

TINJAUAN PUSTAKA

Pencemaran Air

Perkembangan penduduk dan kegiatan manusia telah meningkatkan pencemaran sungai-sungai, terutama sungai-sungai yang melintasi daerah perkotaan. Sebagian besar air bekas kegiatan manusia dibuang ke sistem perairan yang sedikit atau tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal ini menyebabkan penurunan kualitas air sungai. (Darsono, 1992).

Menurut Mason (1981), pencemaran adalah hadirnya suatu zat/bahan yang tidak bersifat alamiah ke dalam lingkungan dalam jumlah yang berarti atau tidak kenormalan dari unsur alam pada tingkat konsentrasi yang tinggi yang menyebabkan akibat yang tidak diinginkan seperti iritasi pernafasan, korosi atau perubahan ekologi.

Polutan air menurut sifatnya dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu: bahan yang dapat dihancurkan dengan proses biologis alamiah (*degradable compound*) dan bahan yang sulit dihancurkan dengan proses biologis alamiah (*non degradable compound*). Bahan-bahan yang sulit dihancurkan dengan proses biologis alamiah biasanya mengalami akumulasi dalam komponen-komponen lingkungan dan akan menimbulkan gangguan (Darsono, 1992). Sedang bila ditinjau dari sumbernya pencemaran dapat berasal dari sumber domestik (rumah tangga, perkampungan, kota, pasar, jalan, dan sebagainya) dan non

domestik (pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, dan sebagainya).

Akibat Pencemaran Air

Air merupakan salah satu sumber kehidupan bagi umat manusia, apabila air telah tercemar maka kehidupan manusia akan terganggu. Banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut di dalam air, dengan demikian akan menyebabkan kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu (Sugiharto, 1987). Makhluk hidup yang akan memberikan reaksi pertama kali terhadap pencemaran air adalah flora dan fauna perairan (Baehaqie, 1993).

Bila sebuah zat pencemar berada di dalam air maka pengaruhnya dapat terlihat dari kehidupan flora dan fauna perairan. Reaksinya dapat meracuni biota atau menurunkan kemampuan fotosintesis tumbuhan rendah yang merupakan sumber makanan makhluk yang lebih tinggi (Baehaqie, 1993).

Perubahan fisis, biologi dan kimia akibat pencemaran antara lain:

- a. Perubahan kualitas lingkungan umum.
- b. Penurunan nilai-nilai estetika.
- c. Matinya ikan dan kehidupan air lainnya
- d. Cepatnya timbul karat pada permukaan-permukaan yang berhubungan dengan air yang tercemar.

(Djajadiningrat, 1993).

Komunitas Makrozoobenthos

Makrozoobenthos adalah hewan yang hidup pada dasar perairan, baik yang dangkal maupun yang dalam (Welch, 1952).

Nybakken (1992), mengklasifikasikan zoobenthos berdasarkan ukurannya, yaitu :

- a. Makrofauna (makrobenthos), yaitu hewan-hewan yang mempunyai ukuran lebih besar dari 1 mm.
- b. Meiofauna (meiobenthos), yaitu hewan-hewan yang mempunyai ukuran 1,0 mm sampai 0,1 mm.
- c. Mikrofauna (mikrobenthos), yaitu hewan-hewan yang mempunyai ukuran kurang dari 0,1 mm.

Berdasarkan cara makannya Makrozoobenthos dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu pemakan penyaring dan pemakan deposit (Odum, 1993). Pemakan deposit (*deposit feeders*) adalah organisme yang mencerna detritus yang berlimpah yang jatuh di dasar perairan. Sedangkan pemakan suspensi (*suspension feeders*) adalah organisme yang menyaring plankton yang berlimpah atau detritus yang melayang-layang di perairan (Nybakken, 1992).

Makrozoobenthos pemakan deposit cenderung melimpah pada sedimen lumpur, dan sedimen lunak yang merupakan daerah yang mengandung bahan organik yang tinggi. Sedangkan Makrozoobenthos pemakan suspensi lebih berlimpah pada substrat yang lebih berbentuk pasir dan bahan organik lebih sedikit (Nybakken, 1992).

Pada perairan mengalir organisme yang mampu mempertahankan posisinya di dalam sungai terutama yang hidup di dalam dan di permukaan dasar sungai, maupun yang menempel kuat pada obyek termasuk juga tumbuhan umumnya dapat digunakan untuk menggambarkan keadaan kualitas air sungai (Hawkes, 1979).

