga dan Sosrodarsono,

1987). Dari dua definisi di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa sungai merupakan ekosistem akuatik yang mengalir terus, yang pada bagian kiri kanan di sepanjang pengalirannya dibatasi oleh garis sempadan yang ditumbuhi oleh vegetasi yang khas pada air mengalir.

Ekosistem air tawar secara umum digolongkan dalam dua kelompok besar, yaitu sebagai ekosistem air yang menggenang dan ekosistem air mengalir. Ekosistem air menggenang (*lentik*) misalnya danau, rawa, atau kolam. Sedangkan ekosistem air mengalir (*lotik*) contohnya adalah sungai. Bila dibandingkan antara ekosistem lotik dan lentik, yang paling membedakan kedua ekosistem tersebut ialah pada ekosistem lotik arus merupakan faktor pembatas dan faktor pengendali utama (Odum, 1993).

Adanya arus di sungai menjadi salah satu sebab sungai mempunyai daya lenting (*self purification*) yang tinggi. Aliran air menyebabkan sungai dengan cepat dapat memurnikan bahan-bahan pencemar yang masuk ke dalamnya (Soerjani, 1996). Namun, apabila tekanan lingkungan makin besar dan daya lenting terlampaui, *self purification* akan sulit dilakukan dan sungai mengalami pencemaran.

Kecepatan arus sungai dapat bervariasi di sepanjang sungai, tergantung pada kemiringan, kekasaran, kedalaman, dan lebar dasarnya (Welch, 1952; Odum, 1993). Berdasarkan perbedaan kecepatan arus, habitat lotik termasuk sungai dapat dibagi menjadi dua zona utama, yaitu (1) zona air tenang (*pool zone*) dan (2) zona air deras (*rapid zone*). Zona air tenang merupakan daerah dengan kecepatan arus lambat, materi lepas cenderung dapat mengendap dan dasarnya lunak sehingga cocok sebagai habitat nekton, neuston, dan plankton. Sedangkan zona air deras merupakan daerah dangkal dengan kecepatan arus tinggi, sehingga materi lepas tidak sempat mengendap dan

menyebabkan dasar sungai menjadi keras serta padat. Habitat ini cocok sebagai habitat hewan bentos atau organisme perititik yang dapat melekat atau berpegang erat pada substrat atau ikan yang kuat berenang (Odum, 1993).

## 2.2. Bio-ekologi Makroinvertebrata Sungai

Aspek penting dalam mempelajari ekologi sungai adalah mengkaji masalah jaring-jaring makanan ekosistem sungai. Sepanjang aliran, ekosistem sungai memperoleh asupan nutrisi dari sungai itu sendiri (*autochthonous*) dan dari luar sungai (*allochthonous*). *autochthonous* merupakan nutrisi yang berasal dari badan air sungai sendiri, misalnya alga, hidrofita, bangkai organisme air lainnya. Sedangkan *allochthonous* adalah asupan nutrisi yang berasal dari luar badan air sungai, berupa daun yang jatuh, ranting pohon, atau organisme terestrial yang jatuh ke dalam perairan sungai.

Bahan organik yang masuk ke dalam sungai akan diuraikan oleh organisme sungai. Dalam ekosistem sungai, ukuran bahan organik yang masuk ke dalam sungai memegang peranan penting. Daun-daun dan ranting yang jatuh ke dalam sungai disebut materi partikulat organik kasar (*coarse particulate organik matter*; CPOM), yaitu partikulat organik yang mempunyai diameter lebih besar dari 1mm. Bila materi organik yang jatuh berukuran kurang dari 1 mm, disebut materi partikulat organik halus (*Fine particulate Organik Matter*; FPOM). Sedangkan materi dari tanah, partikel, hasil ekskresi dari fauna sungai dikelompokkan dalam bahan organik terlarut (*Dissolved Organik Matter*; DOM).

Bahan organik *allochthonous* dan *autochthonous* di sungai dengan cepat akan diuraikan oleh bakteri dan fungi, yang hasil penguraiannya merupakan makanan utama bagi invertebrata sungai. Faktor *allochthonous* merupakan penyumbang terbesar nutrisi sungai.

Menurut Cummins (1974), dalam model rantai makanan yang berperan penting adalah CPOM, FPOM, DOM sebagai asupan "allochthonous"; dan konsumen jenis pencabik (*shredders*), kolektor (*collectors*), pengikis (*scrapers*); serta predator (*predators*). Dengan pengamatan yang sederhana, makro-invertebrata dapat dijumpai di bawah batu-batuan sungai jenis *caddisfly* dan *snail*, serta berbagai larva insekta dalam berbagai tahap perkembangan (Gambar 3.1).

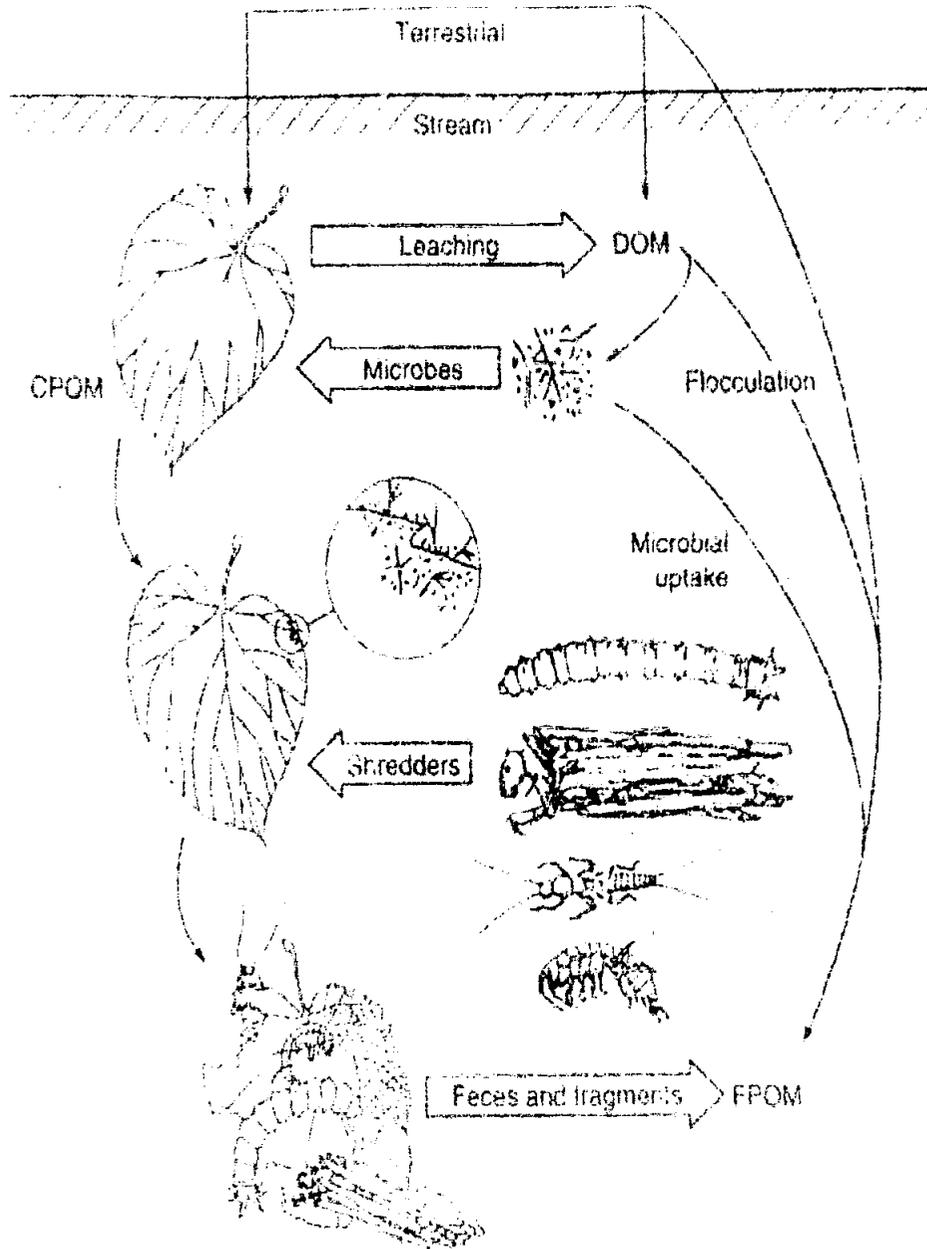
Organisme yang paling besar menyusun komunitas sungai adalah insekta dari ordo Tricoptera (*caddisflies*), Plecoptera (*stoneflies*), Ephemeroptera (*mayflies*); Odonata (*dragonflies*), cacing Oligochaeta, dan beberapa *snail* (moluska).

Bahan organik yang ada di perairan sungai akan didekomposisi oleh organisme yang ada di dalamnya. Dalam ekosistem sungai, ukuran bahan organik yang masuk ke dalam sungai memegang peranan penting. Daun-daun dan ranting yang jatuh ke dalam sungai disebut *Coarse particulate organik matter* (CPOM), yaitu partikel yang mempunyai diameter lebih besar dari 1mm. Bila materi organik yang jatuh berukuran kurang dari 1 mm, disebut *Fine particulate Organik Matter* (FPOM). Sedangkan materi dari tanah, partikel, hasil ekskresi dari fauna sungai dikelompokkan dalam bahan organik terlarut (*Dissolved Organik Matter*; DOM). Sebagian besar makro-invertebrata mendapat sedikit nutrisi dari CPOM, sampai kemudian FPOM mengalami modifikasi oleh mikroba DOM.

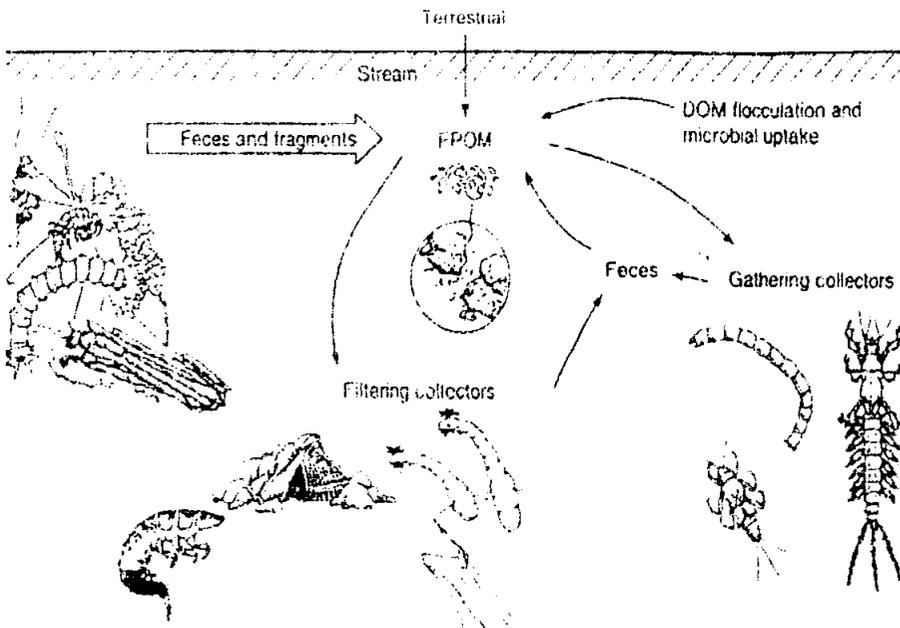
Bahan organik *allochthonous* dan *autochthonous* di sungai akan diuraikan cepat oleh mikroba air (bakteri dan jamur), hasilnya merupakan makanan utama untuk invertebrata yang tidak dapat mencerna selulosa dan lignin, yang merupakan komponen utama CPOM (gambar 2.1)



Bakteri dan jamur mempunyai enzim selulosa yang dapat menguraikan selulosa dan dinding selnya. Umumnya bakteri tidak dapat menguraikan polimer lignin yang merupakan komponen utama dalam jaringan. Seperti pada ekosistem terrestrial pada proses dekomposisi, lapisan bakteri dan jamur adalah bagian nutrisi dari detritus.



Gambar 2.1. Kaitan antara invertebrata pencabik (shredders) dan CPOM, jamur, dan bakteri (Allan, 1995)

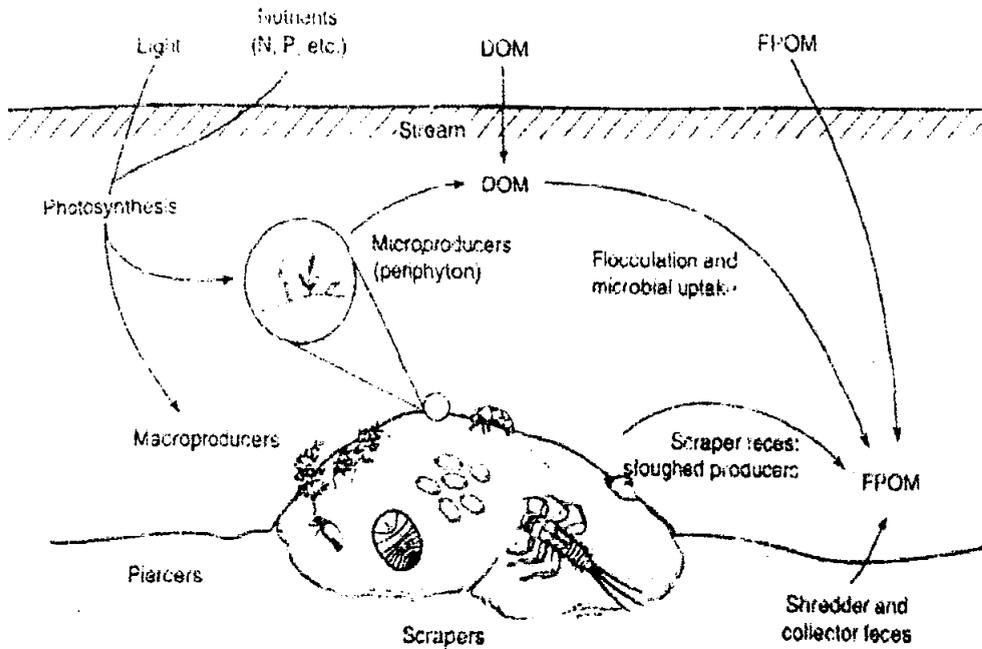


Gambar 2.2. Kaitan antara Kolektor-FPOM-bakteri pada sungai bagian hulu (Allan, 1995)

Detritus inilah yang menjadi sumber pakan bagi invertebrata. Partikel organik ini semakin lama ukurannya semakin kecil, karena proses pemakanan, penguraian oleh berbagai mikroba, yang akhirnya menjadi DOM. Jaringan makanan di sungai dapat digambarkan seperti pada gambar 2.2 (CPOM) dan 2.3 (DOM).

Makro-invertebrata dalam memakan nutrisi mempunyai mekanisme "morpho-behavioral", yaitu teknik pemangsaan nutrisi. Mekanisme *grazing* atau *scraping* mikroba dilakukan pada permukaan yang padat. *Shredding* pada CPOM, *collecting* atau *filtering* dilakukan pada FPOM yang hanyut, dan predasi yang dilakukan oleh predator terhadap mangsanya.

*Grazing* dilakukan untuk mengonsumsi alga, bakteri, fungi, atau rotifer, dapat dilakukan oleh *caddisflies* dan *mayflies*. *Grazing* dilakukan pada makanan langsung.

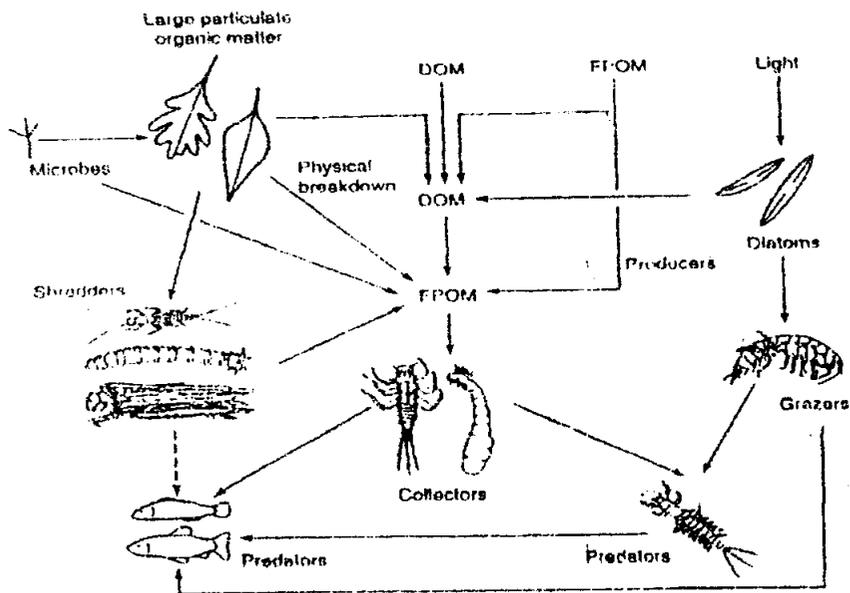


Gambar 2.3. Kaitan antara Perumput (*grazers*)-DOM pada sungai

*Shredding* dilakukan pada nutrisi yang berukuran besar, seperti daun dan ranting.

