

KAJIAN MAKROINVERTEBRATA DAN KUALITI AIR SUNGAI KIULU,  
TUARAN, SABAH UNTUK MENILAI KEBERKESANAN PERIFITON  
SEBAGAI PENUNJUK BIOLOGI

OH SIEW YONG

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN  
DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS  
DENGAN KEPUJIAN

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PROGRAM BIOLOGI PEMULIHARAAN  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

APRIL 2007



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

19 Mac 2007



---

OH SIEW YONG

HS2004-1138

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Kajian Makroinvertebrata dan Kualiti Air Sungai Kulu,

Tuaran, Sabah untuk Menilai Keberkesanan Perifiton Sebagai Pemijah <sup>BS</sup>

Ijazah: Sarjana Muda Sains, dengan Kejurian (Biologi Pemuliharaan

SESI PENGAJIAN: 6 2004/2005

Saya OH SIEW YONG

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)\* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. \*\*Sila tandakan ( / )

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

[Signature]

(TANDATANGAN PENULIS)

[Signature]

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: 15 A Jln. Jaya Diri Timur,  
83100 Rengit, Satu Pahat,  
Johor.

Prof. Datin Dr. Ann Arhan

Nama Penyelia

Tarikh: 20 April 2007

Tarikh: 20 April 2007

CATATAN: \* Potong yang tidak berkenaan.

\*\* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).

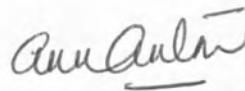


## DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

## 1. PENYELIA

(Prof. Datin Dr. Ann Anton)



---

## 2. PEMERIKSA 1

(Cik Azniza Mahyudin)



---

## 3. PEMERIKSA 2

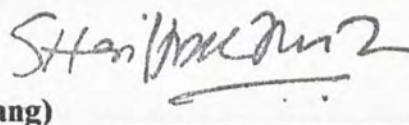
(En. Robert Francis Peters)



---

## 4. DEKAN

(Supt/KS Prof. Madya Dr. Shariff A.K. Omang)



---





## PENGHARGAAN

Terima kasih yang tidak terhingga saya ucapkan kepada Prof. Datin Dr. Ann Anton, selaku penyelia saya. Segala bimbingan, tunjuk ajar dan nasihat yang diberikan semasa menjalankan kajian ini akan sentiasa kekal dalam ingatan.

Rakaman terima kasih juga saya tujukan kepada pemeriksa-pemeriksa yang terlibat iaitu Cik Azniza Mahyudin dan En. Robert Francis Peters. Terima kasih juga kepada semua pembantu makmal dan rakan-rakan yang telah memberikan dorongan, bantuan dan kerjasama kepada saya. Paling istimewa buat rakan saya iaitu Teh Hong Kok, Liew Thor Seng dan Kak Azima yang telah memberikan bantuan dan tunjuk ajar. Saya berasa amat terhutang budi atas segala pertolongan yang telah dihulurkan.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada ibu bapa dan keluarga saya yang telah bersusah-payah dalam membiayai segala keperluan untuk menyiapkan projek tahun akhir saya ini. Tidak lupa juga kepada Fenner Bernard Siew, rakan seperjuangan yang selama ini bersama-sama menjalankan kerja lapangan.

Akhirnya, saya ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan terima kasih kepada sesiapa sahaja yang telah memberi bantuan kepada saya semasa menjalankan kajian ini.

Sekian, terima kasih.



