

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

#### 2.1. Karakteristik Sungai

Sungai merupakan salah satu bentuk perairan yang mempunyai alur dari hulu hingga hilir. Umumnya daerah hulu mempunyai karakteristik air yang masih jernih dengan kadar salinitas nol (0 ‰) dan tingkat pencemaran rendah, sedangkan daerah hilir mempunyai karakteristik air yang telah mengalami perubahan warna dengan kadar salinitas yang makin meningkat (Wijayanti, 2003).

Menurut Round (1993), sungai adalah suatu alur panjang diatas permukaan bumi tempat mengalirnya air yang berasal dari hujan. Di sepanjang sungai dapat terjadi perubahan kedalaman, rata-rata aliran, geologi permukaan tanah pada dasar sungai, konsentrasi garam (dari hulu hingga hilir), dan turbiditas. Pada sungai juga terjadi sedimentasi karena erosi pada daerah lereng sungai yang terbawa oleh arus dan kemudian akan terakumulasi pada dasar sungai (Amaliya, 2003).

Kondisi sungai yang tercemar dapat disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya buangan limbah industri, kegiatan pertanian maupun rumah tangga. Pencemaran tersebut menyebabkan terjadinya perubahan sifat fisik-kimia perairan yang ditandai oleh adanya perubahan warna, bau, dan lain sebagainya yang dapat mempengaruhi komunitas organisme disekitarnya, termasuk plankton.

## 2.2. Komunitas

Komunitas merupakan kumpulan populasi organisme yang lebih kompleks pada suatu daerah atau sekelompok populasi yang terdiri dari tumbuhan dan hewan pada suatu wilayah. Komunitas juga dapat didefinisikan sebagai suatu kumpulan jenis dalam suatu populasi yang terjadi secara bersamaan dalam ruang dan waktu (Odum, 1993).

Komunitas terbagi dalam dua kelompok yaitu, komunitas mayor merupakan kumpulan populasi yang cukup besar dan lengkap sehingga relatif tidak tergantung dengan kumpulan lain dan komunitas minor merupakan kumpulan populasi yang kurang lebih masih tergantung dengan kumpulan-kumpulan lain disekitarnya (Odum, 1993).

Komunitas dapat diklasifikasikan berdasarkan (1) bentuk atau sifat struktur utama (2) habitat fisik dan (3) sifat lingkungan alam (iklim). Komunitas dapat digambarkan melalui pola fluktuasi kerapatan populasi yang berlangsung secara terus-menerus. Fluktuasi yang paling menonjol terdapat pada organisme yang mempunyai pola penyebaran musiman, seperti migrasi (Odum, 1993).

Dalam suatu struktur komunitas terdapat dua tipe indeks, yaitu indeks keanekaragaman dan indeks kesamaan. Indeks keanekaragaman berusaha untuk menggabungkan data jenis dan kemelimpahannya dalam komunitas hingga nantinya keadaan suatu komunitas dapat diketahui dari data tersebut. Sedangkan indeks kesamaan digunakan untuk mengetahui persamaan jenis yang terdapat pada dua sampel (Washington, 1984).

### 2.3. Keanekaragaman

Keanekaragaman didefinisikan sebagai kondisi yang beranekaragam pada jenis yang meliputi karakter dan kualitasnya. Sedangkan keanekaragaman jenis adalah jumlah kehadiran jenis dan pemerataan (distribusi) tiap individunya. Keanekaragaman jenis dapat digunakan sebagai parameter struktur komunitas yang meliputi jumlah jenis dan kemelimpahannya dalam kelompok *taxa*. Keanekaragaman jenis dalam komunitas dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui keseimbangan ekosistem suatu perairan. Tetapi kestabilan dan ketidakstabilan ekosistem tidak selalu dilihat dari komposisi atau keanekaragaman jenis suatu komunitas. Kestabilan suatu ekosistem dapat diindikasikan oleh stabilnya aliran energi yang terdapat dalam komunitas (Odum, 1993).