Beberapa stoneflies, amphipoda, dan crayfish memakan atau merobek seluruh daun dan mencernanya, beberapa tidak memakan atau sebagian tercerna atau dikeluarkan sebagai feses.

Kolektor atau *filterer* mengambil beberapa partikel tersuspensi dalam air. Mereka mengambil FPOM dari bakteri dan alga yang terlepas dari substratnya. Beberapa caddisflies mempunyai jala seperti duri yang panjang untuk menangkap FPOM dari air, sementara larva tetap bersembunyi. Cacing yang hidup meliang dan memakan deposit tergantung pada deposit FPOM.



Gambar 2.4. Jaringan makanan pada ekosistem lotik. Merupakan penyederhanaan Jaringan makanan sungai. Asupan energi berasal dari daun yang jatuh, jamur, Diatom, dan DOM, FPOM yang berasal dari luar dan hulu sungai

Invertebrata predator umumnya adalah stoneflies dan nimfa *dragonflies*, dan karnivora yang paling dominan adalah ikan. Jenis-jenis invertebrata ini mempunyai habitat yang berbeda, sesuai adaptasi yang dilakukan.

### 2.3. Konsep Kontinuum Sungai

Konsep Kontinuum Sungai (*River Continuum Concept*) diperkenalkan oleh Vannote *et al* (1980). Menurut konsep ini, sungai mulai dari hulu hingga hilir mempunyai karakter fisik yang berbeda, baik dalam ukuran diameter sungai, kedalaman, ataupun asupan *allochthonous* dan *autochthonous* di sepanjang aliran sungai. Faktor-faktor tersebut saling berkaitan sehingga membentuk ekosistem yang kompleks.

Konsep Kontinuum Sungai melakukan pendekatan berdasarkan *order* sungai, tipe bahan organik partikulat, dan tipe invertebrata benthik yang ditemukan. Konsep ini

menggambarkan adanya jaringan kerja dalam drainase basin sungai yang berubah secara kontinum karena kondisi fisik dan kaitannya dengan pengaturan komunitas hidupnya.

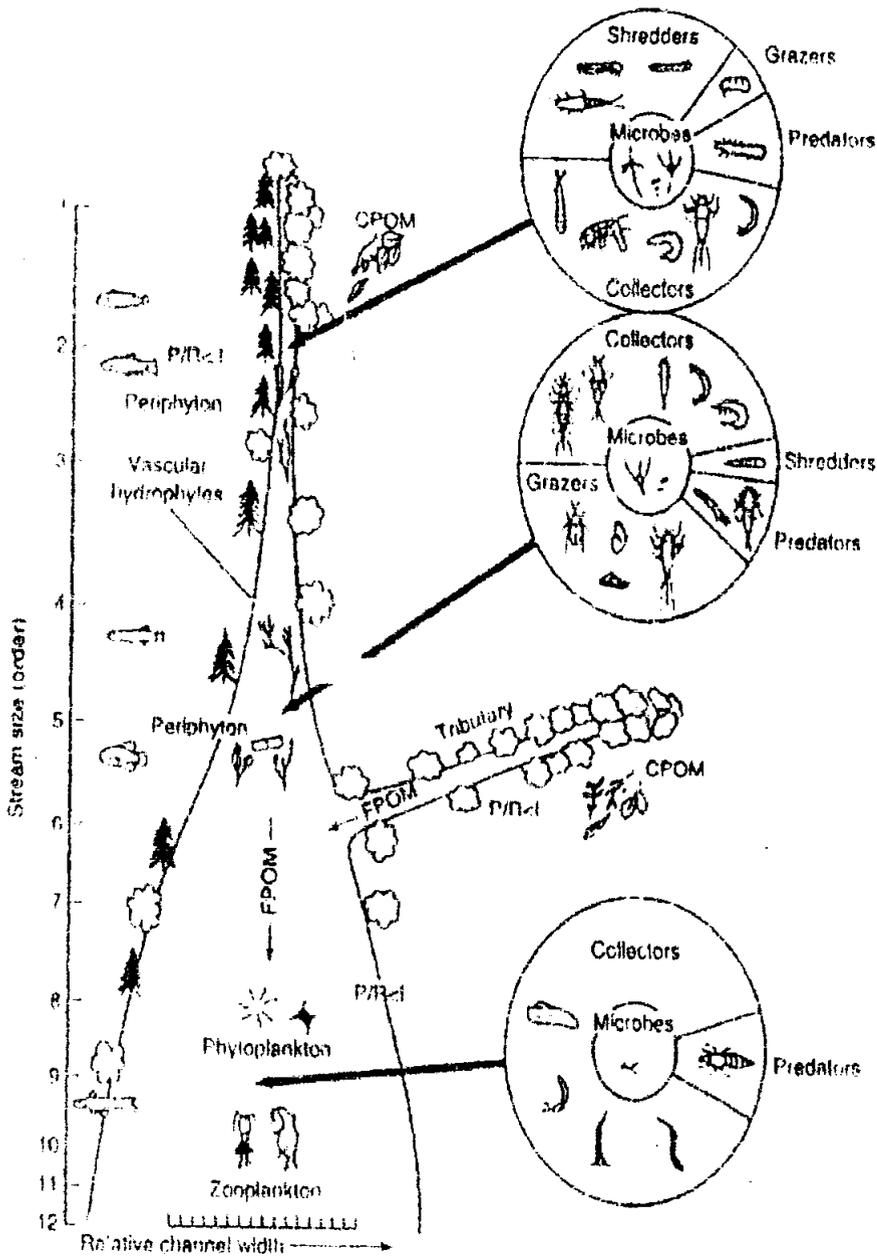
Konsep ini selanjutnya menyatakan bahwa struktur dan fungsi komunitas invertebrata benthik dari hulu hingga hilir sungai dikendalikan oleh perubahan allochthonous dan autochthonous bahan organik. Pengkategorian "morpho-behavioral" dalam Konsep Kontinum Sungai dikenal pula dengan nama functional feeding groups (FFGs), yaitu kolektor (*collectors*), perumput (*grazers*), pencabik (*shredders*), dan pemangsa (*predators*) (Vannote *et al.*, 1980; Wallace & Merritt, 1980; Wallace & Webster, 1996).

Kelompok kolektor disebut juga *gatherers* (Wallace & Webster, 1996) merupakan kelompok hewan yang makanan utamanya berupa deposit partikel organik halus (fine particulate organik matter/FPOM; diameter <1mm) di sungai. Kelompok kolektor merupakan bagian paling banyak pada seluruh bagian sungai. Anggota kelompok ini antara lain *Baetis* sp (Ephemeroptera), *Simulium* sp (Diptera), *Hydropsyche* (Trichoptera) dan seluruh Oligochaeta akuatik.

Kelompok perumput (*grazers*) merupakan herbivora pemakan tumbuhan air dan perifiton. Karena cara makannya secara mekanik mengikis (*scrape*), kelompok ini disebut juga *scrappers*, misalnya *Ecdyonurus* sp (Ephemeroptera), *Baetis* sp (Ephemeroptera), Gastropoda, *Elmis* sp dan *Latelmis* sp (Coleoptera).

Kelompok pencabik adalah detritivor pemakan partikel organik kasar (*coarse particulate organik matter/CPOM*). Menurut Meyer & O'Hops (1983 dalam Wallace & Webster 1996), kelompok ini mempunyai peran besar dalam meningkatkan perubahan materi organik dari bentuk CPOM menjadi FPOM dan materi organik terlarut (*Dissolved*

organik matter/DOM). Kelompok pencabik ini misalnya *Tipula* sp (Diptera) dan *Nemoura* sp (Plecoptera), sedangkan pemangsa (predators) merupakan hewan pemakan makroinvertebrata lain, misalnya *Tanypodidae* (Diptera), *Perla* (Plecoptera), Hirudinae, dan kelompok ikan (Allan, 1995; Bay 1974).



Gambar 2.5. Konsep Kontinum Sungai (Vannote et al., 1980)

Pada sungai alami keberadaan kelompok pencabik, kolektor, perumput, penyaring, dan pemangsa mempunyai komposisi kelimpahan yang tertentu. Sungai bagian hulu (orde sungai 1-3) terutama dihuni oleh kelompok makroinvertebrata kolektor, kemudian berturut-turut diikuti oleh pencabik, pemangsa, dan perumput. Sungai bagian tengah (orde sungai 4-6) berturut-turut dihuni oleh kolektor, perumput, predator, kemudian pencabik, sedangkan sungai bagian hilir (orde sungai 7-12) didominasi oleh kelompok kolektor dan pemangsa (Cummins, 1979 dalam Wards 1992; Allan, 1995).

Sungai makin ke hilir semakin lebar, maka asupan FPOM dan CPOM menurun. Namun *autochtonous* yang berasal dari produksi primer oleh alga dan makrofit akan memberikan CPOM yang mencukupi bagi perumput. Secara diagramatis, Vannote et al. (1980) memvisualisasikan seperti dalam gambar 3.6.

#### 4. Indeks Biotik

Adanya pencemar yang dibuang ke dalam sungai dapat mengubah komposisi bahan organik dan selanjutnya berpengaruh terhadap keanekaragaman dan kelimpahan kelompok pencabik, kolektor, perumput, penyaring dan pemangsa pada orde sungai tersebut.

Perkembangan industri saat ini, utamanya industri-industri yang menghasilkan limbah dengan padatan terlarut tinggi, seperti industri pulp dan kertas, dapat mengakibatkan perubahan pola urutan invertebrata pada kontinum sungai. Bila keberadaan industrinya di wilayah Gresik atau Surabaya yang merupakan bagian hilir sungai memungkinkan munculnya pola yang menarik. Hal ini disebabkan secara alamiah kelimpahannya CPOM (dalam hal ini limbah padatan terlarut organik) sebenarnya lazim

dapat di bagian hulu sungai, bukan di bagian hilir, yang mana akhirnya ini menjadikan  
perubahan komunitas invertebrata yang menarik dalam ekosistem sungai.

Kemungkinan terjadinya perubahan komunitas sungai ini, dapat dikaitkan dengan  
konsep sistem saprobik (Kolkwitz & Marsson, 1902 dalam Persoone & De Pauw 1979),  
yang menyatakan bahwa setiap mintakat pengkayaan organik akan dicirikan oleh  
tumbuhan dan hewan yang spesifik. Berdasarkan pendekatan ini, buangan limbah ke  
dalam sistem perairan sungai akan membentuk kondisi dan komunitas akuatik yang  
berbeda-beda di sepanjang sungai. Biota yang tidak toleran akan berkurang atau  
menghilang, digantikan oleh biota yang adaptif terhadap kondisi yang baru.

Perubahan komposisi komunitas secara langsung akan mempengaruhi aliran  
energi pada komunitas tersebut, khususnya pada jaring-jaring makanan. Dengan  
perubahan yang terjadi pada jaring makanan komunitas akuatik di mintakat benthik dan  
perairan ini, maka perubahan tersebut dapat dianggap sebagai tanggapan komunitas  
akuatik terhadap perubahan pengkayaan bahan organik atau pencemaran yang terjadi.

Komunitas benthos makroinvertebrata sungai mempunyai respon yang khas  
terhadap perubahan kualitas air dan kualitas ekologi badan air. Menurut Rosenberg &  
Cush (1993), hal ini terjadi karena

1. Sifat hidupnya yang relatif menetap atau tidak berpindah-pindah.
2. Masa hidupnya yang relatif lama, mulai dari beberapa bulan hingga dua tahun,  
sehingga keberadaannya dapat 'merekam' kualitas lingkungan sekitarnya.
3. Komunitasnya terdiri berbagai spesies yang dapat memberi tanggapan berbeda  
terhadap kualitas air.

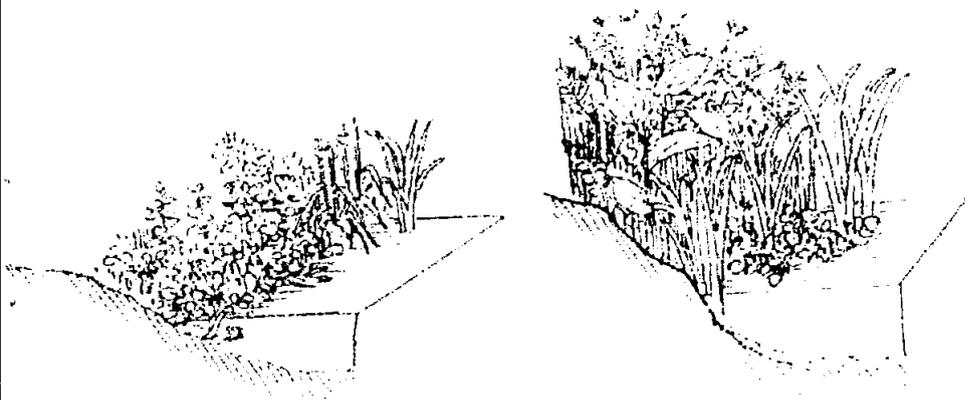
4. Menghuni habitat akuatik dalam spektrum luas dengan berbagai kondisi kualitas air.

Teknik pemantauan menggunakan makroinvertebrata sebenarnya telah dimulai oleh Olenati (1848) dan Cohn (1853) (*dalam* Persoone & De Pauw, 1979) yang menyatakan bahwa organisme tertentu memperlihatkan korelasi tertentu terhadap kualitas dan tingkat pencemaran air. Kemudian teknik ini mengalami perkembangan yang pesat, terutama 40 tahun terakhir. Diperkirakan telah ditemukan 100 sistem indeks. Indeks-indeks tersebut terbagi 60% berupa indeks biotik, 30% indeks diversitas, dan 10% indeks saprobik. Pendekatan saprobik menggunakan seluruh makroinvertebrata untuk menentukan tingkat pencemaran organik. Pendekatan diversitas menggunakan kelimpahan spesies atau taksa untuk menentukan pengaruh kegiatan manusia terhadap kualitas air. Sedangkan pendekatan biotik menggunakan diversitas yang didasarkan atas kelompok-kelompok tertentu yang memiliki tingkat kepekaan tertentu terhadap kualitas air.

### 3.3. Mintakat Riparian

Riparian berasal dari bahasa latin riparius, yang berarti komunitas biotik pada pantai sungai dan danau (Naiman & Decamps, 1997). Batasan mintakat riparian menurut Minshall et al., (1989 *dalam* Mitsch & Gosselink, 1993) adalah Mintakat riparian adalah suatu daratan yang ditumbuhi oleh hidrofita dan atau dengan kondisi air tanah yang jenuh pada kedalaman perakaran potensial (*land inclusive of hydrophytes and/or with soil that is saturated by ground water for at least part of the growing season within the rooting depth of potential native vegetation*), yang digambarkan seperti tampak pada gambar 3.6.

Pada penelitian ini, yang dimaksud dengan riparian hanya sebagian dari habitat riparian, yaitu pada bagian tepi sungai (river bank) yang ditumbuhi oleh makrofit air yang berakar pada tepi sungai. Makrofit seperti eceng gondok yang mempunyai tidak berakar di tepi sungai, tidak dimasukkan dalam kajian. Lebih jelasnya seperti pada gambar 2.2.