## ABSTRAK

Satu kajian tentang makroinvertebrata dan kualiti air Sungai Kiulu untuk menilai keberkesanan perifiton sebagai penunjuk biologi telah dijalankan di Sungai Kiulu, Tuaran, Sabah pada bulan September, Oktober dan November 2006. Kajian ini bertujuan untuk menentukan kualiti air Sungai Kiulu berdasarkan Indeks Kualiti Air (WQI), menggunakan makroinvertebrata sebagai penunjuk biologi untuk membandingkan kualiti air antara Stesen Kawalan dan Stesen-stesen Persampelan serta menilai keberkesanan penggunaan perifiton dan makroinvertebrata sebagai penunjuk biologi untuk menentukan kualiti air. Spesimen makroinvertebrata dikutip dengan menggunakan jaring tendang ('kick net'). Sebanyak 439 spesimen makroinvertebrata yang terdiri daripada 6 order dan 13 famili telah berjaya disampel dan dikenal pasti. Kebanyakan spesies makroinvertebrata yang dikenal pasti terdiri daripada Order Ephemeroptera yang berpotensi menjadi penunjuk air bersih dan Order Mollusca sebagai penunjuk air kotor. Parameter fizikal yang dikaji termasuk min keluasan dan kedalaman sungai, kelajuan arus air serta suhu air. Parameter kimia seperti oksigen terlarut (DO), permintaan oksigen biokimia (BOD), permintaan oksigen kimia (COD), jumlah pepejal terampai (TSS), amoniakal nitrogen ( $\text{NH}_3\text{N}$ ) dan pH juga ditentukan untuk mendapatkan Indeks Kualiti Air (WQI). Julat nilai WQI bagi Sungai Kiulu yang terletak di antara 73.4 hingga 76.8 berada dalam kelas III (Agak Tercemar). Indeks Biologi (Bilangan Takson, Indeks EPT, FBI, BMWP dan ASPT) pula menunjukkan Sungai Kiulu mempunyai kualiti air yang bersih dengan densiti dan kelimpahan makroinvertebrata (bil. individu per  $\text{m}^2$ ) yang tinggi. Penilaian semua indeks tersebut menunjukkan bahawa kualiti air Sungai Kiulu adalah bersih di hulu sungai tetapi semakin merosot menuju ke hilir sungai. Perifiton dan makroinvertebrata boleh digunakan sebagai penunjuk biologi untuk menentukan kualiti air Sungai Kiulu.





**A STUDY ON MACROINVERTEBRATE AND WATER QUALITY OF  
KIULU RIVER, TUARAN, SABAH TO ASSESS THE EFFICIENCY OF  
PERIPHYTON AS BIOINDICATOR**

**ABSTRACT**

A study of macroinvertebrates as bioindicators to assess the efficiency of periphyton as a water quality indicator was carried out at Kiulu River, Tuaran, Sabah on September, October and November 2006. The objectives of this study were to determine the water quality of Kiulu River based on Water Quality Index (WQI), to compare the water quality between Control and Sampling Stations by using macroinvertebrates as bioindicators and to assess the efficiency of periphyton and macroinvertebrates as bioindicators of water quality. Macroinvertebrates were collected by using a kick net. A total of 439 specimens consist of 6 orders and 13 families were successfully collected and identified. Most of the macroinvertebrates identified belonged to the Order Ephemeroptera which indicates good water quality and Order Mollusca which indicates bad water quality. Physical parameters that were tested include mean stream width and stream depth, current velocity and water temperature. Chemical parameters such as dissolved oxygen (DO), biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total suspended solid (TSS), ammonia nitrogen ( $\text{NH}_3\text{N}$ ) and pH were determined to obtain the Water Quality Index (WQI). WQI value of Kiulu River which ranges from 73.4 to 76.8 is categorized in Class III (Quite Polluted). Biotic Index (taxa richness, EPT index, FBI, BMWP and ASPT) indicated that Sungai Kiulu has clean water quality with high density (individual per  $\text{m}^2$ ) of macroinvertebrates. With the evaluation of the indices, it is shown that the water quality of Kiulu River is good at the upstream but gradually decreases when reaching the downstream. Periphyton and macroinvertebrates can be used as bioindicators to determine the water quality of Kiulu River.



## KANDUNGAN

### Muka Surat

---

|                   |     |
|-------------------|-----|
| PENGAKUAN         | ii  |
| PENGESAHAN        | iii |
| PENGHARGAAN       | iv  |
| ABSTRAK           | v   |
| ABSTRACT          | vi  |
| SENARAI KANDUNGAN | vii |
| SENARAI JADUAL    | ix  |
| SENARAI RAJAH     | x   |
| SENARAI SIMBOL    | xi  |
| SENARAI LAMPIRAN  | xii |

### **BAB 1        PENDAHULUAN**

|                           |   |
|---------------------------|---|
| 1.1    Pengenalan         | 1 |
| 1.2    Justifikasi Kajian | 3 |
| 1.3    Objektif Kajian    | 3 |
| 1.4    Hipotesis Kajian   | 4 |

### **BAB 2        ULASAN LITERATUR**

|   |    |
|---|----|
| 2.1    Ekologi Sungai   | 5  |
| 2.2    Sejarah Biopemantauan Menggunakan Makroinvertebrata    | 6  |
| 2.2.1    Global   | 6  |
| 2.2.2    Malaysia   | 7  |
| 2.3    Makroinvertebrata Sebagai Penunjuk Biologi Kualiti Air | 8  |
| 2.4    Peranan Makroinvertebrata dalam Ekosistem              | 10 |
| 2.5    Indeks Kualiti Air (Water Quality Index, WQI)          | 10 |

