

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian Pencemaran.

Pencemaran lingkungan adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas lingkungan menjadi berkurang atau tidak berfungsi lagi sesuai peruntukannya (Anonim, 1982). Sedang oleh Holgate (1979) dinyatakan bahwa pencemaran lingkungan adalah dimasukkannya energi atau substansi ke dalam lingkungan oleh kegiatan manusia, sehingga dapat mengganggu ekosistem kehidupan, merusak struktur dan estetika lingkungan, serta melanggar undang-undang dan peraturan lain yang telah ditetapkan.

FAO dalam Supomo (1975) memberikan definisi pencemaran air sebagai penambahan atau introduksi sesuatu bahan oleh manusia ke dalam perairan sehingga merusak atau membahayakan kehidupan di dalamnya, berbahaya bagi kehidupan manusia, mengganggu aktivitas perairan, merusak daya guna air dan mengurangi keindahannya. Menurut Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No.02/MENKLH/I/1988 yang dimaksud dengan pencemaran air adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat dan atau komponen lain ke dalam air dan atau berubahnya komposisi air oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air menjadi kurang atau

tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Berdasarkan komposisinya, Wiber dalam Djuwito (1984) membagi pencemaran menjadi dua yaitu :

1. Pencemaran Organik.
2. Pencemaran Anorganik.

Pencemaran organik merupakan penambahan bahan organik ke dalam suatu perairan sehingga merusak atau mengganggu segala aktivitas yang terdapat di dalamnya dan menurunkan daya guna perairan tersebut (Fardiaz,1992).

Pada umumnya bahan organik yang dijumpai di dalam perairan sungai berupa protein, lemak, karbohidrat, phenol, pestisida dan detergent. Sampah-sampah organik ini merupakan bahan buangan yang membutuhkan oksigen untuk penguraiannya (Fardiaz,1992). Sumber pencemaran organik adalah pabrik-pabrik seperti pabrik gula, pabrik kertas, industri tekstil, industri penyamakan kulit, industri pemotongan hewan, industri pembekuan ikan dan udang. Kotoran manusia, binatang dan tanaman yang mati juga merupakan sumber pencemaran organik.

Salah satu cara untuk mengetahui pencemaran organik, menurut Lee, Wang, dan Kuo (1978) adalah dilihat dari nilai DO dan BOD-nya. Klasifikasi derajat pencemaran dapat dilihat pada tabel berikut:

TABEL 01. Klasifikasi derajat pencemaran.

Derajat pencemaran	H'	DO (mg/l)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)
Tidak tercemar	> 2,0	>6,5	<3,0
Tercemar ringan	2,0 - 1,6	4,5 - 6,5	3,0 - 4,9
Tercemar sedang	1,5 - 1,0	2,0 - 4,4	5,0 -15,0
Tercemar berat	< 1,0	<2,0	>15,0

(Lee, et al, 1978)

Pencemaran anorganik merupakan penambahan bahan anorganik ke dalam suatu perairan sehingga merusak atau mengganggu segala aktivitas yang terdapat di dalamnya dan menurunkan daya guna perairan tersebut (Fardiaz,1992). Bahan-bahan anorganik yang dijumpai didalam perairan sungai berupa Hg,Al, Ar, Fe, Cl, Mg, Na, dll. Bahan-bahan ini berasal dari buangan industri seperti industri kimia, industri alat-alat listrik, industri khlor-alkali, industri cat.

#### B. Kondisi Fisik Kimia Perairan Sungai.

Kondisi fisik-kimia air suatu perairan sangat ditentukan oleh kondisi lingkungannya. Kondisi fisik-kimia air ini sangat menentukan kehidupan organisme atau nilai guna air tersebut. Satu lingkungan yang penuh aktivitas manusia, seperti industri dan pembuangan sampah ke sungai akan

menurunkan nilai guna air perairan tersebut.