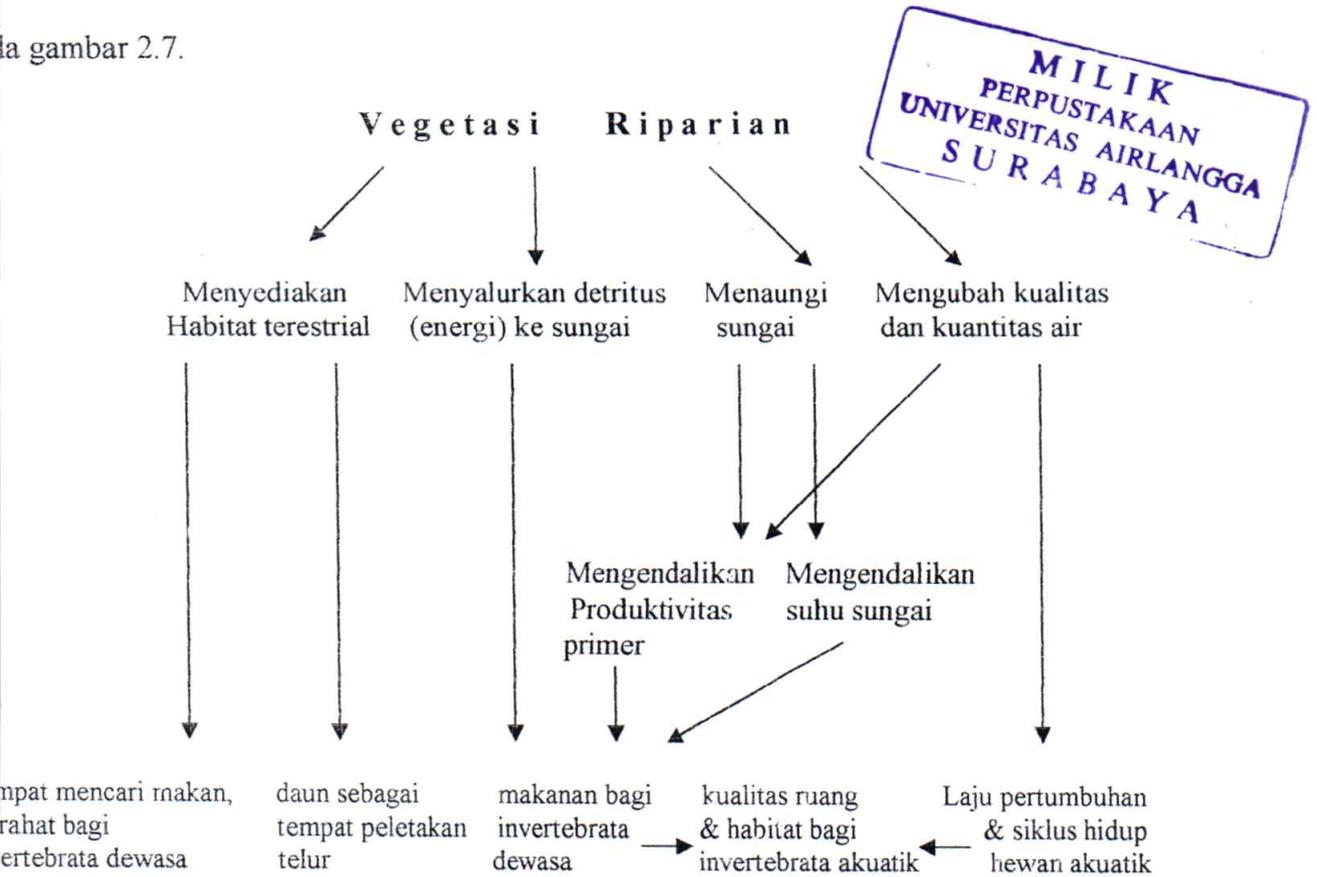


Gambar 2.6. Mintakat Riparian yang Menjadi Kajian Penelitian

Mintakat riparian, khususnya pada komunitas herba yang menutupinya, mempunyai fungsi sangat penting bagi ekosistem sungai. Fungsi tersebut antara lain adalah (Mitsch & Gosselink, 1993; Li, 2000; Anonim, 2000<sup>o</sup>) :

- (1) menyediakan habitat bagi organisme akuatik dan terestrial, yaitu dengan menyediakan nutrisi utama, tempat istirahat, berbiak, dan berburu bagi invertebrata hingga predator puncak (ikan);
- (2) Membentuk naungan, melindungi biota dari radiasi matahari langsung, dan membantu meregulasi fungsi ekologi dari sistem riparian dan akuatik; dan
- (3) Meningkatkan dan melindungi kualitas air dengan cara menyaring air larian ("run off"), dan menyerap nutrisi organik dan anorganik sebelum masuk ke sungai.

angkaian yang menjadikan habitat riparian mempunyai banyak fungsi dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Hubungan vegetasi riparian dan komunitas invertebrata (Knight & Bottorf, 1984 dalam Mitsch & Gosselink, 1993)

Kompleksnya hubungan pada ekosistem ini, menyebabkan riparian umumnya mempunyai diversitas hewan dan tumbuhan yang tinggi dibandingkan habitat tepi sungai tanpa makrofit. Menurut Haslam (1990) Komunitas yang mempunyai kompleksitas jaring makanan yang tinggi mempunyai respon yang kuat terhadap perubahan lingkungan akibat pencemaran. Berdasarkan pernyataan tersebut, maka habitat riparian mempunyai kemampuan dalam merespon perubahan lingkungan yang terjadi akibat terjadinya pencemaran.

Respon perubahan lingkungan tersebut terjadi pada jaring makanan komunitas riparian. Organisme yang tidak tahan terhadap perubahan lingkungan akibat terbatasnya toleransi, pada tingkat tertentu akan tereliminasi. Sebaliknya, dengan adanya perubahan lingkungan tersebut akan dimanfaatkan oleh organisme yang mampu maka perubahan tersebut dapat dianggap sebagai tanggapan komunitas akuatik terhadap pengkayaan bahan organik atau pencemaran yang terjadi.

### **Parameter Fisika-kimia Utama Sungai**

Ekosistem sungai dipengaruhi oleh banyak faktor lingkungan. Faktor tersebut dapat berupa arus, kandungan oksigen terlarut (dissolved oxygen; DO), temperatur air, pH air. Faktor-faktor ini tidak berdiri sendiri, tetapi berinteraksi dan saling memberi pengaruh antar faktor. Misalnya elevasi dasar sungai, lebar sungai, dan bentuk substrat akan mempengaruhi utama tersebut. Berikut merupakan parameter fisika-kimia air yang utama.

#### **1. Arus.**

Kecepatan arus di sungai sangat bervariasi di sepanjang alur sungai. Faktor yang mempengaruhi kecepatan arus sungai antara lain kemiringan elevasi dasar sungai, kekasaran substrat, kedalaman dan lebar dasarnya (Welch, 1952; Odum, 1993).

Berdasarkan kecepatan arus, sungai dapat dibagi menjadi dua, yaitu mintakat air tenang (pool zone) dan mintakat air deras (rapid zone). Mintakat air tenang merupakan mintakat sungai yang mempunyai arus rendah, yang memungkinkan materi lepas dalam air mampu mengendap dan mempunyai dasar yang lunak. Dengan karakteristik mintakat seperti ini cocok sebagai habitat nekton, neuston, dan plankton.

Mintakat air deras biasanya mempunyai kedalaman air yang rendah (dangkal), mempunyai kecepatan arus yang tinggi, sehingga materi lepas yang ada di perairan tidak sempat mengendap dan keadaan substrat cenderung keras dan padat. Karakteristik semacam ini cocok sebagai habitat zoobenthos atau pwrititik yang dapat melekat pada substrat (Odum, 1993).

Menurut Macon, (1974 *dalam* Welch, 1997) mengklasifikasikan sungai lebih spesifik lagi berdasarkan kecepatan arus sebagai berikut:

1. *Very swift* : jika kecepatan arusnya lebih besar dari 100cm/detik.
2. *Swift* : jika kecepatan arusnya antara 50-100 cm/detik.
3. *Moderate* : jika kecepatan arusnya antara 25-50 cm/detik.
4. *Slight* : jika kecepatan arusnya antara 10-25 cm/detik.
5. *Very slight* : jika kecepatan arusnya lebih kecil dari 10 cm/detik.

Kecepatan air mempunyai nilai kritis pada kecepatan air berkisar 50 cm/detik. Di atas kecepatan tersebut menyebabkan dasar sungai cenderung berbatu. Sebaliknya di bawah kecepatan tersebut, substrat cenderung berlumpur, kadar oksigen rendah, air cenderung lebih hangat (McNaughton dan Wolf, 1990).

## 2. Suhu Air

Suhu merupakan faktor yang amat mempengaruhi kehidupan organisme. Perubahan suhu air dapat meningkatkan atau menurunkan kemampuan fisiologis, memicu terjadinya reproduksi, perkembangan, dan dapat pula mengakibatkan kematian organisme perairan.

Suhu air sungai tidak hanya dipengaruhi intensitas sinar matahari, sebagai sumber panas di bumi ini, tetapi juga oleh faktor lain, utamanya arus. Adanya arus di sungai menyebabkan air permukaan yang terdedah sinar matahari dan mengalami peningkatan suhu segera tercampur dengan suhu air yang ada dibawahnya. Oleh sebab itu, dibandingkan ekosistem air lentik, pada air sungai tidak dijumpai adanya stratifikasi suhu dan suhu air sungai cenderung mengikuti suhu udara (Odum, 1993; Welch, 1952).

Suhu air yang cenderung seragam ini mempunyai implikasi ekologis, yaitu organisme sungai cenderung rentan terhadap perubahan suhu dengan kisaran luas dan mendadak. Dengan demikian, masuknya limbah panas (bahang) ke dalam sungai mempunyai potensi besar untuk mampu mengakibatkan kematian massal organisme sungai.

### 3. Kadar Oksigen terlarut

Sumber oksigen terlarut dalam air adalah berasal langsung dari atmosfer dan dari hasil fotosintesis tumbuhan air. Oksigen yang berasal dari atmosfer dapat diserap langsung melalui dua cara, yaitu (1) difusi langsung pada permukaan air, (2) melalui agitasi antara permukaan air dengan atmosfer. Gerakan agitasi ini dapat berupa gerakan arus/ gelombang, air terjun, dan turbulen air saat mengenai batuan yang menghalanginya (Welch, 1952).

Kehidupan organisme perairan dapat berjalan normal pada kandungan oksigen terlarut minimal 5 ppm. Nilai oksigen terlarut di bawah 5 ppm dapat mengakibatkan penurunan kualitas air sebagai habitat organisme.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Pengambilan sampel dilakukan pada mintakat riparian di dua sungai, yaitu sungai Kali Janjing, Mojokerto dan bagian hilir Kali Brantas (bentang Kali Brantas di wilayah Mojokerto dan Kali Surabaya). Sampel makroinvertebrata yang diperoleh dari lapangan kemudian disortir dan diidentifikasi di Laboratorium Biologi Lingkungan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Alam Universitas Airlangga, mulai Agustus sampai Nopember 2003.

#### **3.2 Bahan dan Alat Penelitian**

Bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain Alkohol 80%, Kick-net, Botol vial, Nampan (ukuran  $20 \times 30 \times 2,5 \text{ cm}^3$ ), Sprayer, Mikroskop binokuler, Kamera, Jarum sonde, Cawan petri, Pipet tetes.

#### **3.3 Pengambilan dan Identifikasi Sampel Makroinvertebrata**

Pengambilan sampel makroinvertebrata pada habitat riparian dilakukan menggunakan Kick-net. Habitat riparian yang digunakan untuk sampling mempunyai kriteria (1) tidak terjal, sehingga mudah dilakukan dan aman saat pengambilan sampel, (2) mempunyai makrofita yang berhubungan langsung dengan permukaan air sungai. Kriteria ini penting agar pada stasiun penelitian tersebut dapat dilakukan sampling dan sampel yang telah diperoleh merupakan

makro-invertebrata yang berinteraksi dengan kualitas air tempat makro-invertebrata hidup.

Makroinvertebrata riparian diambil pada habitat riparian sepanjang  $\pm 10$  meter. Sampel yang diperoleh dimasukkan ke dalam kontainer plastik (diameter 15 cm dan tinggi 10 cm) dan diawetkan dengan alkohol 80%. Selanjutnya sampel makro-invertebrata diidentifikasi di Laboratorium Biologi Lingkungan, Universitas Airlangga, Surabaya. Sampel yang didapat kemudian disortir untuk dipisahkan dan dibersihkan dari kotoran ukuran besar, seperti sampah atau seresah yang terikut sampling. Hasil tersebut kemudian diawetkan lagi dengan alkohol 80%, dan selanjutnya diidentifikasi dengan menggunakan mikroskop binokuler.

Sampel makro-invertebrata yang akan diamati diletakkan dalam cawan petri dan diletakkan pada meja obyek mikroskop binokuler dengan perbesaran 10x. Setiap sampel yang sejenis atau dalam taksa yang sama hasil identifikasi, dihitung, selanjutnya dimasukkan dalam botol vial tersendiri, untuk memudahkan penghitungan jumlah maupun kelimpahannya.

Buku panduan yang digunakan untuk identifikasi sampel makro-invertebrata adalah sebagai berikut.

1. *Prelinary Key to Malacostraca Families (Crustacea) Found in Australian Inland Waters* (Horwitz, 1995)
2. *A Guide to Freshwater Invertebrate Animals* (Macan, 1959)
3. *Monitoring River Initiative Taxonomic Workshop handbook* (Hawking, 1995)
4. *Invertebrae of Stream* (Quigley, 1977)
5. *A Key to Nymphs of British Ephemeroptera* (Macan, 1979)
6. *A Key to Adults ang Nymphs of British Stoneflies (Plecoptera)* (Hynes, 1977)
7. *The Immature Insect* (Cho, 1946-1947)
8. *Caseless Caddies Larvae of British Isles* (Edington and Hildrew, 1981)

9. *Colour Guide to Invertebrates of Australian Island Waters* (Hawking and Smith, 1977)
10. *Aquatic Life in freshwater Ponds* (Ingram, et al., 1977)
11. *Siput dan Kerang Indonesia – Indonesian Shell* (Dharma, 1988)
12. *Siput dan Kerang Indonesia – Indonesian Shell II* (Dharma, 1992)
13. *The Fresh-water Crabs of Peninsular Malaysia and Singapore* (Peter, 1988)
14. *Revision of Fresh-water Gastropoda* (Jutting, 1956)
15. *Fresh-water Invertebrates in USA, 3rd ed, Protozoa to Mollusca* (Pennak, 1989)
16. *A Guide to the Study of Fresh-water Biology* (Needham and Needham, 1962)
17. *Tropical Fresh-water Ecology* (Miles, 1970)
18. *The Ecology of Sulawesi* (Whitten, et al., 1987)
19. *Kunci Determinasi Serangga* (Terjemahan Subyanto dan Sulthoni, 1991)
20. *An Introduction to The Aquatic Insect of North America* (Merritt and Cummins, 1978).

Setelah semua spesimen teridentifikasi, kemudian difoto untuk digunakan dalam penyajian data dan bahan pembahasan.

### **3.4 Prosedur Pengukuran Parameter Fisika-Kimia Air**

#### **3.4.1 Suhu air**

Untuk mengukur suhu air digunakan thermometer alkohol (°C). Cara pengukurannya dilakukan dengan cara mencelupkan thermometer alkohol ke dalam air sungai selama 5 menit, kemudian diangkat, dan secepatnya dibaca derajat hasil pengukurannya.

#### **3.4.2 pH air**

Untuk mengukur derajat keasaman atau pH digunakan pH meter. Cara pengukurannya adalah dengan cara mencelupkan elektroda pH meter ke dalam sampel air, dan angka yang tertera dicatat.

### 3.4.3 Pengukuran kandungan oksigen terlarut (DO)

Untuk mengukur Kandungan Oksigen terlarut (DO) dengan menggunakan alat DO meter. Air sungai dimasukkan ke dalam botol bermulut lebar dengan hati-hati sehingga tidak ada gelembung udara yang masuk ke dalam botol. kemudian dikocok hingga air tersebut jenuh, Selanjutnya elektroda dimasukkan ke dalam botol sampel. Angka hasil pengukuran kemudian dicatat.

## 3.5 Analisis Data

### 3.5.1 Penghitungan indeks diversitas

Indeks diversitas makro-invertebrata riparian pada sungai Kali Janjing, dihitung dengan menggunakan Indeks Diversitas Shannon-Weaver (Odum, 1993), yaitu

$$d = -\sum \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

keterangan :

D : Indeks diversitas

$n_i$  : Jumlah individu masing-masing spesies

N : Jumlah total individu semua spesies

Nilai indeks yang didapatkan, akan digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran menurut Lee, Wang, dan Kuo, 1978 dalam Soegianto, 1989 sebagai berikut :

1. Tidak tercemar, apabila indeks diversitas lebih besar dari 2,0
2. Tercemar ringan, apabila indeks diversitas antara 1,6 – 2,0
3. Tercemar sedang apabila indeks diversitas antara 1,0 – 1,5

4. Tercemar berat apabila indeks diversitas lebih kecil dari 1,0

### 3.5.2 Analisis komunitas dan analisis habitat

Tingkat kesamaan komunitas antar dua stasiun penelitian, hewan makro-invertebrata dianalisis dengan menggunakan Indeks Jaccard, yaitu :

$$CC_j = \frac{c}{(s_1 + s_2) - c} \times 100\%$$

Keterangan :

CC<sub>j</sub> : Indeks Jaccard

S<sub>1</sub> : frekuensi ditemukan spesies 1

S<sub>2</sub> : frekuensi ditemukan spesies 2

C : frekuensi ditemukan spesies 1 dan spesies 2 bersama-sama

Untuk menganalisis habitat, data faktor fisiko-kimia dianalisis dengan menggunakan indeks Canberra, yaitu :

$$Sc = \left\{ 1 - \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_{i1} - y_{i2}}{y_{i1} + y_{i2}} \right| \right\} \times 100\%$$

Keterangan :

Sc : indeks Canberra

n : jumlah parameter

y<sub>i1</sub> : parameter 1 stasiun 1

y<sub>i2</sub> : parameter 1 stasiun 2

Selanjutnya tingkat kesamaan antar komunitas dan tingkat kemiripan antar habitat masing-masing dikelompokkan dalam Dendogram dengan teknik "group average clustering methods".