### **BAB 3        BAHAN DAN KAEDAH**

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 3.1    Kawasan Kajian     | 12 |
| 3.2    Jadual Persampelan | 15 |





|              |   |    |
|--------------|---|----|
| 3.3          | Kaedah Persampelan  | 16 |
| 3.3.1        | Parameter Fizikal   | 16 |
| 3.3.2        | Parameter Kimia   | 17 |
| 3.3.3        | Parameter Biologi   | 17 |
| 3.4          | Analisis Data   | 19 |
| 3.4.1        | Indeks Kualiti Air (WQI)  | 19 |
| 3.4.2        | Indeks Biotik   | 20 |
| 3.5          | Penggunaan Perifiton dan Makroinvertebrata sebagai Penunjuk Biologi | 23 |
| <br>         |   |    |
| <b>BAB 4</b> | <b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>                                   |    |
| 4.1          | Parameter Fizikal   | 24 |
| 4.2          | Parameter Kimia   | 26 |
| 4.3          | Parameter Biologi   | 29 |
| 4.4          | Indeks Kualiti Air (WQI)  | 30 |
| 4.5          | Indeks Biotik   | 32 |
| 4.6          | Penggunaan Perifiton dan Makroinvertebrata sebagai Penunjuk Biologi | 38 |
| <br>         |   |    |
| <b>BAB 5</b> | <b>KESIMPULAN</b>   |    |
| 5.1          | Kualiti Air Sungai Kiulu berdasarkan Indeks Kualiti Air (WQI)       | 41 |
| 5.2          | Penggunaan Perifiton dan Makroinvertebrata sebagai Penunjuk Biologi | 42 |
| <br>         |   |    |
|              | RUJUKAN   | 45 |
|              | LAMPIRAN  | 49 |



## SENARAI JADUAL

| No. Jadual |  | Muka Surat |
|------------|--|------------|
| 2.1        | Kelas Indeks Kualiti Air JAS.  | 11         |
| 3.1        | Diskripsi stesen persampelan Sungai Kiulu.   | 15         |
| 3.2        | Kaedah persampelan parameter-parameter kimia.  | 17         |
| 3.3        | Kualiti air berdasarkan nilai FBI.   | 21         |
| 3.4        | Kualiti air berdasarkan skor BMWP.   | 22         |
| 3.5        | Kualiti air berdasarkan ASPT.  | 23         |
| 4.1        | Nilai min/julat parameter fizikal kawasan kajian.  | 24         |
| 4.2        | Nilai min dan julat parameter kimia kawasan kajian.  | 26         |
| 4.3        | Komposisi makroinvertebrata yang disampel<br>(bil. individu per m <sup>2</sup> ).  | 30         |
| 4.4        | Nilai Indeks Kualiti Air (WQI) mengikut stesen.  | 32         |
| 4.5        | Kelimpahan penunjuk biologi air bersih bagi perifiton<br>(bil. sel per ml.) dan makroinvertebrata (bil. individu per m <sup>2</sup> ). | 39         |



**SENARAI RAJAH**

| No. Rajah   | Muka Surat |
|---|------------|
| 3.1 Sungai Kiulu, Tuaran.   | 12         |
| 3.2 Lokasi Kawasan Kajian, Sungai Kiulu, Tuaran.                              | 13         |
| 3.3 Peta Sungai Kiulu, Tuaran, Sabah.   | 14         |
| 3.4 Jaring tendang 'kick net'.  | 18         |
| 4.1 Bilangan takson setiap stesen bagi bulan September, Oktober dan November. | 32         |
| 4.2 Nilai indeks EPT bagi setiap bulan persampelan mengikut stesen.           | 34         |
| 4.3 Nilai indeks FBI bagi setiap bulan persampelan mengikut stesen.           | 35         |
| 4.4 Nilai indeks BMWP bagi setiap bulan persampelan mengikut stesen.          | 36         |
| 4.5 Nilai indeks ASPT bagi setiap bulan persampelan mengikut stesen.          | 37         |





## SENARAI SIMBOL

|                       |   |
|-----------------------|---|
| %                     | Peratus   |
| $^{\circ}\text{C}$    | Darjah Celsius                                  |
| $\Sigma$              | Jumlah  |
| m                     | Meter   |
| $\text{mg}^{-1}$      | Miligram per liter                              |
| $\mu$                 | Mikron  |
| Bil.                  | Bilangan  |
| ml.                   | Mililiter                                       |
| DO                    | Oksigen terlarut                                |
| BOD                   | Permintaan oksigen biokimia                     |
| COD                   | Permintaan oksigen kimia                        |
| $\text{NH}_3\text{N}$ | Ammoniakal nitrogen                             |
| TSS                   | Jumlah pepejal terampai                         |
| WQI                   | Indeks Kualiti Air                              |
| JAS                   | Jabatan Alam Sekitar                            |
| GPS                   | Global Positioning System                       |
| EPT                   | Order Ephemeroptera, Plecoptera dan Trichoptera |
| FBI                   | Family Biotic Index                             |
| BMWP                  | Biological Monitoring Working Party             |
| ASPT                  | Average Score Per Taxon                         |
| Sept.                 | September                                       |
| Okt.                  | Oktober   |
| Nov.                  | November  |