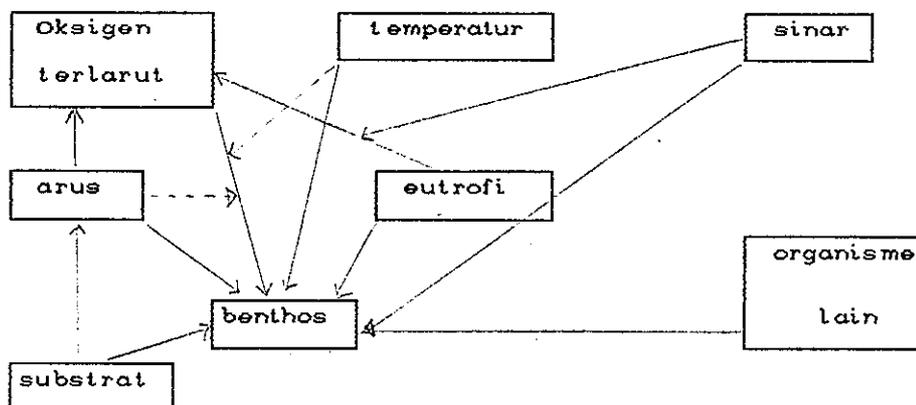
Sungai merupakan suatu ekosistem terbuka yang mendapatkan masukan baik bahan-bahan organik maupun bahan-bahan anorganik dari sekitar sungai tersebut sejak dari hulu sampai ke daerah hilir.

Perairan sungai mempunyai ciri-ciri yang spesifik. Di dalam sungai kecepatan air yang kritis terjadi pada 50 cm/dtk dan di atas kecepatan ini sungai cenderung menjadi berbatu, kadar oksigen tinggi dan suhu air rendah. Di bawah kecepatan tersebut dasar sungai menjadi berlumpur, kadar oksigen rendah dan suhu air menjadi hangat. Komunitas pada substrat berbatu berbeda komposisinya dengan komunitas pada substrat berlumpur (Naughton, 1979).

1. Faktor - faktor lingkungan alami yang dapat berpengaruh terhadap komunitas benthos.

Menurut Hawkes (1975), faktor-faktor lingkungan alami yang dapat mempengaruhi kehidupan makrobenthos adalah seperti yang terlihat pada gambar 01.

Sedangkan menurut Hynes (1972 & 1978) terdapat lima faktor penting yang mempengaruhi komunitas makrobenthos di perairan, antara lain : Oksigen terlarut, Kecepatan arus, temperatur, garam-garam terlarut, dan tumbuh-tumbuhan.



Gambar 01. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi distribusi hewan benthos di perairan.

(Hawkes, 1975)

Keterangan : Hewan Benthos dipengaruhi secara langsung oleh arus, oksigen terlarut, temperatur, sinar, eutrofi, organisme lain dan oleh substrat. Temperatur dan arus akan mempengaruhi oksigen terlarut, sehingga temperatur dan arus secara tidak langsung juga mempengaruhi hewan benthos. Arus akan berpengaruh langsung terhadap hewan benthos dan substrat.

### 1.1. Oksigen Terlarut (DO).

Oksigen terlarut merupakan gas yang sangat esensial dan merupakan salah satu komponen utama untuk metabolisme organisme perairan. Kebutuhan organisme air akan oksigen sangat bervariasi tergantung pada jenis, stadia dan aktivitasnya. Dalam stadia dini, seperti larva membutuhkan oksigen yang relatif lebih tinggi daripada stadia lanjut. Hal ini menurut Pescod (1973) karena mereka hanya menggantungkan kepada suplai oksigen dilingkungan yang terbatas saja, berbeda dengan organisme yang sudah dewasa, mereka dapat leluasa mencari oksigen.

Jika tidak terdapat senyawa beracun, kandungan oksigen terlarut minimum sebesar 2 mg/l sudah cukup mendukung kehidupan organisme perairan secara normal (Pescod, 1973). Oksigen tidak terlalu mudah larut di dalam air dan sangat tergantung pada berbagai macam faktor antara lain temperatur, tekanan udara, kadar oksigen udara dan sebagainya. Sebagai contoh, pada tekanan udara atau kadar oksigen di udara sebesar 20,9% dan dalam keadaan 100% jenuh, besarnya oksigen terlarut adalah 14 ppm pada temperatur 0°C. Jumlah ini akan turun menjadi 0 ppm pada saat air berada pada titik didihnya (Hynes, 1978). Kelarutan oksigen menjadi lima kali lebih besar apabila air langsung bersentuhan dengan oksigen murni.