### 3.5.3. Analisis Lambung (“Gut Content Analysis”)

Penelusuran jaring makanan pada makroinvertebrata menggunakan teknik analisis lambung. Sampel makroinvertebrata diambil saluran makanannya untuk dilakukan analisis lambung (Effendi, 1979; Anonim, 2001<sup>c</sup>). Hasil analisis diharapkan dapat menunjukkan kelompok “morpho-behavioral mechanism”.

### 3.5.4. Analisis Status Kualitas Air Secara Biologi

Pendekatan analisis kualitas air secara biologis menggunakan dua pendekatan, yaitu pendekatan struktur komunitas dan pendekatan indeks biotik. Pendekatan struktur komunitas menggunakan indeks diversitas, yaitu Indeks Shannon-Wiener. Sedangkan indeks biotik yang baku di Indonesia belum ada, oleh sebab itu pada penelitian akan mengadopsi dua (2) indeks biotik yaitu BMWP-aspt dan TBI

Hasil perhitungan indeks-indeks biotik menjadi kajian apakah indeks-indeks tersebut dapat digunakan untuk analisis standar kualitas air sungai dan menjadi salah satu rekomendasi penggunaan indeks biotik untuk analisis kualitas air sungai-sungai lainnya di Indonesia dengan karakteristik lingkungan yang sama.

Kendala terdapatnya taksa makroinvertebrata lokal yang dijumpai tetapi tidak tercantum dalam indeks biotik akan menjadi kajian modifikasi indeks biotik. Modifikasi indeks biotik tersebut berdasarkan hasil analisis lambung.

## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1. Faktor fisikokimia Lingkungan

Faktor fisikokimia yang diteliti adalah pH air, suhu air, oksigen terlarut (DO), dan kebutuhan oksigen biologis (BOD). Parameter lingkungan ini merupakan bagian dari parameter standar yang sering dilakukan pada penelitian lapangan.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai parameter lingkungan mempunyai kemiripan yang tinggi. Hal ini tampak pada tabel analisis tingkat kesamaan habitat menggunakan indeks Canberra. Selengkapnya ditampilkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.1. Analisis kesamaan habitat  
(a) Kali Janjing dan (b) Kali Surabaya

	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Stasiun 5
Stasiun 1		99,7	97,8	97,7	96,5
Stasiun 2			98,0	98,0	96,8
Stasiun 3				100	99,0
Stasiun 4					98,9
Stasiun 5					

(a)

	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Stasiun 5
Stasiun 1		97,37	97,94	92,96	90,71
Stasiun 2			97,23	97,95	93,45
Stasiun 3				99,22	94,78
Stasiun 4					94,02
Stasiun 5					

(b)

Tingkat kesamaan habitat minimal 90% dapat dianggap habitat tersebut tidak berbeda secara signifikan. Artinya kisaran nilai kesamaan di atas 90% maka habitat tersebut dianggap sama. Dengan demikian, baik pada habitat atau faktor lingkungan di Kali Janjing ataupun di Kali Surabaya dianggap tidak berbeda di semua stasiun.

## 2. Keanekaragaman Makroinvertebrata

Hasil identifikasi sampel makroinvertebrata riparian yang dikoleksi dari Kali Janjing dan Kali Surabaya ditemukan ada tiga kelas, delapan, dan 17 familia. Dari tiga kelas tersebut, kelas Insecta merupakan kelompok yang dominan dengan 8 ordo, yaitu Arthropoda (1 famili), Coleoptera (1 famili), Diptera (1 famili), Ephemeroptera (1 famili), Hemiptera (2 famili), Plecoptera (1 famili), Trichoptera (1 famili) dan Odonata (4 famili), sedangkan kelas lain yang berhasil ditemukan yaitu Decapoda (3 famili) dan Gastropoda (2 famili).

Dari dua kelompok stasiun, yaitu sungai bagian hulu (orde 1 dan 2) yaitu Kali Janjing dan sungai bagian hilir dalam hal ini Kali Surabaya menunjukkan fenomena kelimpahan individu pada taksa famili yang berbeda. Pada Kali Janjing kelimpahan individu terbesar terdapat pada familia Baetidae sebanyak 14 individu pada satu stasiun. Sedangkan kelimpahan jumlah individu pada tiap stasiun tertinggi terdapat pada stasiun V.

Kelimpahan individu terbesar yang terdapat pada stasiun V dimungkinkan karena tiga aspek. Pertama letak stasiun V merupakan stasiun terjauh dari hulu atau mata air Kali Janjing. Aspek kedua stasiun V merupakan sungai dengan orde 2, dan aspek ketiga adalah ukuran diameter sungai yang lebih besar.

Ketiga aspek tersebut memungkinkan menjadi faktor utama mengapa stasiun V mempunyai kelimpahan individu terbesar. Kombinasi aspek pertama, kedua, dan ketiga memungkinkan stasiun V mendapatkan allochthonous paling banyak dibandingkan keempat stasiun lainnya yang ada di bagian hulu sungai.

Tabel 4.2. Keanekaragaman makroinvertebrata riparian pada anak sungai hulu Kali Janjing Mojokerto

Ordo/Famili	Stasiun Kali Janjing					Total	Rerata
	I	II	III	IV	V		
<b>Ordo Decapoda</b>							
Famili Atyidae	0	1	3	5	1	10	2
Famili Paratelphusidae	2	1	1	0	5	9	2
Famili Hymenosomatidae	0	0	3	3	3	9	2
<b>Ordo Isopoda</b>							
Famili Cirolanidae	4	3	0	1	1	9	2
<b>Ordo Coleoptera</b>							
Famili Elmidae	0	1	2	0	1	4	1
<b>Ordo Diptera</b>							
Famili Tipulidae	1	0	1	0	0	4	1
<b>Ordo Ephemeroptera</b>							
Famili Baetidae	10	4	22	9	26	71	14
<b>Ordo Hemiptera</b>							
Famili Veliidae	2	1	0	2	2	7	1
Famili Gerridae	2	2	0	1	1	6	1
<b>Ordo Plecoptera</b>							
Famili Perlidae	2	3	5	3	2	15	3
<b>Ordo Trichoptera</b>							
Famili Hydropsychidae	11	4	12	3	13	43	9
<b>Ordo Pulmonata</b>							
Famili Lymnaeidae	1	0	1	0	5	7	1
<b>Ordo Odonata</b>							
Famili Aesnidae	1	2	1	0	0	4	1
Famili Libellulidae	1	2	0	0	0	3	1
Famili Coenagrionidae	3	4	6	5	6	24	5
Famili Corduliidae	2	1	0	0	0	3	1
<b>Ordo Gastropoda</b>							
Famili Viviparidae	2	0	0	0	0	2	0
Famili Thiaridae	10	13	16	10	34	83	17
<b>Jumlah individu</b>	<b>54</b>	<b>42</b>	<b>73</b>	<b>42</b>	<b>100</b>	<b>311</b>	
<b>Jumlah taksa</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	

Menurut Vannote et al., (1980) sungai bagian hulu dibagian hutan atau bagian sungai tepi kanan dan kirinya masih mempunyai kanopi yang tebal menyumbangkan

lochthonous berukuran besar. Misalnya daun, dahan, dan ranting yang jatuh ke sungai. Di dalam sungai nutrien yang berukuran besar tersebut akan diuraikan, dipecah-pecah oleh organisme yang ada di sungai menjadi menjadi partikel berukuran yang lebih kecil. Nutrien yang berukuran lebih kecil ini akan diuraikan oleh organisme lain yang memang terspesialisasi pada ukuran tertentu.

Adanya peruraian tersebut dan asupan dari sepanjang badan air memberikan dukungan (daya dukung lingkungan) yang lebih besar pada biota yang terdapat pada bagian sungai lebih hilir. Hal ini secara akumulatif mendukung kelimpahan individu yang makin besar pada mintakat ripariannya. Lebih lengkapnya datanya ditampilkan pada tabel 4.1.

Kelimpahan makroinvertebrata riparian di Kali Surabaya memberikan fenomena yang berbeda, seperti pada tabel 4.2. Tampak bahwa kelimpahan familia di Kali Surabaya dibandingkan dengan Kali Janjing lebih rendah. Jika Kali Janjing mempunyai kelimpahan famili sebanyak 17, di Kali Surabaya hanya terdapat 14 familia. Ada tiga famili yang terdapat di Kali Janjing tetapi tidak terdapat di Kali Surabaya, yaitu famili Gerridae, Libellulidae, dan Viviparidae. Famili Gerridae merupakan famili indikator untuk perairan sungai yang tidak tercemar.

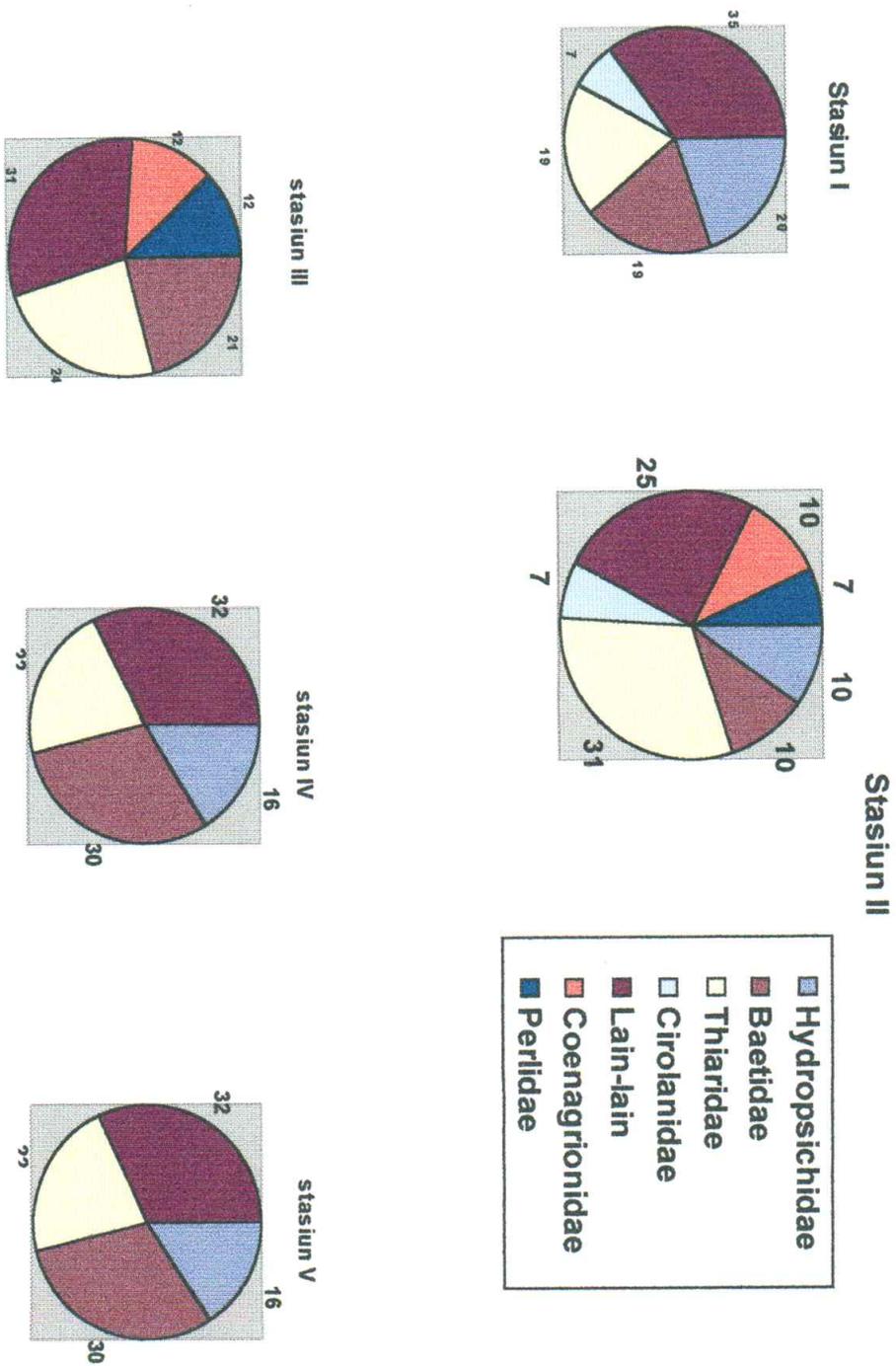
Ketidakberadaan famili tersebut memang beralasan, karena berdasarkan hasil analisis indeks keanekaragaman stasiun-stasiun di Kali Surabaya berada pada kategori yang berbeda. Perairan Kali Janjing berada pada kategori yang tidak tercemar dan tercemar ringan, yaitu dengan indeks diversitas 2.0611 (tertinggi di Kali Janjing; Stasiun I) dan 1.7598 (terendah di Kali Janjing; Stasiun V). Sebaliknya indeks diversitas Kali Surabaya tertinggi sebesar 1,8303 (stasiun I) dan terendah sebesar 0,7216 (stasiun V) yang berada pada kategori tercemar ringan dan tercemar berat.

Tabel 4.3. Komposisi dan kelimpahan makroinvertebrata riparian pada anak sungai hulu Kali Surabaya

Ordo/Famili	Stasiun Kali Janjing					Total	Rata Rata
	I	II	III	IV	V		
<b>Ordo Decapoda</b>							
Famili Atyidae	134	165	471	251	426	1445	289
Famili Paratelphusidae	12			4	3	20	4
Famili Hymenosomatidae	7	3	2		2	15	3
<b>Ordo Isopoda</b>							
Famili Cirolanidae		2		24	24	50	10
<b>Ordo Coleoptera</b>							
Famili Elmidae	4		4	1		9	2
<b>Ordo Diptera</b>							
Famili Tipulidae	4	2	2	1		9	2
<b>Ordo Ephemeroptera</b>							
Famili Baetidae			32	7	15	54	11
<b>Ordo Hemiptera</b>							
Famili Velliidae		1	3			4	1
Famili Gerridae							
<b>Ordo Plecoptera</b>							
Famili Perlidae	2	2			2	6	1
<b>Ordo Trichoptera</b>							
Famili Hydropsychidae	5	2	3	5		15	3
<b>Ordo Pulmonata</b>							
Famili Lymnaeidae	7	6	20	2		35	7
<b>Ordo Odonata</b>							
Famili Aesnidae		1	1			2	0
Famili Libellulidae							
Famili Coenagrionidae	49	19	10	49	7	134	27
Famili Corduliidae		4				4	1
<b>Ordo Gastropoda</b>							
Famili Viviparidae							
Famili Thiariidae	5	2	21	8	7	43	9
<b>Jumlah individu</b>	<b>229</b>	<b>209</b>	<b>569</b>	<b>352</b>	<b>486</b>		
<b>Jumlah taksa</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>8</b>		

#### 4.2.1. Keanekaragaman makroinvertebrata riparian Kali Janjing

Analisis komposisi keanekaragaman akan memberikan gambaran yang lebih jelas untuk melihat pergeseran kelimpahan individu makroinvertebrata riparian pada taksa famili sepanjang perjalanan aliran sungai, mulai dari hulu ke arah hilir.



Gambar 4.1. Komposisi Famili Terbesar di Setiap Stasiun Penelitian Kali Janjing

ada Kali Janjing tampak pergeseran pada stasiun I hingga stasiun V, seperti pada gambar 4.1. Pada semua stasiun famili Baetidae dan Thiaridae relatif mendominasi.

stasiun II mempunyai keanekaragaman makroinvertebrata yang relatif seimbang, yang pada gambar 4.1 famili yang dominan lebih banyak (6 familia).