## SENARAI LAMPIRAN

| No. Lampiran | Muka Surat |
|--------------|------------|
| Lampiran A   | 49         |
| Lampiran B   | 50         |
| Lampiran C   | 51         |
| Lampiran D   | 53         |
| Lampiran E   | 54         |
| Lampiran F   | 55         |
| Lampiran G   | 56         |
| Lampiran H   | 57         |



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Pengenalan

Sebanyak 97% daripada jumlah air di bumi ini merupakan air masin dan hanya kira-kira 3% merupakan air tawar. Sumber air tawar pula terdiri daripada 2.2% batu ais, 0.6% air bawah tanah dan kira-kira 0.001% lagi di sungai dan juga tasik (Cushing & Allan, 2001). Ekosistem akuatik memainkan peranan yang penting kerana air tawar merupakan keperluan asas kepada semua organisma hidup.

Perubahan kualiti air sungai dari segi fizikal dan kimia akan mengganggu komuniti akuatik (Lek *et al.*, 2005). Dengan itu, kajian tentang organisma akuatik sangat berguna untuk menentukan kesan pencemaran air. Tambahan pula, setiap organisma akuatik mempunyai tahap toleransi yang tertentu terhadap kualiti air. Ini menjadikan sesetengah organisma penunjuk biologi yang baik.





Penunjuk biologi atau '*bioindicator*' memainkan peranan yang penting dalam pemerhatian kualiti air ekosistem akuatik. Selain digunakan sebagai tanda amaran pencemaran, ia juga boleh digunakan untuk mengenal pasti punca dan kesan penurunan kualiti air. Di samping itu, tindak balas organisma akuatik terhadap pencemaran juga boleh dikaji. Pelbagai jenis organisma boleh dijadikan sebagai penunjuk biologi seperti bakteria, protozoa, alga, ikan, makroinvertebrata, makrofit dan sebagainya.

Makroinvertebrata akuatik merupakan haiwan kecil tanpa tulang belakang yang hidup di dalam air dan boleh dilihat dengan mata kasar (Rosenberg & Resh, 1993). Makroinvertebrata digunakan sebagai penunjuk biologi kerana kehadiran atau ketidakhadiran mereka boleh menunjukkan keadaan sungai secara umum. Makroinvertebrata termasuk serangga akuatik, crustacea dan mollusca.

Kajian terhadap makroinvertebrata telah dijalankan oleh ramai saintis di seluruh dunia. Menurut McCafferty (1981), makroinvertebrata sangat sesuai digunakan dalam program biopemantauan di samping kaedah analisis kimia air. Ini kerana pencemaran air yang berlaku bukan sahaja membawa kesan terhadap kualiti air, namun juga mempengaruhi taburan dan komposisi makroinvertebrata.

Pelbagai jenis indeks biotik telah dicipta untuk analisis berbagai-bagai jenis penunjuk biologi yang diguna secara meluas. Indeks biotik memberi nilai kepada sesuatu spesies berdasarkan tahap toleransi spesies tersebut terhadap pencemaran, di mana jumlah nilai yang diperolehi memberi indeks pencemaran kawasan tersebut (Mason, 2002). Contohnya, Saprobic Index, Bellan's Pollution Index,

Family Biotic Index (FBI), EPT Index, Biological Monitoring Working Party (BMWP), Average Score Per Taxon (ASPT) dan sebagainya.

Sungai adalah harta yang tidak ternilai yang perlu dijaga dan dilindungi bersama. Permintaan terhadap air tawar semakin meningkat dengan meningkatnya populasi manusia selaras dengan peningkatan taraf hidup. Di samping kaedah analisis kimia air, program biopemantauan sangat penting agar sungai yang merupakan sumber air tawar utama tidak terus dieksploitasi secara berlebihan tanpa kawalan.

