

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ekosistem Sungai

Ekosistem air tawar secara umum dibagi atas 2 yaitu perairan *lentik* (perairan tenang) misalnya danau dan perairan *lotik* (perairan mengalir) yaitu sungai. Perbedaan utama antara perairan lotik dan perairan lentik adalah arus. Dimana arus pada perairan lotik umumnya mempunyai kecepatan arus yang sangat tinggi disertai perpindahan massa air yang berlangsung dengan cepat.

Sungai adalah suatu badan air yang mengalir kesatu arah. Menurut Barus (2004), ekosistem lotik atau sungai dibagi menjadi beberapa zona dimulai dengan zona *krenal* (mata air) yang umumnya terdapat di daerah hulu. Zona krenal dibagi menjadi *rheokrenal*, yaitu mata air yang berbentuk air terjun biasanya terdapat pada tebing-tebing yang curam, *limnokrenal*, yaitu mata air yang membentuk genangan air yang selanjutnya membentuk aliran sungai yang kecil dan *helokrenal*, yaitu mata air yang membentuk rawa-rawa. Selanjutnya aliran dari beberapa mata air akan membentuk aliran sungai di daerah pegunungan yang disebut zona *rithral*, ditandai dengan relief aliran sungai yang terjal.

Adanya perbedaan keterjalan dari topografi aliran sungai menyebabkan kecepatan arus mulai dari daerah hulu sampai ke hilir bervariasi. Daerah hulu ditandai

dengan kecepatan arus yang tinggi dan kecepatan arus tersebut akan semakin berkurang pada aliran sungai yang mendekati daerah hilir (Barus, 2004).

Ekosistem sungai dapat dibagi berdasarkan urutan kejadian/order (Suwignyo, 1990) *dalam* Barus, (2004). Suatu sungai pada umumnya akan dibentuk oleh beberapa anak sungai yang menyatu membentuk suatu aliran sungai yang besar.

Menurut Barus (2004), aliran air pada perairan lotik dimulai dengan adanya berbagai mata air di daerah hulu yang akan membentuk aliran-aliran yang kecil. Selanjutnya aliran-aliran air yang kecil di daerah hulu/ pegunungan ini akan membentuk aliran air yang lebih besar untuk selanjutnya membentuk aliran sungai yang besar. Umumnya kecepatan arus di daerah hulu sangat tinggi terutama diakibatkan oleh kecuraman topografi aliran yang terbentuk. Selanjutnya aliran air tersebut akan memasuki daerah yang lebih landai sehingga kecepatan arus akan menurun dengan cepat. Dalam perjalanan mulai dari hulu sampai ke hilir, aliran air juga berfungsi sebagai alat transport bagi berbagai jenis substrat, sedimen serta benda maupun zat lain termasuk berbagai jenis limbah yang dibuang oleh manusia ke dalam badan air.

Ada dua zona utama pada aliran sungai (Odum,1998), yaitu:

1. *Zona air deras* yaitu daerah dangkal dimana kecepatan arus cukup tinggi untuk menyebabkan dasar sungai bersih dari endapan dan materi lain yang lepas sehingga dasarnya padat.
2. *Zona air yang tergenang* yaitu bagian sungai yang dalam dimana kecepatan arus sudah mulai bekurang.

Berdasarkan bentuk kehidupan, habitat dan kebiasaan hidupnya, maka organisme air dapat digolongkan (Barus, 2004) sebagai berikut:

- a. *Plankton* adalah organisme air yang hidupnya melayang-layang dan pergerakan sangat dipengaruhi oleh gerakan air.
- b. *Benthos* adalah organisme air yang hidup pada substrat dasar perairan.
- c. *Nekton* merupakan organisme air yang mampu bergerak bebas.
- d. *Pleuston* merupakan keseluruhan organisme yang melayang di permukaan air.
- e. *Neuston* merupakan keseluruhan kelompok organisme yang hidup pada permukaan suatu perairan.
- f. *Pagon* merupakan keseluruhan organisme air yang mampu hidup pada kondisi air yang membeku.

2.2 Plankton

2.2.1 Defenisi Plankton dan pembagiannya

Organisme perairan pada tingkat (*trophic*) pertama berfungsi sebagai produsen atau penyedia energi disebut sebagai plankton (Wibisono,2005). Victor Hensen (1887) memakai istilah plankton untuk semua organisme yang melayang dalam air. Plankton ini diambil dari perkataan Yunani yang berarti sesuatu yang terapung. Lambat laun ahli limnologi mulai menginsafi bahwa organisme akuatik plankton ini dapat mengimbangi ukurannya yang kecil dengan jumlah yang besar (Sasatrodinoto,1980).