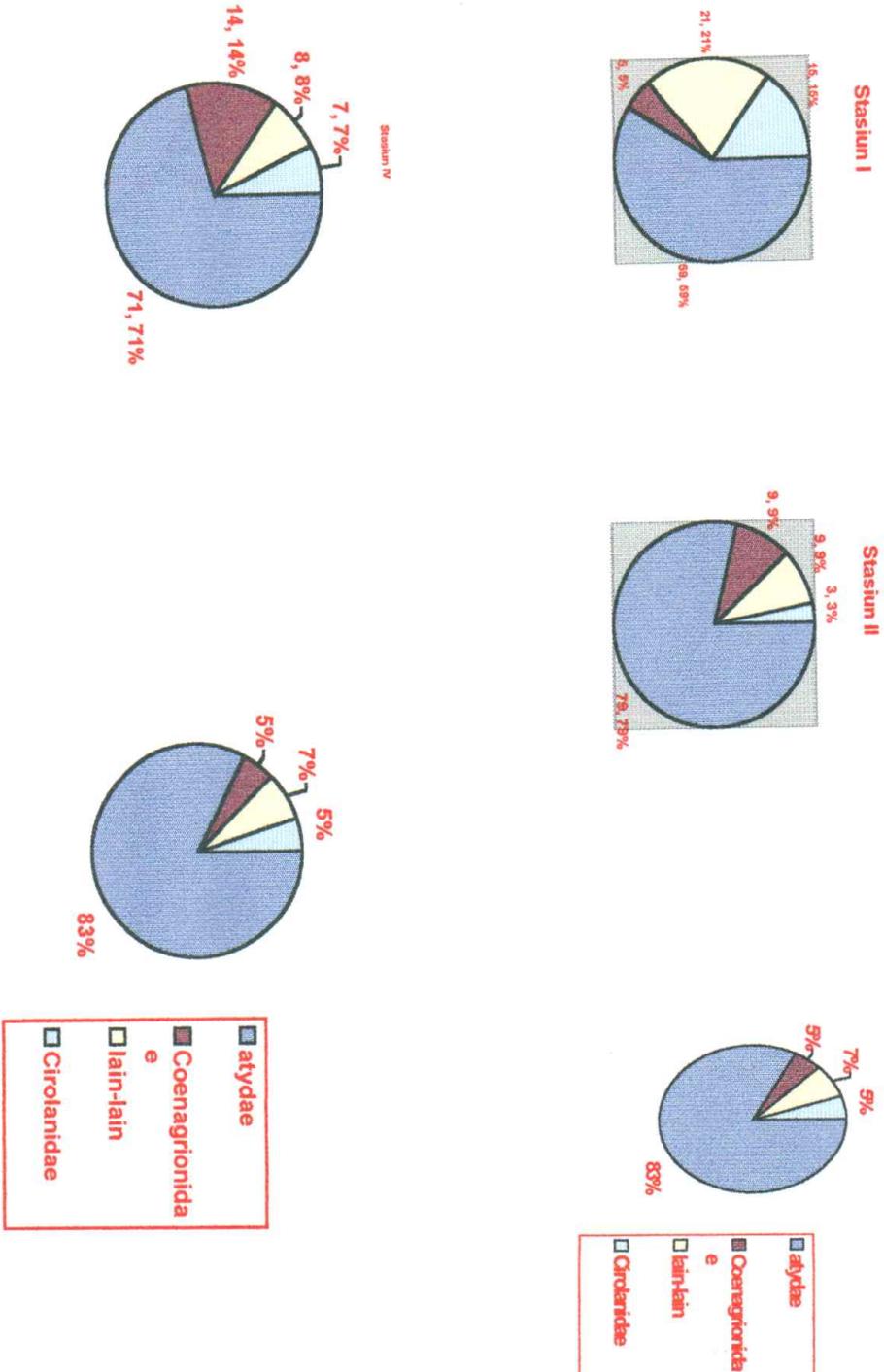
### **4.1.2. Keanekaragaman makroinvertebrata riparian Kali Surabaya**

Komposisi makroinvertebrata riparian di Kali Surabaya berbeda dibandingkan dengan Kali Janjing. Pada Kali Surabaya hampir di semua stasiun famili Atyidae sangat dominan. Hal ini dapat terjadi karena pengaruh mintakat riparian terhadap makroinvertebrata. Menurut Mitsch & Gosselink (1993), Li (2000) dinyatakan bahwa mintakat riparian salah satunya adalah sebagai tempat pemijahan.

Famili Atyidae merupakan kelompok udang-udangan, yang memanfaatkan mintakat riparian sebagai tempat pemijahan atau membesarkan diri. Oleh karena itu sangat memungkinkan famili ini sangat dominan dibanding famili yang lain seperti pada gambar 4.2.

### **4.3. Analisis Kesamaan komunitas Kali Surabaya dan kali Janjing**

Analisis kesamaan menggunakan indeks Jaccard, yang hasilnya seperti pada tabel 4.3.(a) dan (b). Tampak indeks kesamaan tertinggi pada stasiun IV – V untuk Kali Janjing dan stasiun III - IV untuk Kali Surabaya.



Gambar 4.2. Komposisi Famili Terbesar di Setiap Stasiun Penelitian Kali Surabaya

Tabel 4.3. Analisis kesamaan komunitas makroinvertebrata di  
(a) Kali Janjing (b) Kali Surabaya.

Stasiun	I	II	III	IV	V
I		70.59	50	38.89	55.56
II			52.94	60	68.75
III				46.67	66.67
IV					76.92
V					

(a)

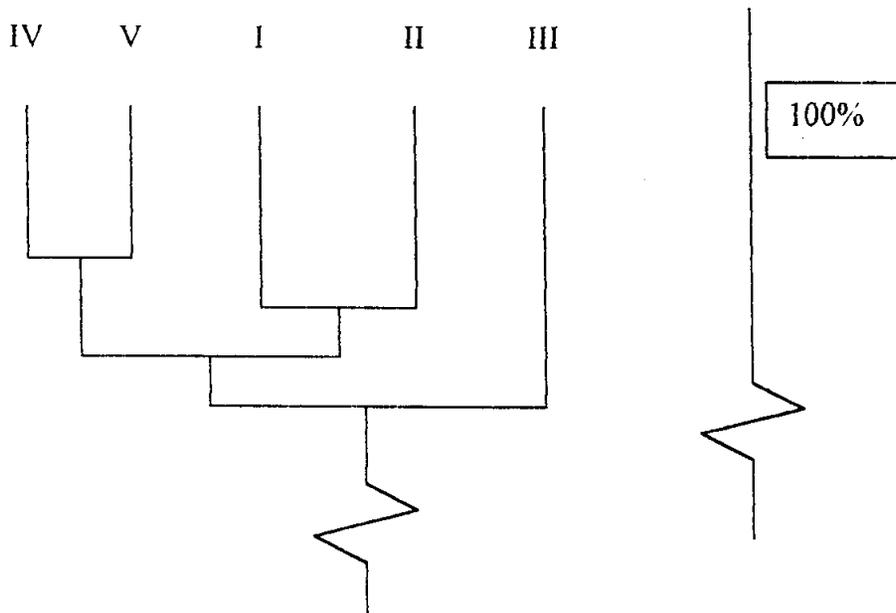
Stasiun	I	II	III	IV	V
I		72,7	76,2	80	52,6
II			47,83	63,64	47,62
III				76,79	60
IV					73,68
V					

(b)

Tingkat kesamaan komunitas ini hanya menunjukkan hubungan antar dua stasiun. Oleh karena itu, analisis dilanjutkan dengan "group average clustering methods".

Pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa pada Kali Janjing terdapat dua kelompok besar berdasarkan tingkat kesamaan komunitasnya. Stasiun IV – V mempunyai tingkat kesamaan yang paling tinggi (76,9%). Kemudian diikuti oleh kelompok stasiun I – II (66,7%). Secara keseluruhan sepanjang kali janjing mempunyai tingkat kesamaan sebesar 54%.

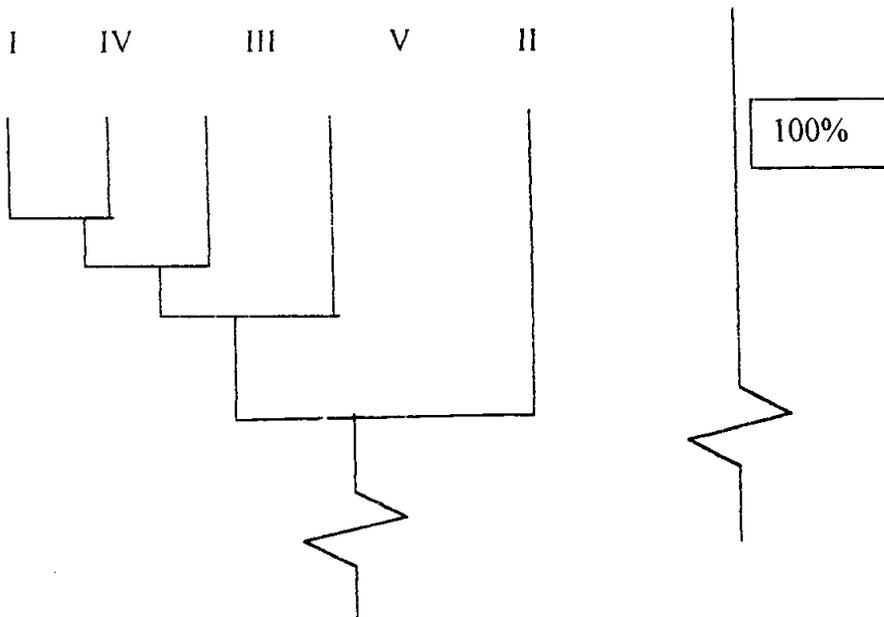
Kali Surabaya memberikan interpretasi data yang menarik. Stasiun I (bagian hulu) mempunyai tingkat kesamaan habitat dengan stasiun IV (Gambar 4.2.). Ini dapat diinterpretasikan sebagai gejala purifikasi alamiah (self purification) Kali Surabaya. Stasiun IV merupakan bagian sungai yang tidak menerima limbah dari Kali Tengah.



Gambar 4.3 Dendrogram kesamaan komunitas makroinvertebrata Kali Janjing

Keadaan ini dapat diduga bahwa Kali Surabaya sebenarnya mampu melakukan netralisasi terhadap toksikan yang masuk kedalam perairannya. Namun karena beban yang terus bertambah utamanya setelah out-let dari Kali Tengah mengakibatkan penurunan kembali kualitas perairannya.

Tingkat kesamaan komunitas tertinggi pada stasiun I – IV sebesar 80%, kemudian diikuti oleh kesamaan komunitas dari stasiun III, V. Secara keseluruhan komunitas makroinvertebrata di Kali Surabaya memiliki tingkat kesamaan sebesar 58,0%. Artinya, sebesar 58,0% komunitas makroinvertebrata riparian tersebar di sepanjang Kali Surabaya.



Gambar 4.4 Dendrogram kesamaan komunitas makroinvertebrata Kali Surabaya

## 2. Komposisi Kelompok Mekanisme “Morpho-behavioral”

Mekanisme “morpho-behavioral” merupakan cara dalam memanfaatkan nutrisi yang ada di lingkungan. Cara tersebut dapat dikelompokkan dalam jenis pencabik (*shredders*), kolektor (*collectors*), perumput (*grazers*), serta predator (*predators*).

Hasil identifikasi sampel di Kali Janjing dan Kali Surabaya ditemukan makroinvertebrata yang tergolong dalam jenis pencabik (*shredders*), kolektor (*collectors*), perumput (*grazers*) serta predator (*predators*).

Pada kelompok pencabik terdapat famili Cirolanidae dan Gerridae. Perumput terdiri atas famili Lymnaeidae, Viviparidae, dan Thiaridae. Kelompok kolektor terdiri atas famili Elmidae, Baetidae, dan Hydropsichidae. Sedangkan kelompok predator terdiri atas

milia Atyidae, Parathelphusidae, Hymenosomatidae, Tipulidae, Velliidae, Perlidae, Mesuridae, dan Corduliidae. Kelompok predator pada mintakat riparian baik di Kali Janjing ataupun Kali Surabaya mempunyai keanekaragaman yang paling banyak.

Kelompok predator yang mempunyai kelimpahan famili yang paling banyak membuktikan bahwa mintakat riparian merupakan habitat yang baik untuk berburu makanan (mangsa/prey). Dengan kata lain pada mintakat riparian terdapat makanan yang banyak, sehingga mampu mendukung kelompok predator.

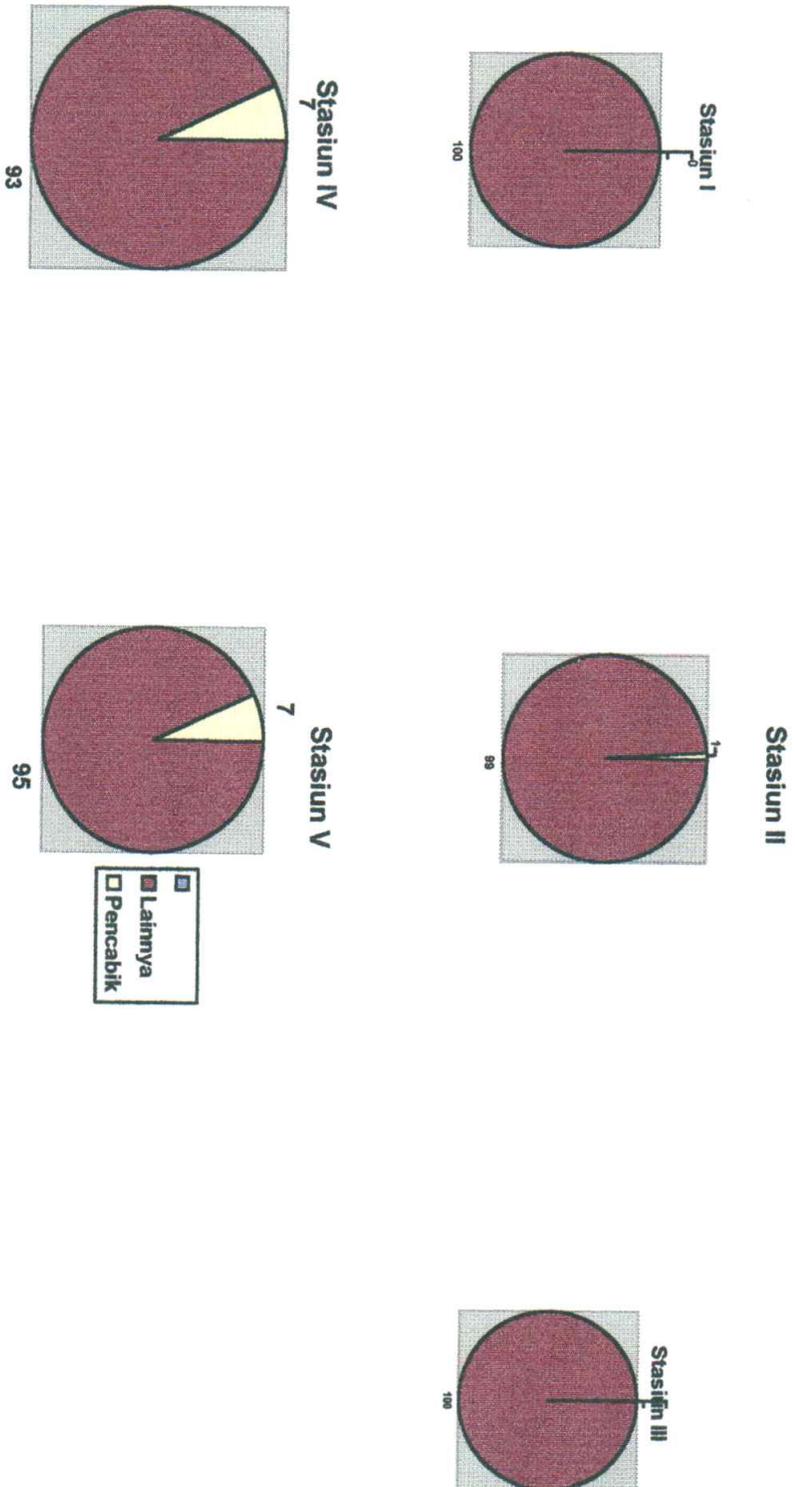
## 2.1 Kelompok Pencabik

Kelompok pencabik di Kali Janjing ataupun di Kali Surabaya bukan merupakan kelompok utama. Hal itu tampak di Kali Janjing pada stasiun III dan di Kali Surabaya pada stasiun I dan III yang bernilai 0 atau tidak ada kelompok pencabik.