## **1.2 Justifikasi Kajian**

Kajian ini dijalankan untuk meninjau taburan dan kelimpahan makroinvertebrata serta kegunaannya sebagai penunjuk biologi kualiti air. Di samping mengenal pasti spesies makroinvertebrata yang terdapat di Sungai Kiulu, kajian ini juga dijalankan untuk mengkaji potensi penunjuk biologi ini sebagai pelengkap kepada program biopemantauan yang sedia ada di Malaysia. Kajian ini juga dijalankan kerana penyelidikan mengenai makroinvertebrata pada persekitaran akuatik kurang diberi perhatian.

## **1.3 Objektif Kajian**

Objektif kajian adalah untuk menentukan kualiti air Sungai Kiulu berdasarkan Indeks Kualiti Air (WQI). Di samping itu, makroinvertebrata digunakan sebagai penunjuk biologi untuk membandingkan kualiti air antara Stesen Kawalan dan Stesen-stesen Persampelan. Kajian ini juga turut menilai keberkesanan penggunaan



perifiton dan makroinvertebrata sebagai penunjuk biologi untuk menentukan kualiti air.

#### **1.4 Hipotesis Kajian**

Hipotesis kajian ini adalah:

1. Nilai indeks EPT adalah lebih tinggi bagi Stesen Kawalan berbanding dengan Stesen-stesen persampelan.
2. Perifiton dan makroinvertebrata boleh digunakan sebagai penunjuk biologi untuk menentukan kualiti air Sungai Kiulu.





## BAB 2

### ULASAN LITERATUR

#### 2.1 Ekologi Sungai

Ekosistem sungai terdiri daripada habitat lotik iaitu mempunyai persekitaran yang mengalir (Kalff, 2002). Ciri sungai yang medium airnya bergerak dalam satu arah, menunjukkan variasi bermusim dari segi isipadu air, kadar pengaliran dan kadar hakisan (Ahmad & Ahmad, 1992). Variasi bermusim ini bergantung kepada kekerapan dan kelebatan hujan sesuatu kawasan. Dalam pada itu, pergerakan air yang sehalu menyebabkan dasar dan tebing sungai tidak begitu stabil.

Air sungai mengalir dari hulu yang bercerunan tinggi ke hilir yang semakin landai sebelum bersambung dengan tasik atau laut (Ahmad & Ahmad, 1992). Ekosistem sungai memperlihatkan proses hakisan yang pesat berlaku di bahagian hulu manakala proses pemendakan di bahagian hilir. Ciri-ciri sungai seperti keluasan, kedalaman, kecerunan, kadar pengaliran dan sebagainya mempengaruhi komposisi flora dan fauna.

## 2.2 Sejarah Biopemantauan Menggunakan Makroinvertebrata

### 2.2.1 Global

Rundle *et al.* (1993) telah menggunakan kaedah semi kuantitatif untuk mengkaji makroinvertebrata pada 58 habitat jeram sungai yang terletak di kawasan Himalaya. Dalam kajian tersebut, beliau mendapati bahawa struktur komuniti makroinvertebrata berkait rapat dengan punca pencemaran, altitud dan juga parameter kimia air. Beliau membuat kesimpulan bahawa aktiviti manusia mempunyai kesan terhadap struktur dan ekologi sungai melalui pengurusan kawasan tadahan air.

Menurut Cao *et al.* (1997), perubahan struktur makroinvertebrata adalah selaras dengan penurunan kualiti air Sungai Trent di England. Kepelbagaian spesies adalah rendah pada lokasi yang tercemar namun beberapa spesies yang toleransi terhadap pencemaran boleh didapati. Cao *et al.* berpendapat bahawa indeks biotik seperti BMWP dan ASPT berserta dengan indeks kepelbagaian boleh digunakan dalam penentuan pecemaran organik sungai.

Dalam kajian Chihiro Yoshimura dan rakannya pada tahun 2006, hubungan antara keadaan habitat dan makroinvertebrata dianalisis secara statistik untuk mengesahkan potensi makroinvertebrata sebagai penunjuk biologi. Cara pemakanan dan tahap kesensitifan spesies penunjuk ditentukan. Dalam pada itu, korelasi antara bekalan makanan dan makroinvertebrata serta interaksinya dengan organisma lain juga dikaji dalam kajian tersebut. Beliau mencadangkan bahawa pendekatan penunjuk



biologi boleh digunakan sebagai pelengkap kepada kaedah tradisional yang digunakan dalam penilaian ekosistem sungai.