Struktur komunitas plankton dapat diketahui melalui komposisi jenis, kemelimpahan jenis, dan keanekaragaman jenis dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

#### 2.3.1. Kemelimpahan Relatif

Kemelimpahan relatif dimaksudkan untuk menggambarkan kemelimpahan atau dominansi jenis dalam komunitas. Untuk menghitung kemelimpahan jenis plankton digunakan rumus sebagai berikut :

$$D_i = \left( \frac{n_i}{N} \right) \times 100\%$$

Dimana :  $D_i$  = Kemelimpahan relatif

$n_i$  = Jumlah individu jenis ke- $i$

$N$  = Jumlah total individu

Menurut Jorgensen (1974) dalam Odum (1993), untuk menggambarkan kemelimpahan jenis dalam suatu komunitas dapat dibedakan dalam tiga kelompok, yaitu:

- a. Jenis dominan, apabila mempunyai  $D_i > 5\%$
- b. Jenis subdominan, apabila mempunyai  $D_i$  antara  $2\% - 5\%$
- c. Jenis tidak dominan, apabila mempunyai  $D_i < 2\%$

### 2.3.2. Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman merupakan fungsi dari jumlah jenis dan pemerataan kemelimpahannya. Indeks keanekaragaman dipengaruhi oleh jumlah jenis, namun keanekaragamannya dapat meningkat ketika jumlah jenisnya menurun, yaitu apabila kemelimpahannya juga menurun (Magurran, 1987).

Indeks keanekaragaman jenis dibagi menjadi sembilan kelompok berdasarkan : ukuran sampel, jumlah jenis, data yang ada, pendekatan melalui kurva, teori informasi, interaksi individu, jarak ekologi, teori *run* dan tingkatan *cenotic* (Washington, 1984).

#### A. Berdasarkan Ukuran Sampel

##### 1. Indeks Simpson

Indeks Simpson menggambarkan kemungkinan dari dua individu yang terambil dari populasi secara acak berasal dari kelompok *taxa* yang sama sehingga indeks Simpson lebih dikenal sebagai indeks dominansi. Indeks ini sangat dipengaruhi oleh ukuran sampel dan kemelimpahan jenis. Kisaran indeks lebih sering terjadi antara 1 sampai tak terhingga daripada kisaran nilai antara 0 - 1.

Indeks Simpson digunakan sebagai dasar pembentukan indeks keanekaragaman yang lain (Magurran, 1987).

Rumus : **D Simpson**

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{n(n - 1)}$$

Keterangan : D = Indeks Simpson

$n_i$  = Jumlah individu jenis ke-i

n = Jumlah total individu

S = Jumlah jenis

## B. Berdasarkan Jumlah Jenis

Indeks ini dihitung berdasarkan jumlah jenis yang ditemukan pada sampel atau populasi. Ada dua rumus, yaitu :

### 1. Indeks Kothe

Indeks Kothe mengacu pada *species deficit* yang berdasarkan perbedaan jumlah jenis di perairan yang belum tercemar dan telah tercemar sehingga pada perairan yang tercemar dapat diketahui adanya pengurangan jumlah jenis. Keunggulan dari indeks ini adalah (1) memberikan persentase skala linear, (2) mengindikasikan akibat sumber pencemar, (3) samplingsnya mudah, dan (4) hasilnya berupa grafik. Hasil dari indeks ini hanyalah data kehadiran jenis. Untuk Indeks Kothe dibutuhkan lokasi sampling yang tidak tercemar sebagai kontrol. Indeks Kothe lebih tepat sebagai indeks persamaan (Washington, 1984).

Rumus : **Kothe Species deficit**

$$\frac{A_1 - A_x}{A_1} \times 100\%$$

Keterangan :  $A_1$  = Jumlah jenis di perairan yang belum tercemar

$A_x$  = Jumlah jenis di perairan yang telah tercemar

## 2. Indeks Odum

Indeks Odum berdasarkan jumlah individu dan jumlah jenis yang hadir. Indeks ini digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan yang disebabkan oleh pencemaran. Indeks Odum dipengaruhi ukuran sampel, jika ukuran sampel sedikit, indeksnya kurang akurat. Indeks akan menurun jika perairan tercemar (Odum, 1993).