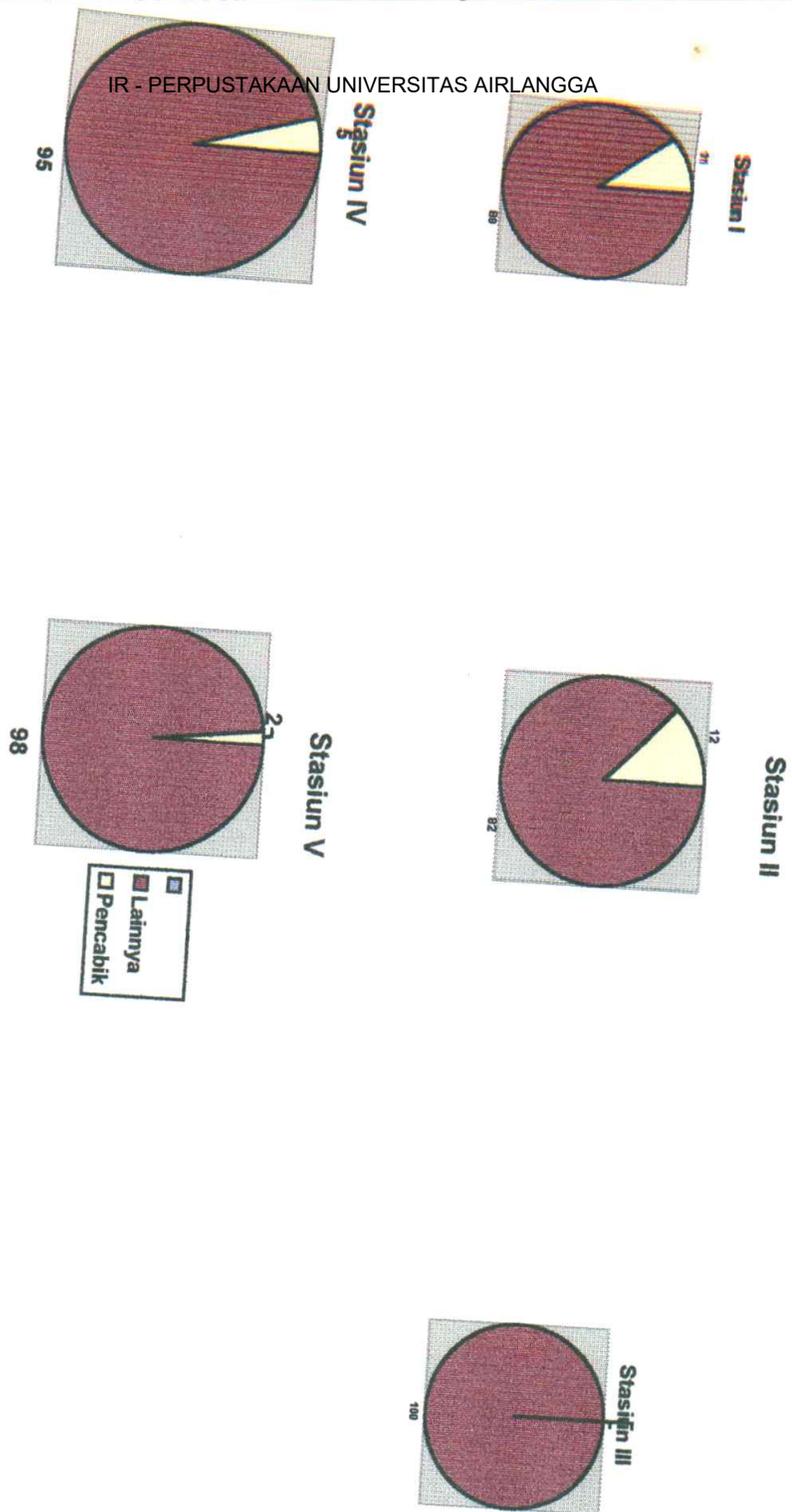
Persentase yang lebih rendah di Kali Surabaya dapat disebabkan oleh terlalu dominannya dari kelompok predator. Gambar 4.5 (a) dan (b) menunjukkan persentase kelompok pencabik di Kali Janjing dan Kali Surabaya.

## 2.2 Kelompok Perumput

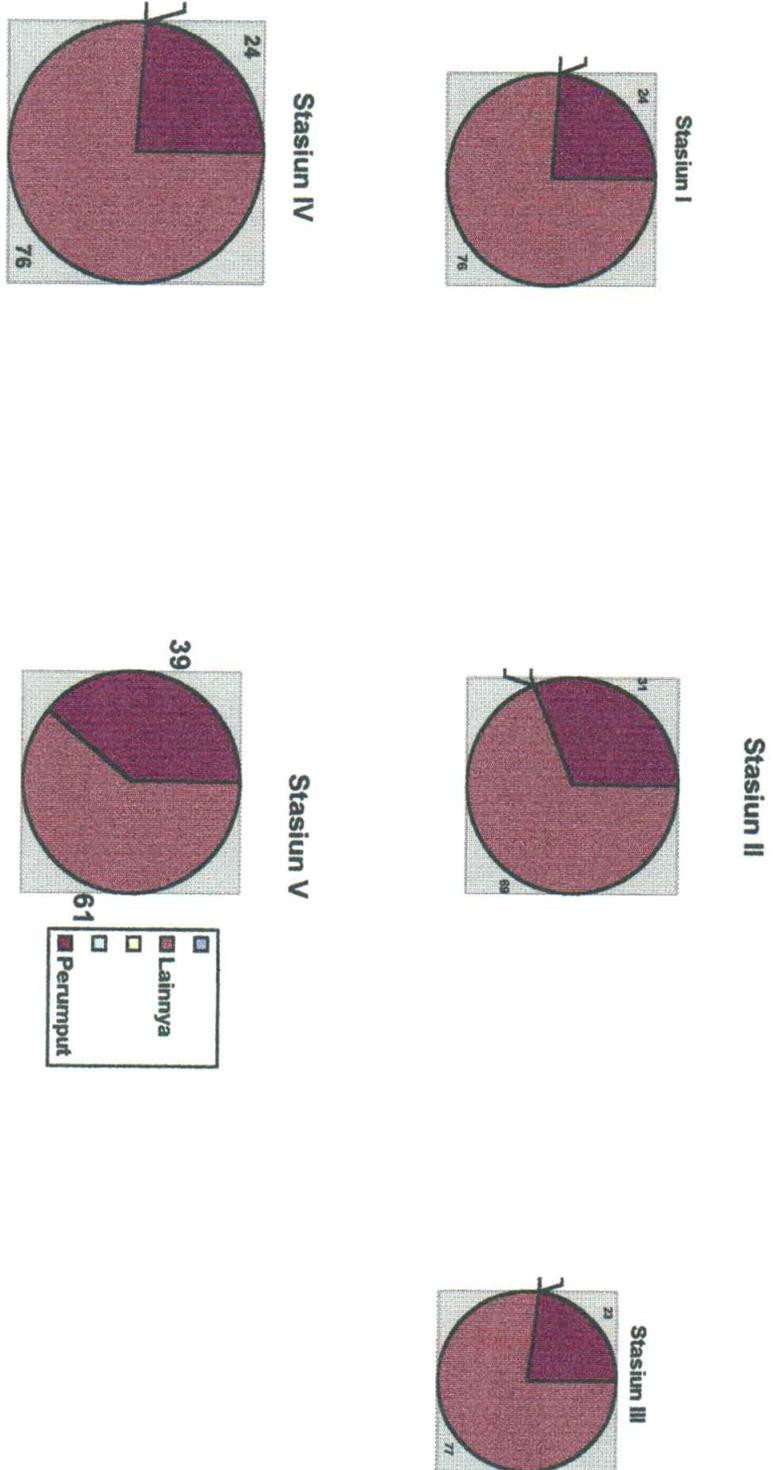
Makroinvertebrata kelompok perumput mempunyai perbedaan yang cukup nyata bila dibandingkan antara makroinvertebrata perumput di Kali Janjing dibanding di Kali Surabaya. Kelompok perumput di Kali Surabaya relatif sedikit dibanding kelompok lainnya. Sedangkan di Kali Janjing Relatif cukup besar.



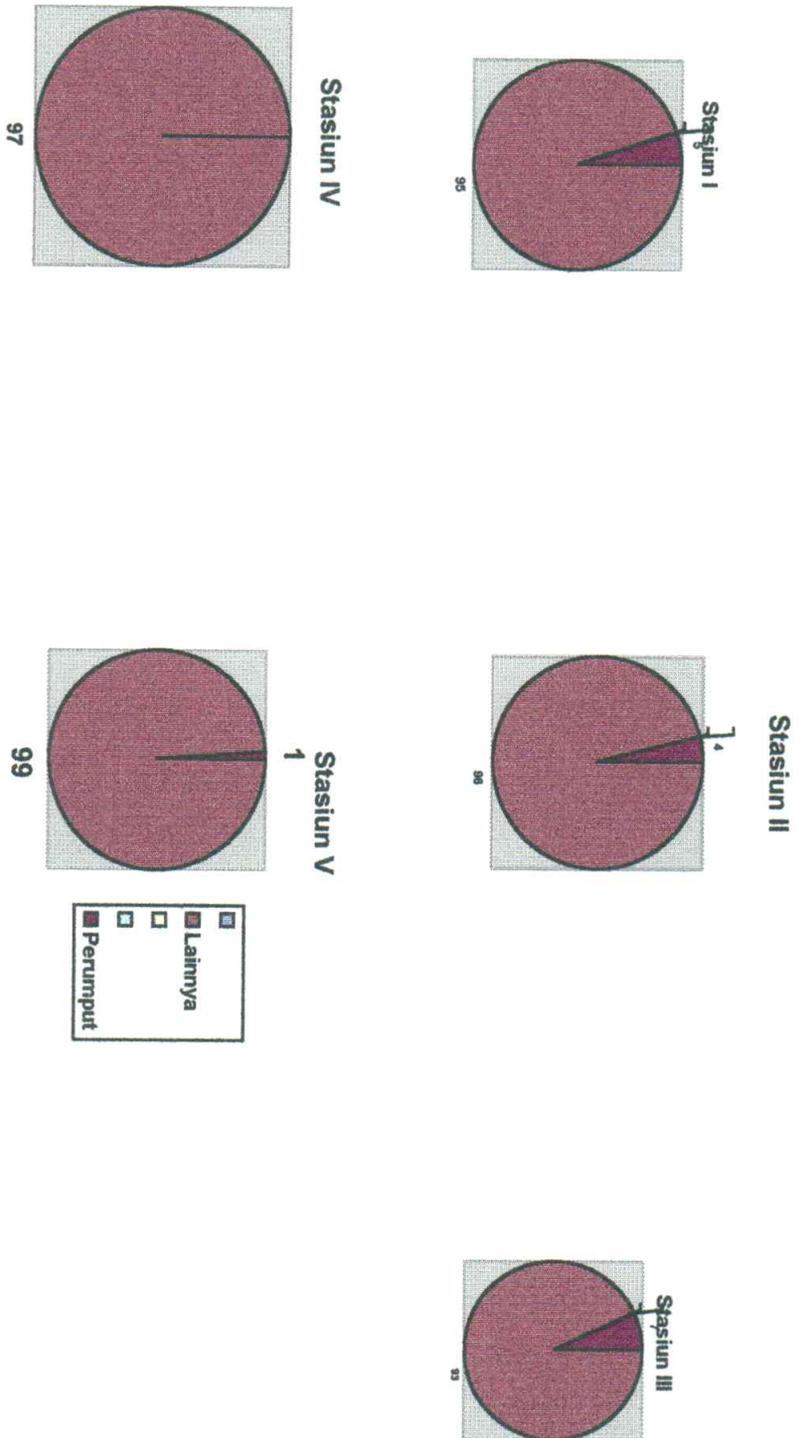
Gambar 4.5. b Persentase Pencabik pada Stasiun Penelitian di Kali Surabaya



Gambar 4.5.a. Persentase Pencabik pada Stasiun Penelitian di Kali Janjing



Gambar 4.6. a. Persentase Perumput pada Stasiun Penelitian di Kali Jarjing



Gambar 4.6.b. Persentase Perumput pada Stasiun Penelitian di Kali Surabaya

Pada Stasiun II dan V, persentasenya mampu mencapai 31 % dan 39% dibandingkan seluruh kelompok lainnya. Relatif tingginya di sepanjang stasiun Kali Janjing dimungkinkan karena posisinya yang masih pada sungai bagian hulu.

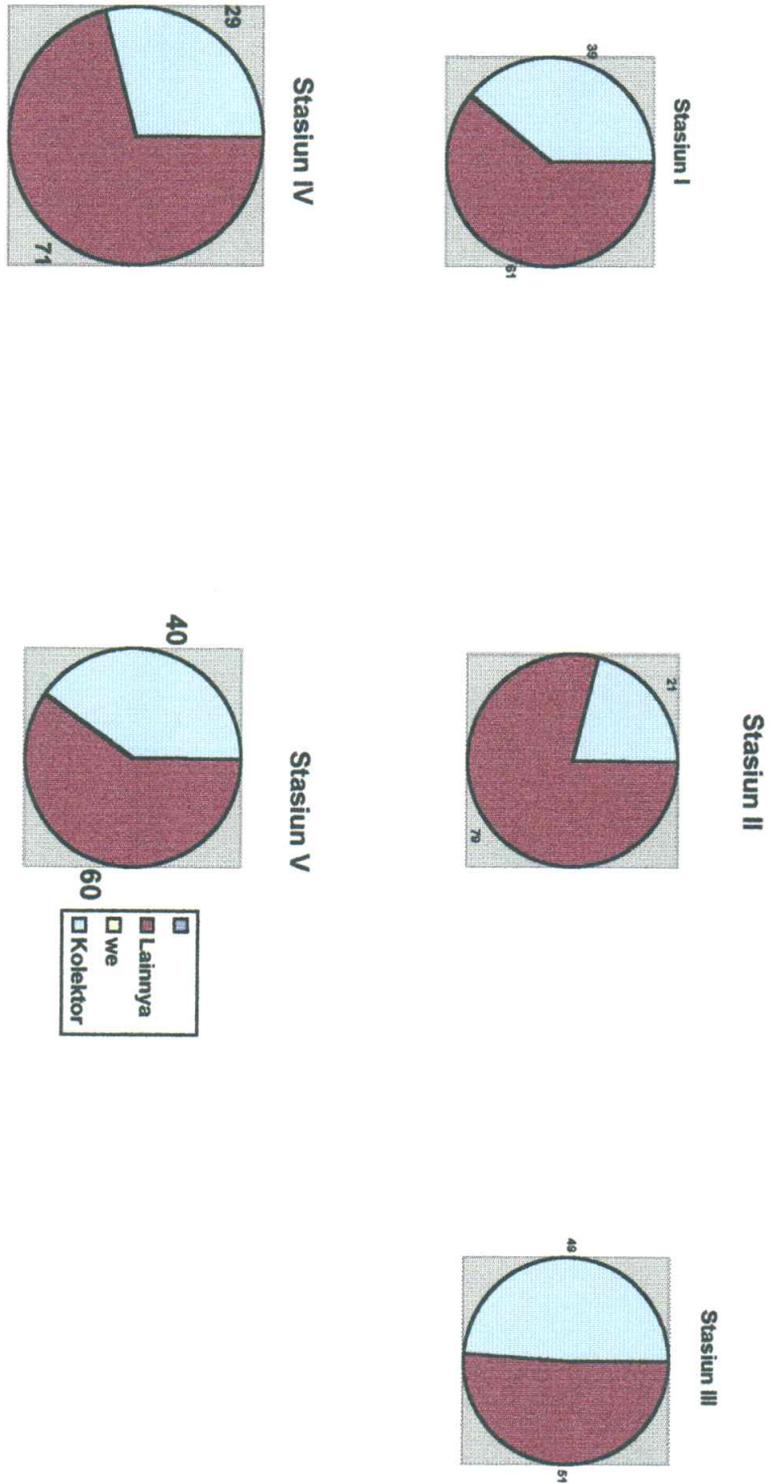
Sungai bagian hulu relatif banyak terdapat nutrien yang berukuran besar, yang pada proses dekomposisi memerlukan kelompok tumbuhan mikro dan jamur. Adanya jamur dan tumbuhan mikro ini merupakan makanan bagi makroinvertebrata perumput. Dengan demikian sumber makanan cukup melimpah yang pada akhirnya mengakibatkan tingginya populasi konsumen, dalam hal ini makroinvertebrata perumput. Data selengkapnya tampak pada gambar 4.6.



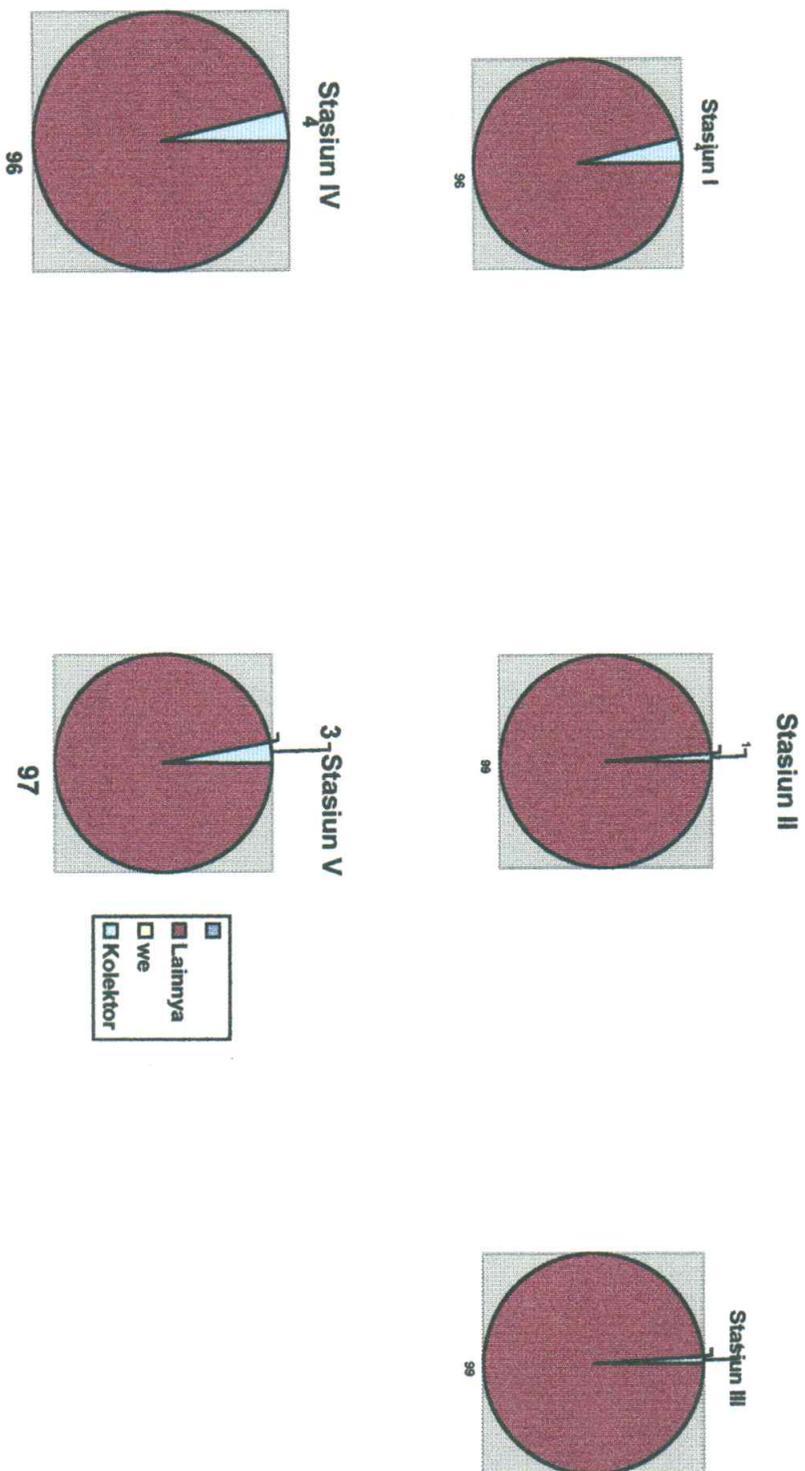
### 2.3. Kelompok Kolektor

Kelompok kolektor di ekosistem sungai merupakan konsumen nutrien dengan ukuran FPOM (fine particulate organik matter). Materi FPOM dapat dihasilkan oleh hasil dekomposisi dan feses dari kelompok selain kolektor.