Moreno dan Callisto (2006) mengkaji kesan persekitaran seperti kilang petroleum dan aktiviti perbandaran terhadap struktur komuniti makroinvertebrata. Dalam kajian tersebut, mereka mendapati bahawa tasik Ibirité mempunyai kekayaan dan kepelbagaian spesies makroinvertebrata yang rendah. Namun demikian, organisma yang toleransi terhadap pencemaran seperti Oligochaeta (60%) pula mempunyai densiti yang tinggi. Mereka menyimpulkan bahawa pengurangan kualiti air tasik tersebut merupakan kesan daripada pembuangan sampah-sarap yang seterusnya menyebabkan berlakunya eutrofikasi.

### 2.2.2 Malaysia

Salmah *et al.* (1999) dari Universiti Sains Malaysia telah mengkaji hubungan antara serangga akuatik dan parameter kimia air serta ciri fizikal sungai pada enam batang sungai yang terletak di Temenggor. Indeks biotik seperti EPT dan FBI digunakan untuk melihat potensi serangga akuatik sebagai penunjuk biologi. Dalam kajian tersebut, beliau dan rakannya mendapati bahawa kepelbagaian dan kelimpahan serangga akuatik adalah tinggi pada sungai yang tidak tercemar.

Ahmad-Abas dan rakannya (2003) telah membuat kajian awal kelimpahan makroinvertebrata bentik di kawasan sumber tentu pencemaran di Tasik Chini, Pahang. Dalam kajian tersebut, beliau membuat kesimpulan bahawa kekayaan dan taburan organisma bentik dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Beliau dan





rakannya mendapati bahawa faktor-faktor fizikal habitat mempengaruhi penyebaran makroinvertebrata terutamanya oleh kepekatan oksigen terlarut yang rendah.

### 2.3 Makroinvertebrata Sebagai Penunjuk Biologi Kualiti Air

Penunjuk biologi digunakan secara meluas untuk menentukan kualiti air ekosistem air tawar. Ini mungkin disebabkan oleh kita bergantung kepadanya sebagai sumber bekalan air untuk aktiviti harian. Dengan itu, protokol menggunakan pelbagai jenis organisma sebagai penunjuk biologi telah dicipta dan diaplikasikan secara meluas.

Menurut Hellawell (1986), alga dan makroinvertebrata merupakan penunjuk biologi yang paling popular untuk menentukan kualiti air ekosistem akuatik. Makroinvertebrata sering digunakan kerana ia mempunyai beberapa kelebihan berbanding dengan organisma yang lain.

Makroinvertebrata sesuai digunakan sebagai penunjuk biologi kualiti air dengan wujudnya banyak data daripada kajian-kajian lepas (Rosenberg & Resh, 1993). Pelbagai jenis kaedah analisis dengan menggunakan indeks biotik seperti FBI, BMWP, ASPT dan EPT telah dicipta dan digunakan secara luas.

Dalam pada itu, jangka hayat yang agak panjang dan kehadiran makroinvertebrata yang banyak di pelbagai jenis sungai juga membolehkannya menjadi penunjuk biologi yang baik (Novotny & Olem, 1994).





Tambahan pula, pengecaman makroinvertebrata sehingga tahap famili senang dilakukan dengan wujudnya kunci pengecaman yang lengkap.

Makroinvertebrata yang boleh dilihat dengan mata kasar menjadikan persampelannya senang dan menjimatkan masa serta tenaga. Sesetengah makroinvertebrata mengekalkan posisi mereka dengan persekitaran sungai. (Rosenberg & Resh, 1993). Pergerakan makroinvertebrata yang terhad ini menjadikannya penunjuk yang berkeyakinan di kawasan kajian.

Walau bagaimanapun, makroinvertebrata juga mempunyai beberapa kelemahan yang mengurangkan keberkesannya sebagai penunjuk biologi kualiti air. Bukan semua spesies makroinvertebrata mampu menunjukkan tindak balas terhadap pencemaran air (Rosenberg & Resh, 1993). Sesetengah spesies adalah toleransi terhadap pencemaran air manakala sesetengah spesies pula sangat sensitif.

Penyebaran dan kelimpahan makroinvertebrata juga berbeza-beza mengikut musim (Merrit & Cummins, 1984). Dalam pada itu, perubahan taburan makroinvertebrata mungkin disebabkan oleh faktor semula jadi seperti kelajuan arus air dan bukannya pencemaran (Rosenberg & Resh, 1993). Oleh yang demikian, pengetahuan tentang ekologi makroinvertebrata diperlukan untuk program pemantauan.

Selain itu, makroinvertebrata mungkin dihanyutkan oleh air yang deras ke kawasan lain yang bukan habitat semula jadinya. Sifat gerak alir makroinvertebrata perlu dikaji supaya data yang diperolehi tidak memberi gambaran yang salah.