Rumus : **Indeks Odum**

$$\text{Jumlah jenis} / 1000 \text{ individu}$$

### C. Berdasarkan Data yang Ada

Indeks keanekaragaman berdasarkan data yang ada hanya memperhitungkan kehadiran jenis. Tiga indeks yang mendukung adalah :

#### 1. Indeks Gleason

Perhitungan pada indeks Gleason menggunakan jumlah jenis dibagi log dari jumlah total individu. Indeks ini berkisar antara 0 - 30. Ukuran sampel sangat mempengaruhi indeks Gleason dan menyebabkan variasi pada indeks, tetapi indeks ini tidak dapat digunakan untuk membandingkan dua sampel yang ukurannya berbeda sehingga digantikan oleh indeks Margalef (Magurran, 1987).

Rumus: **Indeks Gleason**

$$D = \frac{S}{\ln N}$$

Keterangan : D = Indeks Gleason

S = Jumlah jenis

N = Jumlah total individu

## 2. Indeks Margalef

Indeks Margalef didasarkan pada hubungan antara jumlah jenis dengan log dari jumlah total individu, tetapi hubungannya tidak selalu linear. Indeks Margalef mengacu pada indeks Gleason, namun mempunyai sedikit perbedaan dengan indeks Gleason, yaitu pada satu nilai dari jumlah jenis yang pada jumlah yang banyak akan membuat perbedaan pada angka indeks (Magurran, 1987).

Rumus: **Indeks Margalef**

$$DMg = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Keterangan : DMg = Indeks Margalef

S = Jumlah jenis

N = Jumlah total individu

## 3. Indeks Menhinick

Indeks Menhinick digunakan untuk membandingkan keanekaragaman jenis pada ukuran sampel yang berbeda. Indeks ini digunakan untuk populasi serangga dan tidak cocok untuk ekosistem perairan. Nilainya sangat dipengaruhi oleh ukuran sampel (Magurran, 1987).

Rumus : **Indeks Menhinick**

$$D = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Keterangan : D = Indeks Menhinick

S = Jumlah jenis

N = Jumlah total individu

#### D. Berdasarkan Pendekatan Melalui Kurva

Indeks ini dirancang dengan mencocokkan perhitungan data dengan kurva kemelimpahan jenis. Indeks-indeks dalam kelompok ini memperhitungkan perbaikan kekayaan, keanekaragaman, ukuran sampel dan *taxa*. Empat rumus yang mengarah pada teori tersebut adalah :

##### 1. Indeks Motumora

Indeks Motomura digunakan untuk mencocokkan rangkaian geometrik dengan kurva keanekaragaman-dominansi, yaitu dengan menghitung kemelimpahan jenis yang paling tinggi hingga yang paling rendah. Indeks Motumora hanya cocok digunakan untuk data yang sedikit sehingga sangat tepat digunakan pada komunitas yang miskin jenisnya (Washington, 1984).

Rumus : **Seri Geometrik Motumora**

$$y = Ac^{(x-1)}$$

Keterangan : y = Produk yang dihasilkan oleh jenis

$A_c$  = Produk yang dihasilkan oleh jenis yang penting

x = Jumlah jenis



## 2. Indeks Fisher

Indeks Fisher menunjukkan bahwa rangkaian log-nya menggambarkan hubungan antara jenis dengan individu dalam sampel. Rangkaian log ini sangat tepat digunakan untuk populasi serangga. Indeks Fisher dipengaruhi oleh ukuran sampel (Washington, 1984).

Rumus :  **$\alpha$  Fisher**

$$S = \alpha \ln \left( 1 + \frac{N}{\alpha} \right)$$

Keterangan : S = Indeks Fisher

$\alpha$  = Jumlah jenis

N = Jumlah total individu

## 3. Indeks Yule

Indeks Yule digunakan untuk mempelajari distribusi individu dari sampel yang berbeda. Kisaran nilai indeks Yule antara 1 sampai tak terhingga (Washington, 1984).

Rumus : **Karakteristik Yule yang Dimodifikasi**

$$M = \frac{(M_1)^2}{M_2 - M_1}$$

Keterangan : M = Indeks Motumora

$M_1$  = Jumlah distribusi dalam sampel

$M_2$  = Jumlah distribusi dalam sampel yang diberi tanda

n = Jumlah total individu

#### 4. Indeks Preston

Indeks Preston menggambarkan distribusi populasi hewan yang mendekati distribusi log normal. Log normal ini ditentukan menurut jumlah jenis dan standar deviasi yang merupakan ukuran dari persebarannya. Indeks Preston digunakan untuk populasi artropoda dan bentos pada perairan laut dan tidak dapat digunakan pada semua tipe ekosistem. Perhitungannya membutuhkan data yang banyak sehingga indeks Preston sangat tepat digunakan pada komunitas yang kaya jenis (Washington, 1984).