Hellawel (1977) dalam Mason (1981), memberikan beberapa alasan mengapa makrozoobenthos lebih cocok digunakan untuk menduga kualitas air :

- (a) Pengambilan sampelnya telah dikembangkan dengan baik sehingga dapat dilakukan oleh semua orang meskipun sendirian, dan juga kunci identifikasinya tersedia dalam banyak kelompok hewan.
- (b) Makrozoobenthos hidupnya menetap dengan umur yang panjang, sehingga dapat digunakan untuk menduga kualitas air di suatu tempat pada periode yang panjang.
- (c) Makrozoobenthos terdiri dari beberapa kelompok hewan yang heterogen, maka dengan teknik pengambilan sampel tunggal memungkinkan untuk diperoleh sejumlah jenis dengan berbagai phyla.
- (d) Makrozoobenthos umumnya terdapat dalam jumlah yang melimpah.

Daya tahan dan adaptasi tiap-tiap organisme berbeda antara jenis satu dengan lainnya, sehingga akan terlihat juga pada makrozoobenthos yang tahan dan tidak tahan terhadap kondisi perairan

setempat, sehingga adanya makrozoobenthos tertentu dapat dijadikan petunjuk untuk menaksir kualitas air atau tingkat pengotoran suatu perairan. Lee *et al.* (1978), mengemukakan bahwa evaluasi suatu lingkungan perairan akan lebih lengkap dan lebih teliti bila digunakan organisme indikator sebagai suatu cara untuk mempermudah pendugaan kualitas air tersebut.

Indeks Diversitas

Mason (1981), menyatakan bahwa indeks diversitas digunakan untuk mengukur tekanan pada suatu lingkungan. Sedangkan Brower dan Zar (1977) dalam Soegianto (1990), menyatakan bahwa perubahan ekosistem akibat adanya pencemaran dapat dikaji melalui perubahan struktur komunitas makrofauna dasarnya. Salah satu cara untuk mengetahui struktur komunitas adalah dengan cara menghitung indeks diversitas komunitasnya. Selanjutnya Heddy (1996), menyatakan bahwa keanekaragaman komunitas ditandai oleh banyaknya species organisme yang membentuk komunitas tersebut. Semakin banyak jumlah species semakin tinggi keanekaragamannya. Indeks keanekaragaman menunjukkan hubungan antara jumlah species dengan jumlah individu yang menyusun suatu komunitas.

Lee *et al.* (1978), menyatakan bahwa untuk menghitung indeks diversitas komunitas dari makrozoobenthos, dapat digunakan metode Shannon dan Wiener (1963) dengan rumus:

$$d = - \left[\sum_i \frac{n_i}{N} \log_e \frac{n_i}{N} \right]$$

Dimana :

- d = indeks diversitas komunitas
- t = jumlah species
- n = jumlah individu dari masing-masing species
- N = jumlah total individu

Lingkungan yang tidak terpolusi ditandai oleh jumlah species yang besar, dengan tidak ada satu species tunggal yang membuat komunitasnya menjadi besar. Keanekaragaman maksimum tidak akan terjadi bila jumlah species di dalam suatu komunitas relatif rendah (Mason,1981). Davies (1971) dalam Hawkes (1979), menyatakan bahwa respon dari beberapa kelompok species invertebrata terhadap berbagai macam pencemaran berbeda-beda. Faktor utama penyebabnya adalah karena hewan tersebut mempunyai kisaran toleransi yang berbeda-beda dalam merespon pencemaran.

Pencemaran dapat mengurangi jumlah species dalam komunitas, sehingga keanekaragaman dalam ekosistem tersebut menjadi berkurang. Akibatnya indeks diversitas di dalam ekosistem yang tercemar selalu lebih kecil daripada indeks diversitas di dalam ekosistem yang tidak mengalami pencemaran. Diversitas atau keanekaragaman di suatu perairan biasanya dinyatakan dalam jumlah species yang terdapat di tempat tersebut. Semakin banyak jumlah species akan semakin besar pula diversitasnya (Anonim, 1983).Nilai terbesar dari keanekaragaman tercapai jika semua individu berasal dari spesies yang berbeda adalah sama besar .Keanekaragaman mempunyai nilai terkecil atau sama dengan nol jika semua individu berasal dari satu spesies.