Dari segi penganalisaan data pula, sesetengah kumpulan makroinvertebrata seperti larva Chironomidae susah dikenal pasti (Loeb & Spacie, 1994). Kekunci untuk pengecaman makroinvertebrata yang sempurna hanya sehingga peringkat famili atau order. Pengecaman sehingga tahap genus atau spesies pula memerlukan kepakaran.

#### **2.4 Peranan Makroinvertebrata dalam Ekosistem**

Makroinvertebrata memainkan peranan yang penting dalam ekosistem sungai. Sebagai pengguna sekunder atau tertier dalam rantai makanan, makroinvertebrata merupakan sumber makanan kepada kebanyakan spesies ikan. Kepelbagaian makroinvertebrata yang tinggi dan boleh didapati di pelbagai jenis habitat membekalkan makanan yang mencukupi kepada ikan sepanjang tahun. Makroinvertebrata juga memainkan peranan penting dalam penguraian bahan organik dan menyumbang kepada kitar nutrien persekitaran akuatik (Merrit & Cummins, 1984).

#### **2.5 Indeks Kualiti Air (Water Quality Index, WQI)**

Jabatan Alam Sekitar (JAS) telah melaksanakan Program Pemantauan Kualiti Air Sungai di Malaysia sejak tahun 1978 dengan tujuan meningkatkan tahap kualiti air sungai, mengesan perubahan dan mengenalpasti punca pencemaran (JAS, 2005). Data-data kualiti air tersebut digunakan untuk menentukan status kualiti air. Dalam sistem tersebut, sungai boleh dikategorikan kepada lima kelas iaitu, Kelas I (sangat bersih), Kelas II (bersih), Kelas III (agak tercemar), Kelas IV (tercemar) dan Kelas V (sangat tercemar) (Jadual 2.1).

Indeks Kualiti Air dikira berdasarkan enam parameter berikut:

- i) Oksigen Terlarut (DO)
- ii) Permintaan Oksigen Biokimia (BOD)
- iii) Permintaan Oksigen Kimia (COD)
- iv) pH
- v) Jumlah Pepejal Terampai (TSS)
- vi) Ammoniakal Nitrogen ( $\text{NH}_3\text{N}$ )

**Jadual 2.1** Kelas Indeks Kualiti Air JAS.

| Parameter                               | Unit               | Kelas                |                |                        |                  |                        |
|---|--------------------|----------------------|----------------|------------------------|------------------|------------------------|
|   |                    | I<br>(Sangat Bersih) | II<br>(Bersih) | III<br>(Agak Tercemar) | IV<br>(Tercemar) | V<br>(Sangat Tercemar) |
| <b>BOD</b>                              | $\text{mg l}^{-1}$ | < 1                  | 1 - 3          | 3 - 6                  | 6 - 12           | > 12                   |
| <b>DO</b>                               | $\text{mg l}^{-1}$ | > 7                  | 5 - 7          | 3 - 5                  | 1 - 3            | < 1                    |
| <b>COD</b>                              | $\text{mg l}^{-1}$ | < 10                 | 10 - 25        | 25 - 50                | 50 - 100         | > 100                  |
| <b><math>\text{NH}_3\text{N}</math></b> | $\text{mg l}^{-1}$ | < 0.1                | 0.1 - 0.3      | 0.3 - 0.9              | 0.9 - 2.7        | > 2.7                  |
| <b>TSS</b>                              | $\text{mg l}^{-1}$ | < 25                 | 25 - 50        | 50 - 150               | 150 - 300        | > 300                  |
| <b>pH</b>                               | -                  | > 7.0                | 6.0 - 7.0      | 5.0 - 6.0              | < 5.0            | > 5.0                  |
| <b>WQI</b>                              | -                  | > 92.7               | 76.5 - 92.7    | 51.9 - 76.5            | 31.0 - 51.9      | < 31.0                 |

(Sumber: Jabatan Alam Sekitar (JAS), 2005)