Rumus : **Log Normal Preston**

$$y = y_0 \exp(-aR)^2$$

Keterangan :  $y$  = Jumlah jenis di tingkat ke- $R$

$y_0$  = Jumlah jenis pada tingkat model

$a$  = Persebaran yang konstan

$R$  = Jumlah tingkatan

#### E. Berdasarkan Teori Informasi

Indeks pada teori informasi menggambarkan perbandingan kelompok jumlah jenis pada suatu area. Indeks-indeks ini tidak tergantung pada ukuran sampel dan tidak menggambarkan distribusi individu maupun jenisnya. Dua rumus utama dari teori informasi adalah indeks keanekaragaman Brillouin dan Shannon-Wiener, kemudian dari keduanya terbentuk indeks keanekaragaman Redudancy dan Evenness (Washington, 1984). Indeks dari teori informasi adalah :

## 1. Indeks Brillouin

Indeks Brillouin hanya dapat digunakan pada tingkat populasi yang tidak terlalu besar. Indeks Brillouin digantikan oleh indeks yang lain karena indeks ini sangat tergantung pada ukuran sampel, sedangkan indeks pada teori informasi tidak tergantung pada ukuran sampel (Washington, 1984).

Rumus : **Brillouin**

$$H = \frac{1}{N} \ln \frac{N!}{\prod_{i=1}^S N_i!}$$

Keterangan : H = Indeks Brillouin

N = Jumlah total individu

$N_i$  = Jumlah total individu jenis ke-i

S = Jumlah jenis

## 2. Indeks Shannon-Wiener

Indeks Shannon-Wiener menggabungkan komponen keanekaragaman dan komponen pemerataannya. Diasumsikan bahwa seluruh jenis dan individu hadir dalam sampel atau populasi. Indeks ini dapat menggambarkan keanekaragaman berdasarkan *entropy* (untuk mengukur heterogenitas dalam populasi) dan *trophic diversity* (untuk menggambarkan aliran energi dalam jaring makanan). Kisaran indeks untuk plankton sebesar 1,5 – 3,5 dan jarang sekali yang melebihi 4,5. (Washington, 1984).

Rumus : **Shannon-Wiener**

$$H' = \sum \left( \frac{n_i}{N} \right) \ln \left( \frac{N}{n_i} \right)$$

Keterangan :  $H'$  = Indeks Shannon-Wiener

$N$  = Jumlah total individu

$n_i$  = Jumlah individu jenis ke- $i$

### 3. Indeks Redudancy

Indeks Redudancy menjelaskan angka dari perilaku pemerataan (distribusi) individu. Jika indeks yang lain dalam teori informasi mengalami penurunan, indeks Redudancy justru mengalami peningkatan, nilainya antara 0 (jika Evenness meningkat) hingga 1 (jika Evenness menurun). Oleh karena itu, indeks Redudancy digantikan oleh indeks Evenness (Washington, 1984).

Rumus : **Redudancy**

$$R = \frac{H'_{\max} - H'}{H'_{\max} - H'_{\min}}$$

Keterangan :  $R$  = Indeks Redudancy

$H'_{\max}$  = Indeks Shannon-Wiener maksimal

$H'_{\min}$  = Indeks Shannon Wiener minimum.

### 4. Indeks Evenness

Indeks Evenness menggantikan indeks Redudancy, digunakan untuk mengukur pemerataan (distribusi) individu dalam komunitas, sebagai ukuran hubungan keberadaan jenis pada suatu tempat dan waktu sehingga indeks Evenness lebih dikenal sebagai indeks pemerataan jenis dan digunakan bersama dengan indeks Shannon-Wiener agar dapat mengestimasi rasio kelimpahan jenis. Keanekaragaman jenis sangat berkaitan erat dengan indeks Evenness, namun

jumlah jenis tidak menentukan keanekaragaman jenis plankton, perifiton dan makrobenthos. (Odum, 1993).