Lee *et al.* (1978), mengemukakan bahwa indeks diversitas suatu komunitas makrozoobenthos dapat merupakan alat yang efisien dan efektif untuk melihat kuantitas suatu dampak polusi air buangan pada lingkungan sungai.

Tabel 1. Kriteria Tingkat Pencemaran Air Berdasarkan Indeks Diversitas (Soegianto dan Soerparmo, 1990).

Tingkat Pencemaran	Indeks Diversitas
Tidak / sedikit tercemar	> 0,9
Tercemar ringan	0,7 – 0,9
Tercemar sedang	0,4 – 0,6
Tercemar berat	< 0,4

Faktor Lingkungan Kimia-Fisika Yang Mempengaruhi Makrozoobenthos di Sungai

Kehidupan komunitas makrozoobenthos di dalam perairan dipengaruhi oleh faktor lingkungan fisik-kimia. Faktor fisik yang berpengaruh adalah : suhu air, kecepatan arus, substrat dasar. Sedangkan faktor kimia yang berpengaruh diantaranya : pH, oksigen terlarut (DO) dan BOD.

Parameter Fisik

1. Suhu

Mahida (1983), menyatakan bahwa suhu air berbeda-beda sesuai dengan iklim dan musim. Ukuran suhu berguna dalam

memperlihatkan kecenderungan aktivitas-aktivitas kimiawi dan biologis. Tingkat oksidasi zat organik jauh lebih besar selama musim panas daripada selama musim dingin.

Air sungai yang mempunyai suhu tinggi dapat mengganggu kehidupan hewan air dan organisme air lainnya, karena kadar oksigen yang terlarut dalam air akan turun bersamaan dengan kenaikan suhu. Makin tinggi kenaikan suhu air makin sedikit oksigen yang terlarut didalamnya (Wardhana, 1995). Trembly (1960) dalam Welch (1992), menyatakan bahwa toleransi suhu yang cukup baik oleh hewan invertebrata air tawar pada umumnya hidup pada suhu 30°C. Sedangkan temperatur yang mematikan terjadi pada suhu antara 35 – 40°C.

2. Kecepatan Arus

Odum (1993), menyatakan bahwa arus merupakan faktor pembatas utama pada aliran deras. Tetapi dasar yang keras, terutama bila terdiri dari batu dapat menyediakan permukaan yang cocok untuk organisme (binatang dan tumbuh-tumbuhan) untuk menempel atau melekat. Kecepatan arus dapat bervariasi amat besar di tempat yang berbeda dari suatu aliran air yang sama dari waktu ke waktu. Di dalam aliran air yang besar atau sungai, arus dapat berkurang sedemikian rupa sehingga menyerupai kondisi air yang tergenang. Kecepatan arus ditentukan oleh kemiringan, kekasaran, kedalaman dan kelebaran dasarnya.

Menurut Heddy (1996), arus dapat juga mempengaruhi distribusi gas terlarut, garam, dan makanan serta organisme dalam air.

3. Substrat Dasar

Hawkes (1975), menyatakan bahwa substrat dasar dalam perairan secara langsung atau tidak langsung dipengaruhi oleh kecepatan arus, dimana keadaan substrat dasar ini merupakan faktor yang sangat menentukan komposisi makrozoobenthos dalam suatu perairan. Kemudian Welch (1952), menyatakan bahwa struktur substrat dasar akan menentukan kelimpahan dan komposisi jenis makrozoobenthos. Selanjutnya Nybakken (1992), mengemukakan bahwa kelompok makrozoobenthos yang dominan di perairan bersubstrat lumpur adalah polychaeta, kerang, Crustacea.

Parameter Kimia

1. pH

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH berkisar antara 6,5 – 7,5. Air dapat bersifat asam atau basa, tergantung pada besar kecilnya pH air atau besarnya konsentrasi ion hidrogen di dalam air. Air yang mempunyai pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH lebih besar dari normal akan bersifat basa. Perubahan keasaman pada air baik ke arah alkali maupun ke arah asam, akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 1995; Fardiaz, 1992).

Air dengan kisaran pH 5 – 9 umumnya efek toksisitasnya rendah. Gastropoda ditemukan pada perairan dengan pH di atas 7, bivalvia ditemukan pada pH 5,6 – 8,3, Helminthidae dan Ordo Diptera

khususnya Famili Chironomidae ditemukan pada pH di atas 8,5 dan tidak dijumpai pada perairan dengan pH di bawah 4,5 (Hawkes, 1979).