Defenisi umum menyatakan bahwa yang dimaksud dengan plankton adalah suatu golongan jasad hidup akuatik berukuran mikroskopik, biasanya berenang atau tersuspensi dalam air, tidak bergerak atau hanya bergerak sedikit untuk melawan/mengikuti arus. Dibedakan menjadi dua golongan, yakni golongan tumbuhan/ fitoplankton (plankton nabati) yang umumnya mempunyai klorofil dan golongan hewan/ zooplankton (plankton hewani) (Wibisono, 2005).

Menurut Basmi (1995), plankton dikelompokkan berdasarkan beberapa hal yakni:

1. Nutrien pokok yang dibutuhkan, terdiri atas:
 - a. *Fitoplankton*, yakni plankton nabati (> 90% terdiri dari algae) yang mengandung klorofil yang mampu mensintesa nutrien-nutrien anorganik menjadi zat organik melalui poses fotosintesa dengan energi yang berasal dari sinar surya.
 - b. *Saprop plankton*, yakni kelompok tumbuhan (bakteri dan jamur) yang tidak mempunyai pigmen fotosintesis, dan memperoleh nutrisi dan energi dari sisa-sisa organisme lain yang telah mati.
 - c. *Zooplankton*, yakni plankton hewani yang makanannya sepenuhnya tergantung pada organisme lain yang masih hidup maupun partikel-partikel sisa organisme seperti detritus. Disamping itu plankton ini juga mengkonsumsi fitoplankton.
2. Berdasarkan lingkungan hidupnya terdiri atas:
 - a. *Limnoplankton*, yakni plankton yang hidup di air tawar.

- b. *Haliplankton*, yakni plankton yang hidup di laut.
 - c. *Hipalmyroplankton*, yakni plankton yang hidupnya di air payau.
 - d. *Heleoplankton*, yakni plankton yang hidupnya di kolam.
3. Berdasarkan ada tidaknya sinar di tempat mereka hidup, terdiri atas:
- a. *Hipoplankton*, yakni plankton yang hidupnya di zona afotik.
 - b. *Epiplankton*, yakni plankton yang hidupnya di zona eufotik.
 - c. *Bathiplankton*, yakni plankton yang hidupnya dekat dasar perairan yang umumnya tanpa sinar. Baik hipoplankton maupun bathiplankton terdiri dari zooplankton seperti mysid dari jenis Crustacea dan hewan-hewan planktonis yang tidak membutuhkan sinar.
4. Berdasarkan asal usul plankton, dimana ada plankton yang hidup dan berkembang dari perairan itu sendiri dan ada yang berasal dari luar, terdiri atas:
- a. *Autogenik plankton*, yakni plankton yang berasal dari perairan itu sendiri.
 - b. *Allogenik plankton*, yakni plankton yang datang dari perairan lain (hanyut terbawa oleh sungai atau arus). Hal ini biasanya dapat diketahui sekitar muara sungai.

Selain itu berdasarkan siklus hidupnya, dikenal juga holoplankton, yaitu plankton yang seluruh siklus hidupnya bersifat planktonik dan meroplankton, yaitu plankton yang hanya sebagian dari siklus hidupnya yang bersifat planktonik (Barus, 2004).

Menurut Romimohtarto & Juwana (2001) bahwa banyak jenis hewan yang menghabiskan sebagian dari daur hidupnya sebagai plankton, khususnya pada tingkat

larva atau juwana. Plankton kelompok ini disebut meroplankton atau plankton sementara karena setelah juwana atau dewasa mereka menetap di dasar laut sebagai benthos atau berenang bebas sebagai nekton.

2.2.2 Ekologi Plankton

Pada dasarnya studi mengenai ekosistem perairan merupakan kajian tentang struktur dan fungsi biota dalam ekosistem perairan bersangkutan. Hal ini berarti keberadaan plankton tidak dapat dipisahkan dengan masalah kualitas perairannya sebagai tempat hidup mereka. Selain kualitas perairan laut, plankton juga dipengaruhi oleh musim dan oseanografi setempat misalnya dapat dipengaruhi oleh pasang surut, gelombang dan arus (Wibisono, 2005).