Faktor-faktor yang akan mempengaruhi besarnya oksigen terlarut di dalam perairan adalah jenis dan jumlah makhluk hidup, maupun besarnya zat organik yang mengalami perombakan.

Pada pagi hari yang cerah, tanaman berhijau daun akan membentuk oksigen murni, sehingga secara teoritis dapat menaikkan DO. Sedangkan DO terendah akan ditemui pada waktu malam dihari yang panas.

#### 1.2. Kecepatan Arus.

Kecepatan arus di suatu perairan sungai biasanya dipengaruhi oleh kecuraman sungai atau kemiringan sungai yang disebabkan oleh tinggi rendahnya dasar sungai, halus

kasarnya dasar sungai serta kedalaman dan luasnya badan sungai. Arah dan kecepatan arus dapat diukur dengan menggunakan suatu alat yaitu currentmeter atau current drogues, dimana pergerakan dari drogues dapat dimonitor dengan kompas tangan sehingga pergerakan dan arah arus dapat diketahui (Hutabarat, 1988).

Kecepatan arus dapat menentukan keadaan habitat alamiah dari perairannya. Kecepatan arus mempengaruhi substrat dasarnya. Keadaan substrat dasar sungai yang berlainan akan menyebabkan terjadinya perbedaan komunitas benthos yang hidup di dalamnya. Kecepatan arus yang terlalu tinggi dapat mengurangi jumlah spesies yang dapat bertahan di daerah tersebut.

### 1.3. Suhu.

Suhu air dapat mempengaruhi sifat fisik-kimia maupun biologik perairan. Suhu air mempengaruhi migrasi, laju metabolisme, kebutuhan oksigen terlarut dan daya racun berbagai bahan pencemar. Apabila suhu naik, maka laju metabolisme hewan air juga naik, sehingga kebutuhan oksigen terlarut bagi hewan air tersebut juga naik. Selanjutnya dinyatakan pula oleh Klein (1962) bahwa kebutuhan oksigen terlarut bagi organisme perairan akan meningkat menjadi dua kali dengan adanya kenaikan suhu  $10^{\circ}\text{C}$ . Kenaikkan suhu dapat menaikkan daya racun suatu bahan pencemar.

Dengan adanya pengaruh suhu air terhadap sifat fisik-kimia dan akhirnya kepada organisme air, maka Pescod (1973) menganjurkan perubahan suhu air mengalir disebabkan limbah bersuhu tinggi tidak lebih dari  $2,8^{\circ}\text{C}$  dan perairan tergenang tidak lebih dari  $1,7^{\circ}\text{C}$  suhu normal alami.

#### 1.4. Garam-garam terlarut

Garam-garam yang larut dalam air berpengaruh terhadap kehidupan hewan benthos. Garam-garam ini menyebabkan kesadahan dan mempertinggi pH air, dan yang mengalir melalui batuan granit mempunyai pH yang rendah. Air yang mempunyai keasaman yang tinggi dapat ditemui pada daerah-daerah bertanah gambut. Derajat keasaman sangat berpengaruh pada toksisitas dari bahan beracun. Pada pH diantara 5 sampai 9, pengaruh bahan beracun lebih kecil dibandingkan dengan pH yang lebih rendah (Hawkes, 1978).

Pada hewan benthos, garam-garam terlarut ini juga mempengaruhi distribusinya. Hal ini karena kemampuan organisme untuk dapat hidup pada suatu perairan dengan garam-garam terlarut tertentu sangat tergantung kepada kesanggupannya merubah tekanan osmose didalam tubuhnya agar sesuai dengan lingkungannya (Farb, 1980).

#### 1.5. Tumbuh-tumbuhan.

Selain keempat faktor tersebut di atas, kehidupan hewan benthos di perairan juga dipengaruhi oleh tumbuhan yang

ada, baik yang hidup di darat maupun di perairan. Adapun fungsi dari tumbuhan air adalah sebagai tempat berlindung maupun sebagai sumber bahan makanan, sedangkan tanaman darat berfungsi sebagai sumber bahan organik utama bagi perairan.

Faktor-faktor fisik-kimia lain yang dapat mempengaruhi komunitas hewan benthos yaitu :

Biochemical Oxygen Demand (BOD).

Biochemical Oxygen Demand (BOD) menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air. Jadi nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, berarti kandungan bahan-bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi (Fardiaz, 1992).