Rumus : **Evenness**

$$e = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan : e = Indeks Evenness

H' = Indeks Shannon-Wiener

S = Jumlah jenis

#### F. Berdasarkan Interaksi Individu

Umumnya digunakan untuk menghitung keanekaragaman berdasarkan individu yang dijumpai atau saling berinteraksi dengan individu lain dalam komunitas. Rumus yang mewakili adalah :

##### 1. Indeks Hulbert

Indeks Hulbert menggambarkan bahwa tiap individu mempunyai potensi untuk berinteraksi dengan individu lain dalam komunitas. Indeks Hulbert akan lebih valid jika sampel diambil dari komunitas yang dibatasi oleh ukuran organisme, pergerakan dan lain-lain. Perbedaan kondisi alam tidak mempengaruhi angka indeks ini (Washington, 1984).

Rumus : **PIE Hulbert**

$$PIE = \left( \frac{N}{N-1} \right) \left( 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 \right)$$

Keterangan : PIE = Indeks Hulbert

N = Jumlah total individu

$p_i = \pi_i = N_i/N =$  Individu jenis ke-i dibagi jumlah total individu

S = Jumlah jenis

#### G. Berdasarkan Jarak Ekologi

Rumus dalam teori ini berusaha menggambarkan hubungan antara keanekaragaman dan kesamaan dalam menggunakan indeks pertidaksamaan yang mengarah pada jarak ekologi. Jarak ekologi disini merupakan ukuran hubungan ekologi antara dua komunitas. Rumus tersebut adalah :

##### 1. Indeks McIntosh

Indeks McIntosh menggambarkan jumlah individu pada sampel dan distribusi jenisnya, kisaran nilainya antara 0 - 1. Indeks Mc Intosh tidak dipelajari lebih lanjut pada ekosistem perairan (Washington, 1984).

Rumus : **M McIntosh**

$$M = \frac{n - \sqrt{\sum_{i=1}^S n_i^2}}{n - \sqrt{n}}$$

Keterangan : M = Indeks Mc Intosh

n = Jumlah total individu

$n_i$  = Jumlah individu jenis ke-i

S = Jumlah jenis

#### H. Berdasarkan Teori *Run*

Teori *run* menggambarkan berapa kali suatu jenis tampak dalam observasi selama pengamatan. Indeks pada teori ini hanya dapat digunakan pada ukuran

sampel dan tidak dapat digunakan pada ukuran populasi. Indeks pada teori *run* terdiri dari :

### 1. Indeks SCI Cairns

Indeks SCI Cairns dikembangkan untuk ekosistem perairan, khususnya untuk diatom dan makroinvertebrata. Indeks ini menjelaskan metode cepat secara *numerical* tentang akibat dari pencemaran yang dilengkapi dengan data *taxa*. Indeks SCI tidak dipengaruhi oleh ukuran sampel (Washington, 1984).

Rumus :  $SCI\ Cairns = \overline{DI} \times \text{jumlah } taxa$

Dimana :  $\overline{DI} = \frac{\sum \frac{jml. runs}{jml. spesimen}}{jml. pengulangan}$

Keterangan :  $\overline{DI}$  = Indeks SCI Cairns

### 2. Indeks Keefe

Penggunaan Indeks Keefe lebih sedikit memakan waktu dibanding Indeks SCI dan kemunculan organisme yang jarang hadir dalam sampel, jarang sekali luput dari perhitungan. Indeks Keefe merupakan ukuran suatu keanekaragaman yang tepat jika dapat menggambarkan kemungkinan *run* dalam populasi. Indeks ini hanya menggunakan data jenis dalam sampel. Nilainya berkisar antara 0 - 1. Dengan indeks Keefe, jumlah *taxa* pada perairan yang bersih dan perairan yang tercemar dapat berkurang (Washington, 1984).

Rumus : **TU Keefe**

$$TU = 1 - \left( \frac{n}{n-1} \right) \left\{ \sum_{i=1}^K p_i^2 - \frac{1}{n} \right\}$$

Keterangan : TU = Indeks Keefe

n = Jumlah total individu

$p_i = n_i/n =$  individu jenis ke-i dibagi jumlah total individu

K = Jumlah klasifikasi dalam sampel atau populasi

## I. Berdasarkan Tingkatan *Cenotic*

Tingkatan *cenotic* adalah tingkatan ekologi dimana sekelompok jenis mempunyai kesamaan atau kemiripan sifat biologi dan tingkah laku ekologi.