Plankton tidak dapat berkembang subur dalam air mengalir (Ewusie, 1990). Fitoplankton hidup terutama pada lapisan perairan yang mendapat cahaya matahari yang dibutuhkan untuk melakukan fotosintesis (Barus, 2004). Disamping itu jumlah plankton berfluktuasi (naik turun) dari jam ke jam, dari hari ke hari, dan musim ke musim (Whitten *et al.*, 1987). Penelitian yang kuantitatif yang seksama akhirnya menunjukkan bahwa produksi makanan di kolam dan di perairan lainnya adalah terutama hasil fotosintesis organisme plankton ini (Sastrodinoto, 1980).

Menurut Barus (2004) bahwa fitoplankton merupakan kelompok yang memegang peranan penting dalam ekosistem air, karena kelompok ini dengan adanya kandungan klorofil mampu melakukan fotosintesis. Proses fotosintesis pada

ekosistem air yang dilakukan oleh fitoplankton (produsen), merupakan sumber nutrisi utama bagi kelompok organisme air lainnya yang membentuk rantai makanan.

Fitoplankton dapat dikatakan sebagai pembuka kehidupan di planet bumi ini, karena dengan adanya fitoplankton memungkinkan makhluk hidup yang lebih tinggi tingkatannya ada di muka bumi. Dengan sifatnya yang autotrof, fitoplankton mampu mengubah hara anorganik menjadi bahan organik dan penghasil oksigen yang sangat mutlak diperlukan bagi kehidupan makhluk yang lebih tinggi tingkatannya (Isnansetyo & Kurniastuty, 1995).

Seperti fitoplankton, zooplankton terbanyak ditemukan di danau atau bagian hilir sungai (Whitten *et al.*, 1987). Pengaruh kecepatan arus terhadap zooplankton jauh lebih kuat dibandingkan pada fitoplankton. Oleh karena itu umumnya zooplankton banyak ditemukan pada perairan yang mempunyai kecepatan arus yang rendah serta kekeruhan air yang sedikit (Barus, 2004).

Menurut Nybakken (1992), bahwa zooplankton ditinjau dari sudut ekologi, hanya satu golongan zooplankton yang sangat penting, artinya, yaitu subkelas *Copepoda* (kelas *Crustacea*, filum *Cordata*). *Copepoda* ialah *Crustacea* holoplanktonik berukuran kecil yang mendominasi zooplankton di semua laut dan samudra. Dengan demikian, *Copepoda* berperan sebagai mata rantai yang amat penting antara produksi primer fitoplankton dengan para karnivor besar dan kecil.

2.3 Faktor Fisik -Kimia yang Mempengaruhi Plankton

Menurut Nybakken (1998), sifat fisik-kimia perairan sangat penting dalam ekologi. Berbagai macam faktor fisik dan kimia dapat mempengaruhi pertumbuhan, kelangsungan hidup, dan produktivitas tumbuhan teresterial maupun perairan. Faktor – faktor yang sangat penting bagi tumbuhan tersebut ialah cahaya, suhu, kadar zat-zat hara. Menurut (Michael, 1984), penelitian-penelitian badan air tawar mencakup kajian sifat-sifat kimia dan fisika dari air, tumbuhan dan hewan yang hidup di dalam perairan tersebut, serta tata cara mereka berinteraksi. Kehidupan organisme air termasuk organisme plankton sangat tergantung pada faktor fisik dan kimia air.

2.3.1 Suhu

Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan laut, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman dari badan air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi di badan air. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi dan volatilisasi. Selain itu, peningkatan suhu air juga mengakibatkan penurunan kelarutan gas dalam air seperti O_2 , CO_2 , N_2 , dan CH_4 (Haslam, 1995).

Tinggi rendahnya nilai temperatur suatu badan perairan sangat mempengaruhi kehidupan organisme air termasuk plankton. Tingginya nilai temperatur dapat meningkatkan kebutuhan plankton akan oksigen. Hal ini disebabkan karena temperatur dapat memicu aktifitas fisiologis plankton sehingga kebutuhan akan

oksigen semakin meningkat. Dalam setiap penelitian dalam ekosistem akuatik, pengukuran temperatur air merupakan hal yang mutlak dilakukan. Hal ini disebabkan karena kelarutan berbagai gas di dalam air serta semua aktifitas biologis-fisiologis di dalam ekosistem akuatik sangat dipengaruhi oleh temperatur. Menurut hukum *Van't Hoff's* bahwa kenaikan temperatur sebesar 10°C (hanya pada kisaran temperatur yang masih dapat ditolerir) dapat meningkatkan aktifitas fisiologis (misalnya respirasi) dari organisme sebesar 2-3 kali lipat. Pola temperatur ekosistem akuatik juga dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti intensitas cahaya matahari, pertukaran panas antara air dengan udara sekelilingnya dan juga oleh faktor kanopi (penutupan oleh vegetasi) dari pepohonan yang tumbuh di tepi badan perairan (Brehm & Maijering, 1990 dalam Barus, 2004).