Organisme hidup yang bersifat aerobik membutuhkan oksigen untuk beberapa reaksi biokimia, yaitu untuk mengoksidasi bahan organik, sintesis sel, dan oksidasi sel. Air yang hampir murni mempunyai nilai BOD kira-kira 1 ppm dan air yang mempunyai nilai BOD 3 ppm masih dianggap murni tetapi kemurnian air diragukan jika nilai

BOD-nya mencapai 5 ppm atau lebih (Fardiaz, 1992). Bahan buangan industri pengolahan pangan seperti industri pengalengan, industri susu, industri gula dan sebagainya mempunyai nilai BOD yang bervariasi, yaitu mulai 100 ppm sampai 10.000 ppm, oleh karena itu harus mengalami penanganan atau pengenceran yang tinggi sekali pada saat pembuangan ke badan air di sekitarnya seperti sungai atau laut.

#### Derajat Keasaman (pH).

Derajat keasaman merupakan salah satu faktor pembatas bagi kehidupan organisme. Masing-masing jenis organisme mempunyai toleransi yang berbeda, tergantung pada tingkat kejenuhan oksigen terlarut, alkalinitas, jenis organisme dan konsentrasi ion-ion (Hawkes, 1978). Banyak buangan industri bersifat asam atau basa, tetapi dengan adanya zat-zat lain menyebabkan sukar diduga pengaruh pH terhadap komunitas sungai. PH sangat penting dalam mempengaruhi toksisitas racun, tetapi pada kisaran 5 - 9 kemungkinan sedikit sekali berpengaruh langsung (Hawkes, 1978).

#### Kedalaman.

Kedalaman suatu perairan bervariasi tergantung dari keadaan morfologi dasar sungai. Kedalaman sungai biasanya mempengaruhi kecepatan arus sungai. Pada sungai yang

mempunyai kedalaman lebih dari dua meter akan berbeda kecepatan arusnya dengan sungai dengan kedalaman kurang dari satu meter.

### C. Keanekaragaman dan Kelimpahan Populasi Hewan Makrobenthos.

Benthos adalah organisme air yang hidup dan tinggal di endapan dasar perairan, baik yang ada di atas maupun di bawah permukaan sedimen (Odum, 1981).

Menurut Welch (1952) yang dinamakan hewan makrobenthos adalah seluruh organisme yang hidup pada dasar perairan, dari dasar perairan yang dangkal sampai dasar perairan yang dalam. Sedang menurut Cummins (1975) makrobenthos adalah hewan benthos yang pada fase dewasanya sekurang-kurangnya berukuran 3 - 5 mm dan akan tersaring pada saringan yang mempunyai ukuran lubang sebesar 0,595 mm.

Hewan benthos merupakan organisme dasar perairan yang mempunyai habitat relatif tetap sehingga perubahan-perubahan yang terjadi atas lingkungannya sangat mempengaruhi kehidupannya (Odum, 1981).

Beberapa ciri khusus hewan makrobenthos antara lain tubuhnya yang dilindungi oleh cangkang, mempunyai bagian tubuh yang dapat dijulurkan, berkembangnya bagian-bagian tambahan seperti rambut, kuku-kuku keras serta tubuhnya tersusun atas otot yang mudah untuk digerakkan di atas maupun di dalam sedimen (Person dan Takeshi, 1971).

Untuk mengetahui pendugaan kelimpahan dan keanekaragaman

populasi, maka dihitung indeks keanekaragaman dan indeks kelimpahannya, yaitu dengan menggunakan rumus dari Shannon Weiner (Hawkes, 1978).

Keanekaragaman hewan adalah banyaknya jenis hewan yang terdapat di suatu tempat. Semakin banyak jumlah jenisnya maka semakin besar keanekaragamannya.

Rumus untuk indeks keanekaragaman :

$$H' = - \sum \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} ,$$

keterangan :

- H' : indeks keanekaragaman
- n<sub>i</sub> : jumlah individu untuk jenis ke-i
- N : jumlah individu untuk seluruh jenis

Di dalam suatu komunitas, jika seluruh jenis menyebar secara merata, maka penyebarannya mempunyai nilai maksimum. Untuk mengukur penyebaran individu-individu diantara jenis dipakai indeks perataan atau ekuitabilitas.