Indeks yang berdasarkan tingkatan *cenotic* adalah :

### 1. Indeks Perubahan Keanekaragaman *Cenotic*

Keanekaragaman *Cenotic* merupakan taksiran dari jumlah individu dan jenis yang hadir di tingkatan *cenotic* yang berbeda.

Indeks perubahan keanekaragaman *cenotic* merupakan gabungan dari indeks keanekaragaman Shannon-Wiener ( $H'_{(x)}$ ) dan indeks keanekaragaman *Cenotic* ( $H'_{(y)}$ ) yang menggambarkan penaksiran dari jumlah individu dari setiap jenis yang hadir dalam tingkat *cenotic* yang berbeda. Indeks perubahan keanekaragaman *cenotic* sedikitnya menggunakan lima parameter untuk membandingkan perubahan keanekaragaman dalam ekosistem, yaitu (1) kemelimpahan, (2) kekayaan, (3) distribusi, (4) keanekaragaman, dan (5) keanekaragaman *cenotic* (Fonseca dan Sarkar, 1996).

Rumusnya : **Indeks Perubahan Keanekaragaman *Cenotic***

$$\Delta V = [V(x) + V(s) + V(n) + V(H'_x) + V(H'_y)] / 5$$

!



Keterangan :  $\Delta V$  = Indeks Perubahan Keanekaragaman *Cenotic*

$V_x$  = Kelimpahan kelompok *taxa*

$V_s$  = Jumlah kelompok *taxa*

$V_n$  = Jumlah sampel

$H'_x$  = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

$H'_y$  = Indeks keanekaragaman *Cenotic*

## 2.4. Plankton

Plankton merupakan organisme yang hidup di badan air dan memiliki pergerakan yang lemah sehingga tidak mampu melawan arus. Hidupnya melayang di perairan, sesuai dengan arti kata plankton yang berasal dari Yunani, yaitu mengembara (Nontji, 1986).

Plankton dibagi dalam dua kelompok yaitu fitoplankton, yang terdiri dari tumbuhan mikroskopis yang bebas melayang, hanyut dalam air dan mampu melakukan kegiatan fotosintesis dan zooplankton, yang terdiri dari hewan-hewan mikroskopis yang mempunyai sedikit kemampuan gerak dan tidak mampu melakukan kegiatan fotosintesis. Keduanya mempunyai peranan yang penting dalam ekosistem perairan, diantaranya sebagai bahan makanan untuk berbagai jenis hewan perairan lainnya (Nontji, 1986).

### 2.4.1. Fitoplankton

Fitoplankton merupakan produsen primer suatu perairan karena memiliki kemampuan berfotosintesis oleh adanya pigmen klorofil dan karotenoid. Fitoplankton dapat ditemukan pada lapisan eufotik, yaitu lapisan air di permukaan yang mampu dipenetrasi oleh cahaya yang digunakan untuk berfotosintesis.

Fitoplankton mempunyai daur hidup yang relatif pendek, oleh karena itu fitoplankton dapat berkembang biak dalam waktu yang relatif singkat, jauh lebih singkat dari tanaman tingkat tinggi (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Keunggulan fitoplankton adalah dapat digunakan untuk mengindikasikan tingkat pencemaran suatu perairan, yaitu sebagai :

- jenis indikator, keberadaannya sebagai indikator pencemaran khususnya eutrofikasi
- organisme monitoring, keberadaannya dapat menunjukkan beberapa variasi tipe perairan
- organisme percobaan, keberadaannya sebagai tes ekotoksikologi pada kondisi laboratorium (Odum, 1993).

#### 2.4.2. Zooplankton

Zooplankton adalah hewan mikroskopis yang umumnya melayang dalam air, mempunyai persebaran dan pergerakan yang tergantung pada gerakan arus air karena tidak mempunyai daya untuk melawan arus. Meskipun tergantung pada gerakan arus air, zooplankton umumnya mempunyai alat gerak seperti cilia, flagella atau kaki-kaki renang (Odum, 1993).