2.3.2 Penetrasi cahaya dan intensitas cahaya matahari

Menurut Barus (2004) faktor cahaya matahari yang masuk kedalam air akan mempengaruhi sifat-sifat optis dari air. Sebagian cahaya matahari tersebut akan diabsorpsi dan sebagian lagi akan dipantulkan keluar dari permukaan air. Dengan bertambahnya lapisan air intensitas cahaya tersebut akan mengalami perubahan yang signifikan baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif. Cahaya gelombang pendek merupakan yang paling kuat mengalami pembiasan yang mengakibatkan kolam air yang jernih akan terlihat berwarna biru dari permukaan. Sedangkan menurut Herlina (1987) penetrasi cahaya merupakan faktor pembatas bagi organisme

fotosintetik (fitoplankton) dan juga penetrasi cahaya mempengaruhi migrasi vertikal harian dan dapat pula mengakibatkan kematian pada organisme tertentu.

Menurut Nybakken (1988) fotosintesis hanya dapat berlangsung bila intensitas cahaya yang sampai kesuatu sel alga lebih besar dari pada suatu intensitas tertentu. Cahaya matahari dibutuhkan oleh tumbuhan air (fitoplankton) untuk proses asimilasi. Besar nilai penetrasi cahaya ini dapat diidentikkan dengan kedalaman air yang memungkinkan masih berlangsungnya proses fotosintesis. Nilai penetrasi cahaya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, kekeruhan air serta kepadatan plankton suatu perairan.

Menurut Nybakken (1992), bahwa kedalaman penetrasi cahaya yang merupakan kedalaman di mana produksi fitoplankton masih dapat berlangsung, bergantung pada beberapa faktor, antara lain absorpsi cahaya oleh air, panjang gelombang cahaya, kecerahan air, pemantulan cahaya oleh permukaan laut, lintang geografik dan musim.

Menurut Barus (2004), bahwa kedalaman penetrasi cahaya akan berbeda pada setiap ekosistem air yang berbeda. Bagi organisme air, intensitas cahaya berfungsi sebagai alat orientasi yang akan mendukung kehidupan organisme tersebut dalam habitatnya.

Bila kekeruhan disebabkan oleh organisme, ukuran kekeruhan merupakan indikasi produktifitas. Kejernihan dapat diukur dengan alat yang sangat sederhana yang disebut dengan cakram Secchi (Odum, 1994). Prinsip penentuan kecerahan air dengan keping secchi adalah berdasarkan batas pandangan ke dalam air untuk melihat

warna putih yang berada dalam air. Semakin keruh suatu badan air akan semakin dekat dengan batas pandangan, sebaliknya kalau air jernih akan jauh batas pandangan tersebut. Keping sechii berupa suatu kepingan yang berwarna hitam putih yang dibenamkan ke dalam air (Suin, 2002).

Mahida (1993), Davis dan Cornwell, (1991) mendefinisikan kekeruhan sebagai intensitas kegelapan di dalam air yang disebabkan oleh bahan-bahan yang melayang. Kekeruhan perairan umumnya disebabkan oleh adanya partikel-partikel suspensi seperti tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik terlarut, bakteri, plankton dan organisme lainnya. Kekeruhan perairan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air.

Menurut Koesoebiono (1989), pengaruh kekeruhan yang utama adalah penurunan penetrasi cahaya secara mencolok, sehingga aktivitas fotosintesis fitoplankton dan alga menurun, akibatnya produktivitas perairan menjadi turun. Disamping itu Effendi (2003), menyatakan bahwa tingginya nilai kekeruhan juga dapat menyulitkan usaha penyaringan dan mengurangi efektivitas desinfeksi pada proses penjernihan air.