Makroinvertebrata kelompok perumput yang banyak terdapat di Kali Janjing diperkirakan berpengaruh terhadap keberadaan dan kelimpahan kelompok kolektor. Banyaknya makroinvertebrata kelompok perumput akan menghasilkan banyak feses yang merupakan hasil metabolismenya dan berukuran FPOM. Produksi inilah yang diperkirakan berperan dalam menunjang kelimpahan kelompok kolektor di Kali Janjing. Perbedaan kelimpahan makroinvertebrata kelompok kolektor di Kali Janjing dan Kali Surabaya, dapat dilihat pada tabel 4.7.



Gambar 4.5.a. Persentase Kolektor pada Stasiun Penelitian di Kali Janjing



Gambar 4.5.b. Persentase Kolektor pada Stasiun Penelitian di Kali Surabaya

#### **4.2.4 Makroinvertebrata kelompok Predator.**

Makroinvertebrata kelompok predator merupakan tingkat paling atas dalam rantai makanan di ekosistem sungai. Hal yang membedakan dari bahasan sebelumnya adalah, pada kelompok predator ini kelimpahan predator di Kali Surabaya amat tinggi.

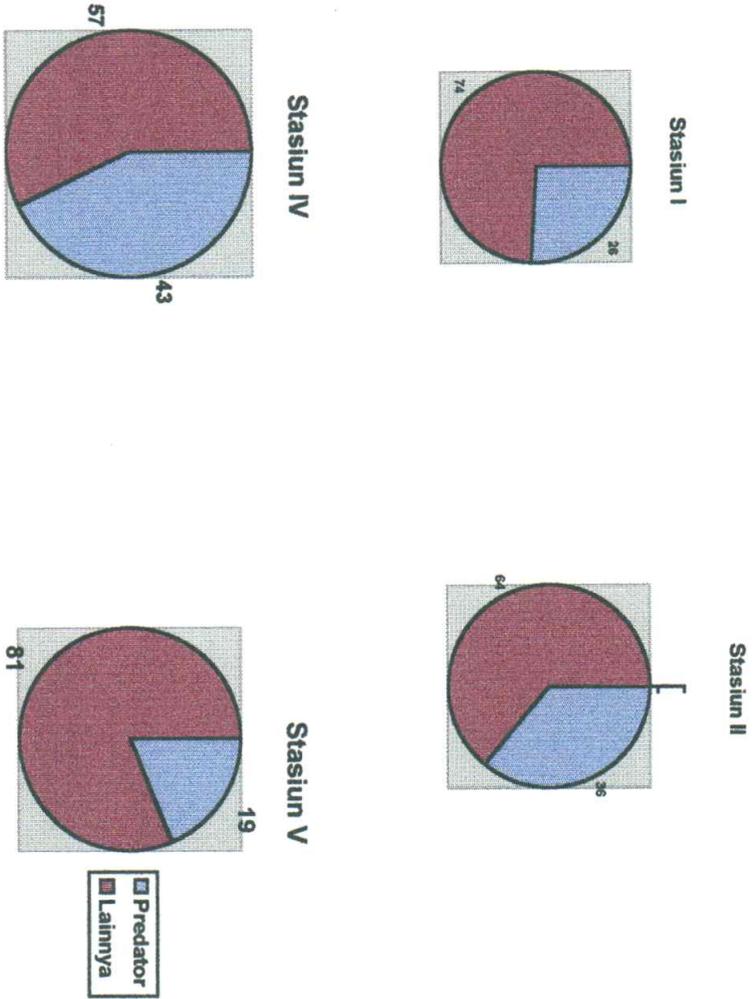
Kelompok predator di Kali Surabaya didominasi famili Atyidae, yang pada satu stasiun mampu mencapai jumlah 471 individu. Jumlah yang amat tinggi bila dibandingkan kelimpahan individu di Kali Janjing yang paling tinggi hanya mencapai 83 individu.

Jumlah Famili Atyidae yang tinggi ini secara prosentase akan menurunkan persentase semua kelompok. Dominansi ini tampak pada gambar 4.8.

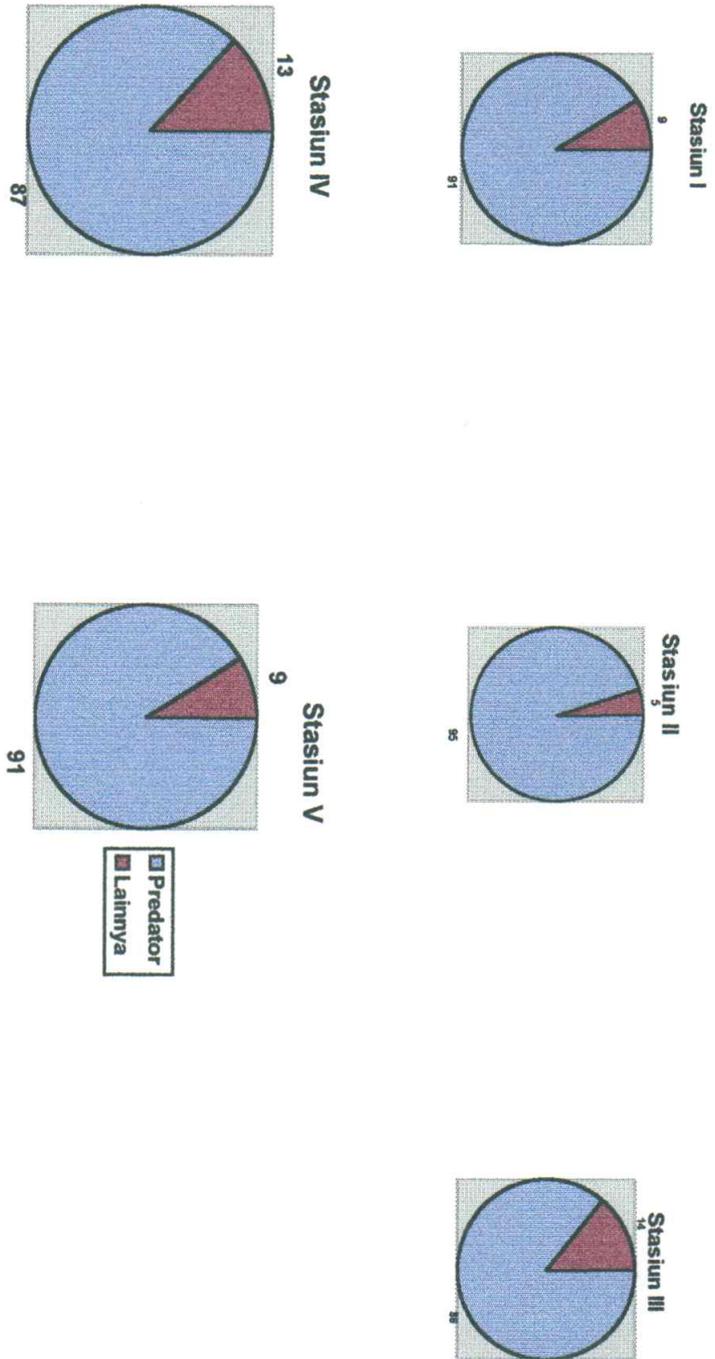
#### **4.2. Indeks Keanekaragaman Makroinvertebrata Riparian**

Hasil analisis indeks keanekaragaman makroinvertebrata riparian Kali Janjing dan Kali Surabaya ditampilkan pada tabel 4.4 (a) dan (b). Secara umum indeks keanekaragaman makroinvertebrata Kali Janjing lebih tinggi dibandingkan Kali Surabaya.

Indeks keanekaragaman makroinvertebrata riparian Kali Janjing berkisar antara 1,7598 hingga 2,0611. Nilai secara teratur makin menurun ke arah hilir. Nilai tertinggi berada di stasiun I yang ada di bagian paling hulu Kali Sempur. Tampak bahwa keberadaan pemukiman dan aktivitas pertanian dapat menjadi salah satu faktor penyebab penurunan indeks keanekaragaman. Stasiun II di sekelilingnya sebagian hutannya sudah dikonversi menjadi ladang pertanian.



Gambar 4.6.a. Persentase Predator pada Stasiun Penelitian di Kali Jarjing



Gambar 4.6.b. Persentase Predator pada Stasiun Penelitian di Kali Surabaya

Tabel 4.4. Indeks diversitas makroinvertebrata riparian pada  
(a) Anak sungai hulu Kali Janjing Mojokerto dan (b) Kali Surabaya

REPLI KASI	INDEKS DIVERSITAS				
	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III	Stasiun IV	Stasiun V
1	2.2055	2.1720	2.0128	1.7626	1.7556
2	1.8953	1.7674	1.8520	1.5155	1.7618
3	2.0646	2.0872	2.1162	1.9349	1.6531
4	2.0788	2.0924	1.8383	2.1056	1.8687
Rerata	2.0611	2.0298	1.9571	1.8297	1.7598

(a)

REPLI KASI	INDEKS DIVERSITAS				
	Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III	Stasiun IV	Stasiun V
1	2,709	1,0869	1,597	1,034	0,5253
2	1,442	0,5624	0,288	0,9702	0,9048
3	1,729	0,4716	1,4971	1,4357	0,774
4	1,441	0,9891	1,7435	0,6844	0,6822
rerata	1,8303	0,778	1,1721	1,031	0,7216

(b)

Stasiun III, IV, dan V berada di wilayah persawahan desa Seloliman. Hal ini semakin memberikan tekanan yang lebih besar terhadap lingkungan. Adanya penggunaan pupuk dan pestisida diperkirakan dapat menurunkan keanekaragaman makroinvertebrata .

Hal yang sama ditunjukkan oleh stasiun-stasiun di Kali Surabaya (tabel 4.4.b). Adanya industri sejak dari wilayah sebelum Mojokerto telah memberikan dampak yang nyata terhadap makroinvertebrata riparian. Pada wilayah studi yang paling hulu mempunyai nilai indeks diversitas 1,8303. Nilai indeks diversitas ini menunjukkan kualitas perairan yang tercemar ringan (Lee et al., 1978).

Kualitas perairan sungai makin ke hilir makin rendah , dan terendah pada stasiun V yang berada pada posisi paling hilir (0,7216) pada kategori tercemar berat. Stasiun ini menerima aliran sungai Kali tengah yang menerima air limbah dari kawasan industri

Bambe. Sehingga wajar bila mempunyai kualitas perairan yang paling jelek. Namun, hal ini menjadi fenomena yang memprihatinkan karena dibagian hilirnya merupakan in-take air baku untuk PDAM Karangpilang.

#### 1.4. Indeks Biotik

Indeks biotik merupakan metode lain dalam menentukan kualitas perairan, khususnya sungai dengan makroinvertebrata. Metode ini biasa digunakan untuk hewan benthos. Pada penelitian ini dicobakan pada makroinvertebrata riparian. Hal yang membedakan zoo-benthos dengan zoo-riparian, adalah zoo-benthos merupakan hewan murni yang hidup di dasar perairan atau selalu terendam air. Sedangkan zoo-riparian merupakan kombinasi hewan yang mungkin hidup di perairan dan sekaligus ada hewan yang hidupnya lebih dekat dengan kehidupan terestrial (daratan).

Hasilnya hanya sebagian saja yang masuk ke dalam famili yang merupakan indikator kualitas lingkungan. Hal ini terjadi pada indeks biotik BMWP-aspt ataupun pada Trench Biotic Index (TBI).

Pada metode BMWP-aspt ada tujuh famili (4 ordo) yang tidak ada dalam daftar BMWP-aspt, yaitu (1) Famili Atyidae, (2) Parathelphusidae dan Hymenosomatidae (Decapoda), (3) Famili Cirolanidae (Isopoda), (4) Famili Lymnaeidae (Pulmonata), (5) Famili Viviparidae dan Thiaridae (Mesogastropoda)

Sedangkan makroinvertebrata yang sesuai dalam tabel BMWP-aspt adalah sebagai berikut, (1) Famili Elmidae (Coleoptera), (2) Famili Tipulidae (Diptera), (3) Famili Baetidae (Ephemeroptera), (4) Famili Veliidae dan Gerridae (Hemiptera), (5)

Famili perlidae (Plecoptera), (6) Famili Hydropschidae (Trichoptera), (7) Famili Aesnidae, Libellulidae, Coenagrionidae dan Corduliidae (Odonata).

Pada perhitungan TBI, ordo yang tidak masuk perhitungan adalah (1) ordo Dekapoda, (2) ordo Isopoda, (3) ordo Coleoptera, (4) ordo Diptera, (6) ordo Pulmonata. Sedangkan ordo yang masuk perhitungan adalah (1) ordo Plecoptera, (2) ordo Trichoptera, (3) ordo Ephemeroptera, (4) ordo Odonata, (5) ordo Hemiptera, (6) ordo mesogastropoda.

Relatif banyaknya famili yang tidak tercantum dalam tabel famili indikator kualitas lingkungan baik BMWP-aspt ataupun TBI diperkirakan famili-famili tersebut mempunyai toleransi yang luas (bersifat Eury), sehingga keterdapatannya tinggi di semua lokasi. Hal ini juga tampak pada hasil kesamaan komunitas, yang mana tingkat kesamaan komunitasnya mencapai 54% di Kali Janjing dan 58% di Kali Surabaya.

Hasil perhitungan menggunakan BMWP-aspt dan TBI memberikan hasil yang sama, yaitu perairan tercemar sedang (nilai 5-6) seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Nilai indeks Biotik  
(a) BMWP-aspt dan (b) TBI

stasiun	Indeks Biotik BMWP-aspt	Standart Indeks Biotik
I	6,138	
II	6,231	5-6 : tercemar sedang
III	6,125	
IV	5,5	
V	5,429	

(a)

stasiun	TBI	Standart Ideks Biotik
I	6	
II	6	5-6 : tercemar sedang
III	6	
IV	6	
V	6	

(b)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil identifikasi ditemukan keanekaragaman makroinvertebrata riparian sungai di Kali Janjing dan Kali Surabaya sebanyak 3 kelas dan 17 famili.
2. Keanekaragaman anak sungai hulu Kali Janjing lebih baik dibandingkan dengan Kali Surabaya yang merupakan contoh sungai bagian hilir.
3. Indeks keanekaragaman Kali Janjing berada pada kondisi tidak tercemar dan tercemar ringan. Sedangkan Kali Surabaya pada kondisi tercemar ringan hingga tercemar berat.
4. Hasil analisis menggunakan Indeks Biotik menunjukkan hasil bahwa metode BMWP-aspt dan TBI menghasilkan kesimpulan yang sama.
5. Kelompok ‘morpho-behavioral’ makroinvertebrata di Kali Janjing menunjukkan sebarannya yang merata. Hal ini menunjukkan bahwa rantai makanan tampak bertumpu pada kondisi alami.
6. Famili Atyidae di Kali Surabaya sangat mendominasi dengan posisi sebagai predator. Keadaan ini menunjukkan bahwa kondisi di kali Surabaya tidak lagi seimbang dan rantai makanan yang terjadi tidak bertumpu pada kondisi alami.