2. DO (*Dissolved Oxygen*)

Pengukuran oksigen terlarut merupakan salah satu dari seluruh metode-metode kimia yang sering digunakan dalam penyelidikan di lingkungan aquatik. Oksigen terlarut memberikan informasi yang berharga mengenai reaksi-reaksi biologi dan biokimia yang terjadi dalam air, juga merupakan salah satu faktor lingkungan yang penting yang mempengaruhi kehidupan aquatik dan kapasitas air untuk menerima material organik tanpa mengakibatkan gangguan. Konsentrasi oksigen terlarut dalam air bergantung pada temperatur, tekanan dan konsentrasi berbagai macam ion. (Hutchinson 1957 dalam Wetzel, 1991).

Oksigen terlarut dalam air umumnya berasal dari difusi oksigen dari udara melalui permukaan air, aliran air yang masuk, air hujan, dan hasil proses fotosintesis tumbuhan air pada siang hari. Sedangkan pengurangan oksigen dalam air disebabkan oleh proses pernafasan binatang-binatang, tumbuh-tumbuhan dan proses pembongkaran bahan-bahan organik (Welch, 1952). Kandungan oksigen terlarut dalam suatu perairan menentukan penyebaran hewan-hewan yang hidup di dalamnya. Suatu perairan yang kandungan oksigen terlarutnya rendah biasanya hanya didominasi oleh beberapa jenis hewan tertentu saja. Menurut Warren (1971), kandungan oksigen terlarut yang sangat rendah akan mereduksi jumlah jenis invetebrata yang berukuran lebih

besar , sedangkan cacing-cacing Tubifex, larva nyamuk, cacing-cacing lainnya didapatkan berlimpah.

Selanjutnya menurut Barnes dan Mann (1980), cacing-cacing Tubicid paling tahan pada kondisi oksigen rendah dan mungkin ditemukan di dalam lingkungan yang anaerob baik di dalam air tawar maupun di air laut. Larva dari chironomid juga tahan pada kondisi anaerob. Brinkhust (1965) dalam Welch (1992), juga menyatakan bahwa beberapa Tubicid (Tubifex dan limnodrillus) dan Chironomid (Chironomus) mampu hidup dalam lingkungan anaerob.

Alaerts dan Santika (1987), menyatakan bahwa adanya oksigen terlarut di dalam air sangat penting untuk menunjang kehidupan ikan dan organisme air lainnya, kemampuan air untuk membersihkan pencemaran secara alamiah banyak tergantung kepada cukup tidaknya kadar oksigen terlarut. Lee *et al.* (1978), memberikan klasifikasi tingkat pencemaran air sungai.

Tabel 2. Klasifikasi Tingkat Pencemaran Air Sungai (Lee *et al.*,1978).

Tingkat Pencemaran	DO (ppm)	BOD ₅ (ppm)	S.S (ppm)	NH ₃ -N (ppm)	Point	Scores
Tidak/sedikit tercemar	> 6,5	< 3,0	< 20	< 0,5	1	2
Tercemar ringan	4,5-6,5	3,0-4,9	20-49	0,5-0,9	3	2,0-4,0
Tercemar sedang	2,0-4,4	5,0-15	50-100	1,0-3,0	6	4,1-6,0
Tercemar berat	< 2,0	> 15	> 100	>3,0	10	6,0

Catatan : Pengklasifikasian tingkat pencemaran didasarkan pada score kualitas air. Score di dapat dari points/nilai rata-rata dari DO, BOD₅, SS dan NH₃-N. Score kurang dari 2,0 di dapat pada daerah yang tidak tercemar atau sedikit tercemar, score 2,0-4,0 termasuk daerah tercemar ringan, score 4,1-6,0 termasuk daerah yang tercemar sedang. Score yang melebihi 6,0 termasuk daerah yang tercemar berat.

3. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Biological Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen biologis adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air untuk memecah bahan buangan organik yang ada di dalam air tersebut (Wardhana, 1995).

Toleransi makrozoobenthos terhadap bahan organik bervariasi misalnya jenis-jenis dari Familia Chironomidae (Diptera) dari *Limnodrillus hoffmeisteri* (Oligochaeta) paling tahan terhadap pencemaran bahan organik, *Tubifex* termasuk agak tahan (Hawkes, 1979).