Kecerahan merupakan ukuran transparansi perairan yang ditentukan secara visual dengan menggunakan *secchi disk* (Effendi, 2003). Kecerahan perairan sangat dipengaruhi oleh keberadaan padatan tersuspensi, zat-zat terlarut, partikel partikel dan warna air. Pengaruh kandungan lumpur yang dibawa oleh aliran sungai dapat

mengakibatkan tingkat kecerahan air danau menjadi rendah, sehingga dapat menurunkan nilai produktivitas perairan (Nybakken, 1992).

2.3.3 pH Air (Derajat Keasaman)

pH merupakan suatu ekspresi dari konsentrasi ion hidrogen (H^+) didalam air. Biasanya dinyatakan dalam minus logaritma dari konsentrasi ion H, pH sangat penting sebagai parameter kualitas air, karena ia mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan di dalam air. Selain itu ikan makhluk-makhluk akuatik lainnya hidup pada selang pH tertentu. Sehingga dengan diketahuinya nilai pH maka kita akan tahu apakah air tersebut sesuai atau tidak untuk menunjang kehidupan organisme air (Rifai *et.al.*, 1993).

Organisme dapat hidup dalam suatu perairan yang mempunyai nilai pH netral dengan kisaran toleransi asam lemah sampai basa lemah. Nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme air pada umumnya sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme, karena akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi (Barus, 2004). Derajat keasaman perairan tawar berkisar 5 sampai 10 (Dirjen DIKTI Depdikbud, 1994), jika pH dibawah 5 mengakibatkan perkembangan alga biru pada perairan itu akan sangat jarang (Shubert, 1984).

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter yang dapat menentukan produktivitas suatu perairan. Setiap organisme membutuhkan derajat

keasaman (pH) yang optimum bagi kehidupannya. Pescott (1973) mengatakan bahwa batas toleransi organisme terhadap pH bervariasi bergantung pada faktor fisika, kimia dan biologi. pH yang ideal untuk kehidupan fitoplankton berkisar antara 6,5 – 8,0.

Derajat keasaman merupakan gambaran jumlah atau aktivitas ion hidrogen dalam perairan. Secara umum nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Perairan dengan nilai pH = 7 adalah netral, pH < 7 dikatakan kondisi perairan bersifat asam, sedangkan pH > 7 dikatakan kondisi perairan bersifat basa (Effendi, 2003).

Pengukuran pH air dapat dilakukan dengan cara kolorimeter, dengan kertas pH, atau dengan pH meter (Suin, 2002). Menurut Alaerts & Sri 1984), bahwa pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan dan suasana air juga mempengaruhi beberapa hal lain misalnya kehidupan biologi dan mikrobiologi.

2.3.4 DO (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen diperlukan oleh organisme air untuk menghasilkan energi yang sangat penting bagi pencernaan dan asimilasi makanan pemeliharaan keseimbangan osmotik, dan aktivitas lainnya. Jika persediaan oksigen terlarut di perairan sangat sedikit maka perairan tersebut tidak baik bagi ikan makhluk hidup lainnya yang hidup di perairan, karena akan mempengaruhi kecepatan pertumbuhan organisme air tersebut. Kandungan oksigen terlarut minimum 2 mg/l) sudah cukup mendukung kehidupan organisme perairan secara normal (Wardana, 1995).

Pengaruh oksigen terlarut terhadap fisiologis air terutama adalah dalam proses respirasi. Konsentrasi oksigen terlarut hanya berpengaruh secara nyata terhadap organisme air yang memang tidak mutlak membutuhkan oksigen terlarut untuk respirasinya. Konsumsi oksigen bagi organisme air berfluktuasi mengikuti proses-proses hidup yang dilaluinya. Pada umumnya konsumsi oksigen bagi organisme air ini akan mencapai maksimum pada masa-masa reproduksi berlangsung. Konsumsi oksigen juga dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen terlarut itu sendiri (Barus, 2004).

Oksigen terlarut adalah gas oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen terlarut dalam perairan merupakan faktor penting sebagai pengatur metabolisme tubuh organisme untuk tumbuh dan berkembang biak. Sumber oksigen terlarut dalam air berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer, arus atau aliran air melalui air hujan serta aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air dan fitoplankton (Novonty dan Olem, 1994).