Zooplankton tidak dapat memproduksi zat-zat organik dari zat-zat anorganik, oleh karena itu zooplankton harus mendapat tambahan zat-zat organik dari makanannya. Zooplankton yang bersifat herbivora akan memakan fitoplankton secara langsung, sedangkan golongan karnivora memanfaatkan fitoplankton dengan cara tidak langsung, yaitu dengan cara memakan golongan herbivora atau karnivora yang lain. Dasar ketergantungan zooplankton pada

fitoplankton dapat melengkapi siklus bahan-bahan organik menuju ke suatu hubungan yang kompleks dimana dapat dibentuk suatu rantai makanan yang dikenal sebagai *food web* (Wijayanti, 2003).

## **2.5. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Keberadaan Plankton**

### **2.5.1. Faktor Fisik Perairan**

Faktor fisik perairan yang mempengaruhi kehidupan plankton, diantaranya adalah :

#### **a. Cahaya dan Kekeruhan**

Cahaya merupakan sumber energi utama pada proses fotosintesis. Cahaya berperan dalam fotosintesis fitoplankton dan mempengaruhi daya hidup dan dominansi fitoplankton dalam kondisi yang berbeda (Salchlan, 1982).

Salah satu pembatas masuknya cahaya ke badan perairan adalah kekeruhan air yang disebabkan oleh adanya partikel-partikel melayang yang membatasi penetrasi cahaya. Partikel-partikel berasal dari kandungan lumpur dan pasir yang terdapat pada perairan serta sisa-sisa serasah dari pepohonan yang terbawa oleh arus. Dengan demikian plankton harus berkompetisi dengan partikel-partikel yang menutupi permukaan perairan untuk mendapatkan cahaya (Morris, 1980).

#### **b. Temperatur**

Perkembangan plankton tergantung pada temperatur dan laju dari proses dalam tubuhnya bergantung pada kenaikan temperatur. Secara umum kisaran temperatur yang optimal bagi perkembangan fitoplankton antara 20 – 30 °C. Namun demikian masih ada yang mampu bertahan diatas kisaran tersebut, meskipun aktivitas kehidupannya menurun. Temperatur juga mempengaruhi

tingkat oksigen terlarut sehingga menentukan distribusi jenis dan pergantian jenis dominan pada perairan (Sachlan, 1982).

### c. Turbulensi

Turbulensi dapat diartikan perputaran air yang akan menyebabkan pertukaran air di lapisan atas dengan air pada lapisan di bawahnya. Turbulensi dapat membawa plankton ke dasar perairan. Selain itu juga membawa sedimen terangkat ke permukaan, sehingga penetrasi cahaya menjadi berkurang. Hal ini dapat menjadi faktor pembatas bagi organisme fitoplankton pada proses fotosintesis. Keadaan arus dan turbulensi di perairan terbuka seperti sungai, menyebabkan produktivitasnya rendah jika dibandingkan dengan perairan tertutup seperti danau dan laut (Payne, 1986).

### d. Arus

Plankton hidup tersuspensi dalam air, sehingga hidupnya langsung dipengaruhi oleh pergerakan air yang disebut arus. Arus mempengaruhi penyebaran plankton sehingga plankton dapat tersebar rata dalam badan air (Nybakken, 1992).

## 2.5.2. Faktor Kimia Perairan

Beberapa faktor kimia perairan yang mempengaruhi kehidupan plankton adalah :

### a. Salinitas

Salinitas merupakan faktor penting bagi kehidupan plankton yang hidup di laut, terutama dalam mempertahankan keseimbangan osmotik organisme tersebut dengan keadaan sekelilingnya. Salinitas yang penting bagi pertumbuhan plankton

laut adalah 25 – 35 ‰. Setiap jenis mempunyai toleransi yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh cara adaptasi dalam pengendalian tekanan osmotik. Chlorophyta merupakan salah satu divisi fitoplankton yang mempunyai toleransi salinitas yang besar (Nybakken, 1992).

b. O<sub>2</sub> terlarut (DO)

Kandungan oksigen terlarut dalam perairan berasal dari hasil fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan air. Sebagian berasal dari atmosfer dan adanya gerakan permukaan air yang menyebabkan oksigen dapat berdifusi masuk ke perairan. Ini merupakan suplai paling besar dari kandungan gas terlarut di perairan (Ambarwati, 1997).