Rumus untuk indeks perataan:

$$e = \frac{H'}{H_{\max}} , \text{ dengan } H_{\max} = \ln S$$

keterangan :

- S : jumlah jenis
- H' : indeks keanekaragaman

(Hawkes, 1978).

Nilai e merupakan nilai yang tidak bersatuan dan besarnya berkisar antara 0 - 1.

Semakin kecil nilai  $e$ , semakin kurang merata penyebaran suatu populasi di dalam komunitas, berarti komunitas tersebut didominasi oleh jenis tertentu.

Indeks kelimpahan dimaksudkan untuk menggambarkan komposisi jenis didalam komunitas. Kelimpahan hewan makrobenthos dapat dinyatakan sebagai jumlah individu persatuan volume atau jumlah individu per grabe.

Rumus untuk indeks kelimpahan :

$$Di = \frac{ni}{N} \times 100\%$$

keterangan :

Di : indeks kelimpahan jenis  
 ni : jumlah individu jenis ke-i  
 N : jumlah individu untuk seluruh jenis

(Hawkes, 1978).

Dari indeks kelimpahan jenis tersebut maka Jorgensen dalam Wilham, 1970 membedakan komposisi jenis dalam komunitas menjadi tiga kelompok yaitu:

- Jenis Dominan, jika mempunyai  $Di > 5\%$ .
- Jenis Sub Dominan, jika mempunyai  $Di$  antara  $2\%$  sampai  $5\%$ .
- Jenis Tidak Dominan, jika mempunyai  $Di < 2\%$ .

Benthos sebagai bioindikator pencemaran.

Apabila pada suatu saat terjadi perubahan terhadap lingkungan, maka akan terjadi gangguan terhadap ekosistem yang stabil. Terjadilah perubahan-perubahan, baik di dalam

komunitas organisme, maupun keadaan lingkungannya untuk kemudian diciptakan suatu keseimbangan baru.

Dengan melihat kenyataan tersebut maka timbullah pemikiran untuk menggunakan keanekaragaman yang ada pada masyarakat organisme benthos untuk mengetahui adanya perubahan dari lingkungan fisiknya. Pemakaian organisme sebagai indikator adanya perubahan ini tidaklah menghilangkan atau mengecilkan arti analisa secara kimia maupun fisika, melainkan sebagai pelengkap data, sehingga dapat diambil suatu kesimpulan yang lebih terperinci dan jelas.

Mackentum (1969), mendapatkan jenis-jenis makrobenthos yang sensitif, agak toleran dan jenis yang toleran. Jenis yang sensitif antara lain ordo Plecoptera, Ephemoptera, Megaloptera dan Trichoptera. Organisme yang agak toleran antara lain Amphipoda, Isopoda, Gastropoda, Sphaeriidae dan Chironomidae. Dan organisme yang toleran adalah Hirudinae, Tubificidae, Psychoidae dan Tubifera.

Keup ( dalam Persoone dan Pauw, 1978 ) menyatakan bahwa pengaruh limbah terhadap hewan benthos dapat dibagi dalam empat kategori :

- a. Limbah organik, akan menekan pertumbuhan hewan benthos yang sensitif, tetapi lumpur organik ini merupakan makanan bagi jenis-jenis yang toleran.
- b. Hasil dekomposisi dari limbah organik dalam jumlah besar akan menekan pertumbuhan hewan benthos, baik yang sensitif

maupun yang toleran. Namun dengan adanya pemulihan secara alamiah dari perairan, jenis-jenis yang toleran dalam waktu yang relatif singkat dapat pulih kembali.

- c. Limbah yang mengandung bahan beracun, akan menekan pertumbuhan hewan benthos, baik yang sensitif maupun yang toleran, karena limbah ini tidak mengandung lumpur organik yang berguna sebagai makanan bagi jenis-jenis yang toleran, maka jumlah individu benthos akan menurun. Dan apabila limbah sangat beracun, maka semua organisme akan terhambat pertumbuhannya.
- d. Campuran limbah organik dan limbah beracun akan mengurangi jumlah jenis, karena jenis-jenis yang sensitif akan berkurang jumlahnya, sedangkan jenis-jenis yang toleran tidak dapat memanfaatkan bahan organik yang ada, sehingga pertumbuhannya akan tertekan.