## 2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini perlu dilanjutkan analisis komunitas (makroinvertebrata riparian) dibandingkan dengan analisis benthos serta kedekatannya dengan kondisi habitat. Dengan penelitian lanjutan ini dapat diperoleh hubungan keanekaragaman makroinvertebrata dengan "site reference" untuk masing-masing sungai.



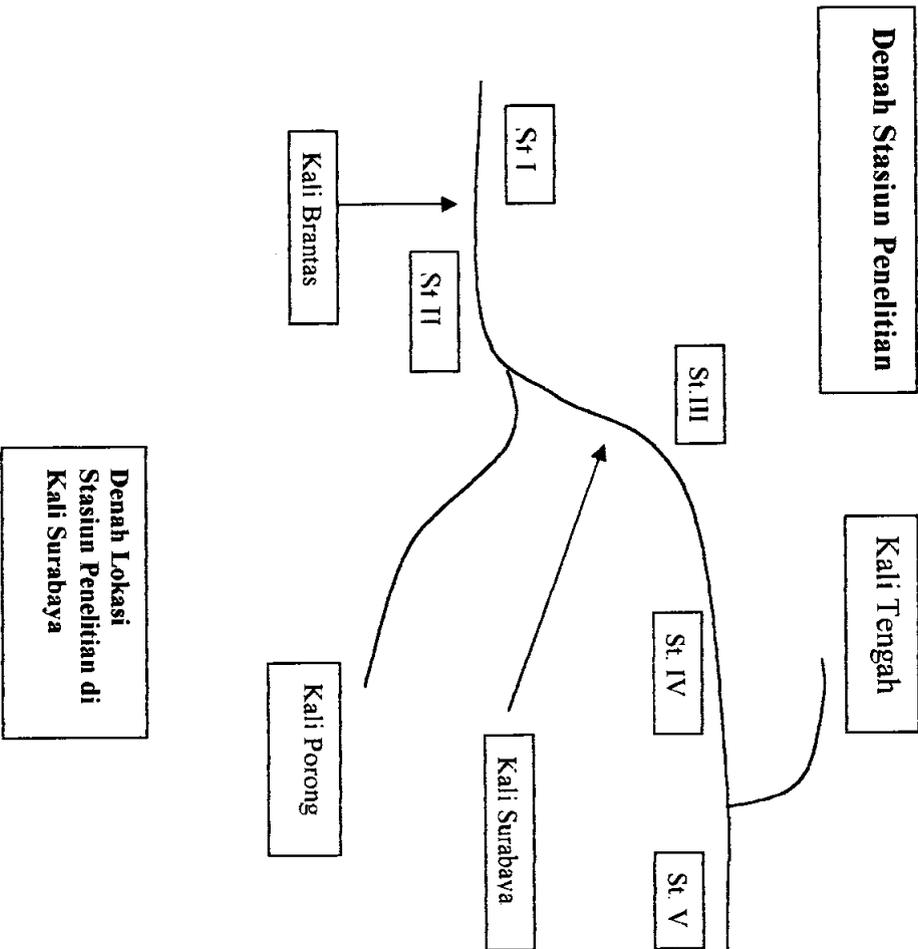
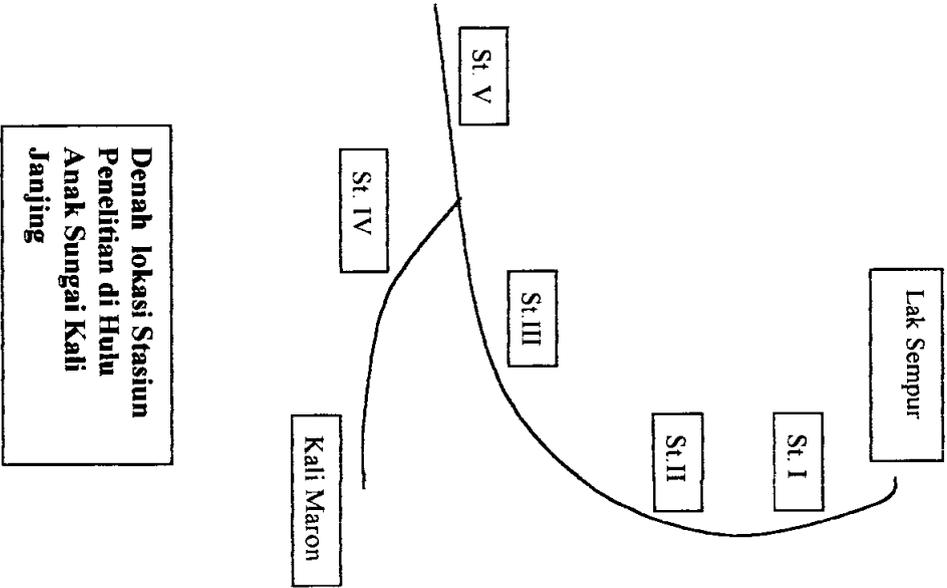
## DAFTAR PUSTAKA

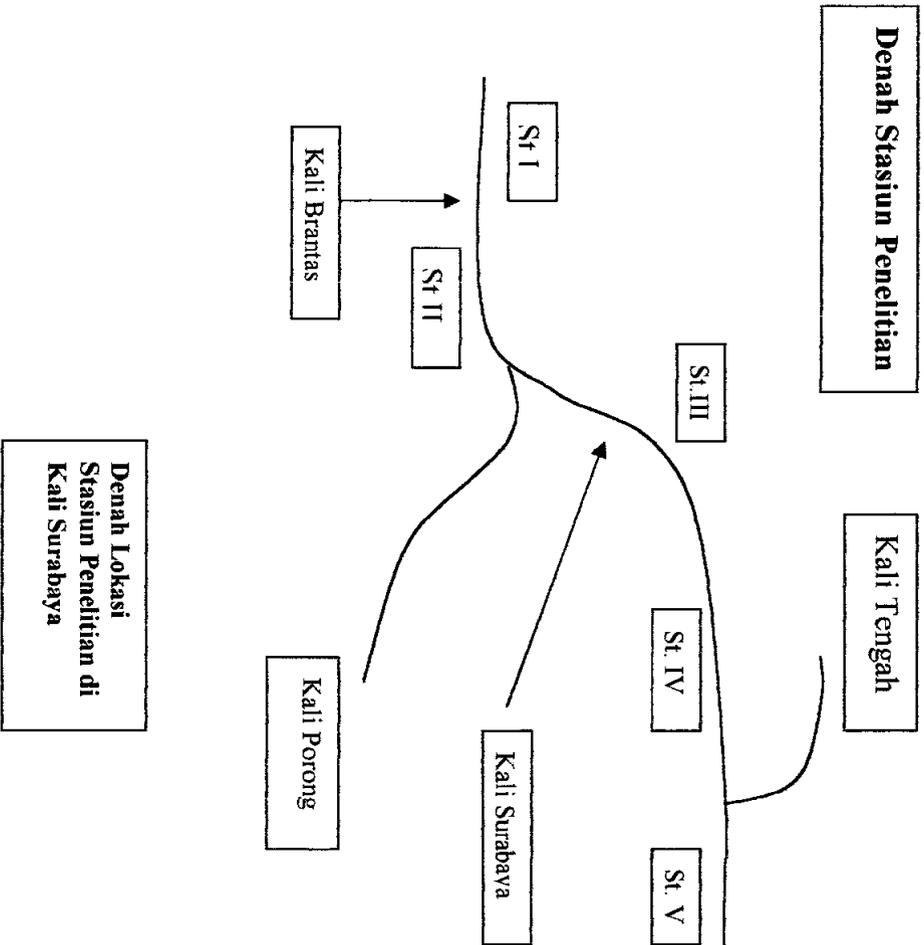
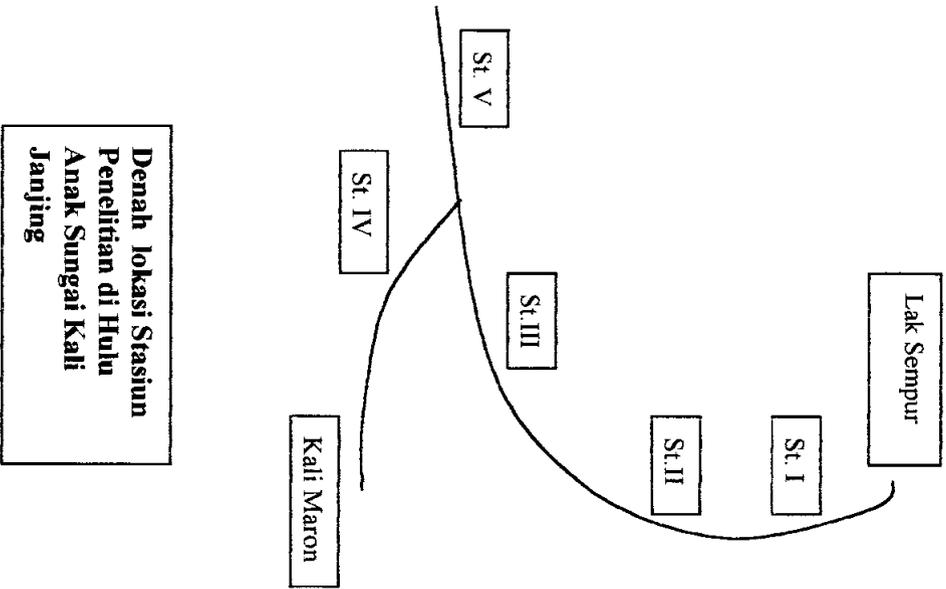
- Allan, J. David. 1995. **Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters**. Chapman & Hall. London.
- Anderson N.H. & Sedell J.R., 1979. Detritus Processing by Macroinvertebrates in Stream Ecosystem. **Annu.Rev. Entomol.** 24:351-377.
- Anonim. 2000<sup>a</sup>. Pollution & Assesment of Water Quality.  
<http://www.uni.academic/A-C/aps/level2modules/aps201/lect12.html>
- Anonim. 2000<sup>b</sup>. **Riparian Herbaceous Cover (ACRE)**. US Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service.
- Anonim. 2000<sup>c</sup>. Diel Changes in Predator Feeding Behavior. Modul 6  
<http://www.montana.edu/wwwbi/staff/kerans/bio439/modul6.pdf>.
- Anonim. 2001. Kegiatan Pemantauan Kualitas Air di DPS Kali Brantas Bulan Agustus 2001. **Perum. Jasa Tirta I**. Malang. Jawa Timur
- Armitage, P.D.; D. Moss; J.F. Wright; M.T. Furse. 1983. Assessment and Prediction of Biological Quality: A Demonstration of a British Macroinvertebrate-based Methods in Two Spanish River. **Limnetica** 6: 147-156.
- Bay, E.C., 1974. Predator-Prey Relationships Among Aquatic Insect. **Annu.Rev. Entomol** 19:441-453
- Cho, H.F.1946-1947. **The Immature Insect**. WCN Brown Company Publisher Dubuque, Iowa.
- Citriana, Mirna Yunik. 2002. Diversitas dan Visualisasi Karakter Morfologi Invertebrata Makro di Kali Surabaya. **Skripsi**. FMIPA Unair Surabaya.
- Dharma, B., 1988. **Siput dan Kerang Indonesia – Indonesia shell**. Verlag Christa Hemmen, Grillparzerst22. D-600 Wiesben. Federal Republic of Germany.
- Dharma, B., 1992. **Siput dan Kerang Indonesia – Indonesia shell II**. Verlag Christa Hemmen, Grillparzerst22. D-600 Wiesben. Federal Republic of Germany.
- DePauw, N & G. Vanhooren. 1983. Methods for Biological Quality Assessment of Water Courses in Belgium. **Hydrobiologia** 100:153-168.
- DeBradaber, 1981. Be Oordeling van de Kwaliteit van Oppervlaktewaters in Belgie Door Meddel van Kwaliteit-indexen. **Water** 1:8-12.
- Edington, J.M. dan A.G. Hildrew., 1981. **Caseless Caddies Larvae of the British Isles**. Fresh-water Biological Association Scientific Publication No. 43. London.

- Effendi, M.I., 1979. **Metode Biologi Perikanan**. Yayasan Dewi Srie. Bogor
- Hawking, J.H., 1995. **Monitoring River Initiative Taxonomic Workshop Handbook**, William Clowes & Sons, Limited, London.
- Hawking, J.H and F.J. Smith., 1977. **Colour Guide to Invertebrates of Australian Inland Waters**. Co-operation Research Centre for Fresh-water Ecology Identification Guide No. 8, Albury, New South Wales.
- Horwitz, 1995. **Preliminary Key to Malacostraca Families (Crustacea) Found in Australian Inland Waters**. Taxonomic Workshop Hold, Murray-Darling freshwater Research center, Albury. New South Wales.
- Hurn, Alexander D & J. Bruce wallace., 2000. Life History and Production of Stream Insect. **Ann.Rev. Entomol.** 45:83-110
- Hynes. 1967. **A Key to Adults and Nymphs of British Stoneflies (Plecoptera)**. Fresh Biological Association Scientific Publication No. 17. Department of Fresh-water Biology University Waterloo, Ontario.
- Ingram, B.A., J.H. Hawking, Shiel R.J., 1977. **Aquatic life in freshwater Ponds**. Co-operation Research Centre for Fresh-water Ecology Identification Guide No. 9, Albury, New South Wales.
- Jutting, W. S. SV. B., 1956. **Revision of Fresh-water Gastropoda**. Museum Zoologicum Bogoriense, Republik Indonesia.
- Macan, T.T., 1959. **A Guide to Freshwater Invertebrate Animals**. Longman Group Limited. Wingtai Cheung Printing Co. Ltd. Hongkong.
- Macan, T.T., 1979. **A Key to Nymphs of British Ephemeroptera**. No. 20. Stefney. Outgate, Ambleside.
- Merritt, R.W. dan K.W. Cummins., 1978. **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Miles, P.M., H.B. Miles, V.E. Graham., 1970. **Tropical Fresh-Water Ecology**. Hulton Education Publisher Limited, London.
- Mitsch, William J & James G Gosselink. 1993., **Wetlands** 2ed. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Needham, J.G. dan P.R. Needham. 1962. **A Guide to the Studi of Fresh-water Biology**. 5ed Holden-day Inc. San Francisco

- Norris, Richard H., 1995. Biological Monitoring: The Dilemma of Data Analysis. **J.N.Am.Benthol.Soc.**, 14(3):440-450.
- Norris, Richard.H & K.R. Norris. 1995. The Need for Biological Assessment of Water Quality: Australian Perspective. **Australia J. of Ecol.** 20:1-6.
- Peeters, E.T.H.M.; J.J.P. Gardeniers; H.H. Tolkamp. 1994. New Methods to Assess the Ecological Status of Surface Waters in Netherlands Part I : Running Waters. **Verh.Internat.Verein.Limnol.** 25:1914-1916.
- Pennak, R. W., 1989. **Fresh-water Invertebrates in USA, 3rd ed, Protozoa to Mollusca.** 3ed A Willey-Interscience Publication United State of America.
- Persoone & DePauw. 1979., Systems of Biological Indicators for Water Quality Assesment *dalam* **Biological Aspects of Freshwater Pollution.** Editor O. Ravera. Pergamon Press. Oxford
- Peter, K.L. Ng., 1988. **The Fresh-water Crabs of Peninsular Malaysia and Singapore.** The department of Zoology, National University of Singapore, Shing Lee Publisher pte Ltd. Singapore
- Quigley, M.,1977. **Invertebrae of Streams.** Monitoring River Health Initiative Workshop, Murray-Darling freshwater Research center, Albury.
- Rosenberg, D.M. & V.H. Resh 1993. **Freshwater Monitoring and Benthic Macroinvertebrates.** Chapman & Hall, New york
- Rosenberg,D.M., I.J. Davies, D.G. Cobb, dan A.P. Wiens. 2001 **Protocols for Measuring Biodiversity: Benthic Macroinvertebrates in Freshwater.**  
<http://eqbdqe.cciw.ca/eman/ecotools/protocols/freshwater/benthics/lotic.html>
- Subyanto dan A. Sulthoni., 1991. **Kunci Determinasi Serangga.** Program Nasional Pelatihan dan Pengembangan Pengendalian hama terpadu, Kanisius. Yogyakarta.
- Wards, J.J., 1992. **Aquatic Insect Ecology: Biology & Habitats.** John Wiley & Sons, Inc., New York
- Wallace, J. Bruce & Richard W. Merritt, 1980. Filter-feeding Ecology of Aquatic Insects. **Annu.Rev. Entomol** 25:103-133.
- Wallace, J. Bruce & Jackson R. Webster. 1996. The Role of Macroinvertebrates in Stream Ecosystem Function. **Annu.Rev. Entomol.** 41:115-139.
- Whitten, A.J. M. Mustafa, dan G.S. Henderson., 1987. **The Ecology of Sulawesi.** Terjemahan Gembong T., Gadjah Mada University Press.

**LAMPIRAN**





Koleksi Jenis makroinvertebrata



*Melanooides granivora*



*Melanooides 1*



*Melanooides 2*



*Melanooides*