Daya larut oksigen dalam air laut sangat dipengaruhi oleh temperatur dan salinitas, semakin tinggi temperatur, maka semakin rendah daya larut oksigen dalam air, dan semakin tinggi salinitas, maka semakin rendah pula daya larut oksigen dalam air tersebut. Tingginya bahan-bahan organik pada perairan juga mengakibatkan rendahnya kadar oksigen terlarut (Ambarwati, 1997).

c. CO<sub>2</sub> terlarut (BOD)

Ketersediaan CO<sub>2</sub> di perairan merupakan hal yang sangat penting karena CO<sub>2</sub> merupakan bahan dasar fotosintesis disamping H<sub>2</sub>O. Bagi tumbuhan air termasuk fitoplankton, CO<sub>2</sub> mutlak harus ada dan tersedia dalam jumlah yang cukup. Jumlah CO<sub>2</sub> terlarut biasanya terkait dengan O<sub>2</sub> terlarut. Kadar CO<sub>2</sub> yang terlalu tinggi atau melampaui batas dapat meracuni perairan. Batas toleransi tertinggi kadar CO<sub>2</sub> pada perairan adalah 10 mg/Liter (Indira, 2004).

#### d. Derajat Keasaman (pH)

pH berpengaruh besar terhadap tumbuhan air dan hewan air, sehingga sering digunakan sebagai petunjuk untuk menyatakan baik buruknya keadaan lingkungan hidup organisme air. Tinggi rendahnya pH suatu perairan ditentukan oleh kadar CO<sub>2</sub> yang terlarut dalam perairan tersebut (Reynold, 1990).

Pada perairan yang banyak dijumpai fitoplankton maupun tumbuhan air lainnya, pH pada pagi hari umumnya kurang dari 6,5 sedangkan pada sore hari mencapai 8 – 9. Stabilitas dan fluktuasi pH di perairan penting untuk diketahui karena sebagian besar organisme akuatik tidak mampu menahan perubahan pH yang mendadak dan bervariasi. Kisaran pH yang baik pada suatu perairan bagi kehidupan organisme air adalah 6 – 8 (Reynold, 1990).

#### e. Unsur Hara

Unsur hara atau nutrien merupakan salah satu syarat bagi kehidupan plankton. Unsur hara tersebut terbagi menjadi unsur hara makro dan unsur hara mikro. Secara umum plankton membutuhkan unsur hara makro (C, H, O, N, S, P, K, Ca, Fe dan Mg) dalam jumlah yang cukup besar, sedangkan unsur hara mikro (Mn, Bo, Cu, Zn, dan Co) diperlukan dalam jumlah yang sedikit (Sachlan, 1982).

### 2.5.3. Faktor Biologi Perairan

Faktor biologi perairan yang mempengaruhi kehidupan plankton adalah :

#### a. Kompetisi

Golongan fitoplankton mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam mengambil unsur hara dan yang paling sedikit mengambil unsur hara akan

tersingkir atau mati. Mekanisme tersebut merupakan salah satu contoh mekanisme kompetitif (Reynold, 1990).

b. Perumputan (*grazing*)

Dinamika golongan fitoplankton dikontrol oleh ketersediaan unsur hara dan grazing oleh zooplankton yang akan mempengaruhi struktur dan ukuran fitoplankton (Ambarwati, 1997).

c. Predasi

Hubungan predasi antar plankton akan mempengaruhi dinamika ekosistem perairan. Dalam rantai makanan, zooplankton berperan sebagai predator bagi fitoplankton (Ambarwati, 1997).

d. Migrasi

Untuk menghindari pemangsaan oleh para predator, zooplankton melakukan migrasi untuk mengubah posisinya dalam kolom air serta sebagai mekanisme untuk meningkatkan produksi dan melakukan penghematan energi (Nybakken, 1992).

## 2.6. Hipotesis

Berdasarkan keempat indeks keanekaragaman (indeks keanekaragaman Simpson (D), Margalef (DMg), Shannon-Wiener (H'), dan Hulbert (PIE)), komunitas Plankton Sungai Banger Pekalongan dan ekosistemnya dalam kondisi tidak stabil.