## RUJUKAN

- Ahmad-Abas, K. & Che Sarina, A. W. 2003. Kajian awal kelimpahan makroinvertebrata benthik di kawasan sumber tentu pencemaran. Dlm: Shukor, M. N. & Neeta, D. S. (pnyt.). *Kepelbagaian Biologi dan Ekologi Fauna di Malaysia*. UKM, Bangi.
- Ahmad, I. & Ahmad, B. M. 1992. *Ekologi Air Tawar*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- APHA. 1985. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Ed. ke-16. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Washington, DC.
- Arman, H. F., Maryati, M. & Akira Takahashi. 2005. *Aquatic Insects Identification Guide*. Research & Education Component of the BBEC Programme, Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu.
- Bartram, J. & Ballance, R. (pnyt.). 1994. *Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*. Chapman & Hall, New York.
- Cao, W., Bark, A. W. & Williams, W. P. 1997. Analyzing benthic macroinvertebrate community changes along a pollution gradient: a framework for the development of biotic indices. *Water Research* **31** (4): 884 - 892.
- Chihiro Yoshimura, Klement Tockner, Tatsuo Omura & Otto Moong. 2006. Species diversity and functional assessment of macro communities in Austrian rivers. *Limnology* **7**: 63 - 74.
- Cushing, C. E. & Allan, J. D. 2001. *Streams: Their Ecology Life*. Academic Press, San Diego.





- Fenner, B. S. 2007. *Kajian perifiton sebagai penunjuk biologi di Sungai Kiulu, Tuaran, Sabah*. Disertasi Sarjana Muda Sains, Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu (Tidak diterbitkan) (Dalam Penyediaan).
- HACH, 1990. *Buku Panduan Operasi Hach-Kit Model DR-2000*. Loveland, USA.
- Hellawell, J. M. 1986. *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*. Elsevier, London.
- Jabatan Alam Sekitar (JAS). 2005. *Program Pemantuaan Kualiti Air Daratan (Sungai)*. [www.doe.gov.my](http://www.doe.gov.my)
- Jamil, K. 2001. *Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment*. Science Publishers, Inc. Enfield, NH, USA.
- Kalff, J. 2002. *Limnology*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Lek, S., Scardi, M., Verdonschot, P. F. M., Descy, J. P. & Park, Y. S. (pnyt.). 2005. *Modelling Community Structure in Freshwater Ecosystems*. Springer Berlin Heidelberg, New York.
- Loeb, S. L. & Spacie, S. 1994. *Biological Monitoring of Aquatic Systems*. CRC Press Inc., London.
- Mason, C. 2002. *Biology of Freshwater Pollution*. Ed. ke-4. Pearson Education Limited, Edinburgh.
- Mays, L. W. 1996. *Water Resources Handbook*. McGraw-Hill, New York.
- Maznah, W. D. & Mansor, M. 2002. Aquatic pollution assessment based on attached diatom communities in the Penang River Basin, Malaysia. *Hydrobiologia* **487**: 229 - 241.



- McCafferty, W. P. 1981. *Aquatic Entomology*. Science Books International, Boston.
- Merritt, R. W. & Cummins, K. W. (pnyt.). 1984. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Ed. ke-2. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Moreno, P. & Callisto, M. 2006. Benthic macroinvertebrates in the watershed of an urban reservoir in southeastern Brazil. *Hydrobiologia* **560**: 311 - 321.
- Murtedza, M., Stanforth, R., Tan, T. H. & Kadderi, M. D. 1985. *Determination of Source and Loading of Solids in River Tributaries: A Case Study*. Faculty of Science & Natural Resources, Universiti Kebangsaan Malaysia, Sabah Campus.
- Novotny, V. & Olem, H. 1994. *Water Quality: Prevention, Identification and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Resh, V. H., Myers, J. & Hannaford, M. J. 1996. Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality. Dlm: Hauer, F. R. & Lamberti, G. A. (pnyt.). *Methods in Stream Ecology*. Academic Press, New York.
- Rosenberg, D. M. & Resh, V. H. (pnyt.). 1993. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Invertebrates*. Chapman and Hall, New York.
- Rundle, S. D., Jenkins, A. & Ormerod, S.J. 1993. Macroinvertebrate communities in streams in the Himalayan, Nepal. *Freshwater Biology* **30**: 169 - 180.
- Salmah, C., Hassan, A. A. & Jongkar, K. 1999. The diversity of aquatic insects in the mountain streams and its implication on biomonitoring: a case study. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> SITE Seminar, Tropical Ecosystem Research in Sabah: for whom and for what?* Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu.



- Stark, J. D., Boothroyd, I. K. G., Harding, J. S., Maxted, J. R. & Scarsbrook, M. R. 2001. *Protocols for Sampling Macroinvertebrates in Wadeable Streams*. New Zealand Macroinvertebrate Working Group Report No.1.
- Thorp, J. H., & Covich, A. P. (pnyt.). 1991. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Academic Press, New York.
- William, D. D. & Felmate, B. W. 1992. *Aquatic Insects*. CAB International Wallingford, United Kingdom.
- Wetzel, R. G. & Likens, G.E., 1991. *Limnological Analyses*. New York: W.B. Saunders Company.