Banyak oksigen terlarut dari udara ke air tergantung pada luas permukaan air, suhu dan salinitas air. Oksigen yang berasal dari proses fotosintesis tergantung pada kerapatan tumbuh-tumbuhan air dan lama serta intensitas cahaya yang sampai ke badan air tersebut. Naik turunnya kadar oksigen terlarut dalam air sangat menentukan kehidupan hewan air (Suin, 2002). Kandungan oksigen dari aliran air yang bergelombang dan beroksigen tinggi berbeda cukup besar dengan kandungan oksigen dari pool yang airnya tenang dan tidak mengalir (Mc.Naughton, 1990).

Penyebab utama berkurangnya kadar oksigen terlarut alam air disebabkan karena adanya zat pencemar yang dapat mengkonsumsi oksigen. Zat pencemar

tersebut terutama terdiri dari bahan-bahan organik dan non organik yang berasal dari berbagai sumber, seperti kotoran (hewan dan manusia), sampah organik, bahan-bahan buangan dari industri dan rumah tangga. Menurut Connel and Miller (1995), sebagian besar dari zat pencemar yang menyebabkan oksigen terlarut berkurang adalah limbah organik. Menurut Lee *et al.*, (1978), kandungan oksigen terlarut pada suatu perairan dapat digunakan sebagai indikator kualitas perairan.

2.3.5 BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

BOD (kebutuhan oksigen biologis) adalah kebutuhan oksigen yang dibutuhkan oleh dalam lingkungan air, pengukuran BOD didasarkan kepada kemampuan mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik, artinya hanya terhadap senyawa yang terdapat yang mudah diuraikan secara biologis seperti senyawa yang terdapat dalam rumah tangga. Untuk produk- produk kimiawi, seperti senyawa minyak dan buangan kimia lainnya akan sangat sulit dan bahkan tidak bisa diuraikan oleh mikroorganisme (Barus, 2004).

Semakin tinggi nilai BOD suatu badan perairan maka semakin buruk kondisi perairan tersebut. Sebab jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan senyawa organik semakin banyak, sehingga menurunkan nilai oksigen yang terlarut, dengan demikian kondisi air menjadi miskin oksigen sehingga plankton dan organisme air lainnya tidak dapat berkembang dengan baik sebab BOD yang tinggi mengindikasikan banyak limbah yang terdapat dalam air tersebut. Bahan-bahan organik akan diuraikan oleh organisme-organisme pengurai, yang spesial

menguraikan bahan-bahan organik yang telah mati, terutama bakteri dan jamur (mikrofungi). Karena mikroorganismenya ini membutuhkan oksigen untuk proses respirasi, maka jumlah oksigen dalam air akan menurun. Jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh mikroba semacam ini biasa dikenal dengan istilah "Biological Biochemical Oxygen Demand" (Supriharyono, 2000).

Oksidasi aerobik dapat menyebabkan penurunan kandungan oksigen terlarut di perairan sampai pada tingkat terendah, sehingga kondisi perairan menjadi anaerob yang dapat mengakibatkan kematian organisme akuatik. Lee *et al.*, (1978) menyatakan bahwa tingkat pencemaran suatu perairan dapat dinilai berdasarkan nilai BOD₅-nya, seperti disajikan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1. Status kualitas air berdasarkan nilai BOD₅

No	Nilai BOD ₅ (ppm)	Status kualitas air
1	≤ 2,9	Tidak tercemar
2	3,0 – 5,0	Tercemar ringan
3	5,1 – 14,9	Tercemar sedang
4	≥ 15	Tercemar berat

Selain BOD₅, kadar bahan organik juga dapat diketahui melalui nilai COD.

Effendi (2003), menggambarkan COD sebagai jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi, baik yang dapat didegradasi secara biologi maupun yang sukar didegradasi menjadi CO₂ dan H₂O. Berdasarkan kemampuan oksidasi, penentuan nilai COD dianggap paling baik dalam menggambarkan keberadaan bahan organik baik yang dapat didekomposisi secara biologis maupun yang tidak.

2.3.6 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam proses oksidasi kimia yang dinyatakan dalam O_2/l . Dengan mengukur nilai COD maka akan diperoleh nilai yang menyatakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk proses oksidasi terhadap total senyawa organik baik yang mudah diuraikan secara biologis maupun terhadap yang sukar atau tidak bisa diuraikan secara biologis (Barus, 2004).

2.3.7 Kandungan Nitrat dan Fosfat

Nitrat merupakan zat nutrisi yang dibutuhkan oleh tumbuhan untuk dapat tumbuh dan berkembang, sementara nitrit merupakan senyawa toksik yang dapat mematikan organisme air. Keberadaan nitrat di perairan sangat dipengaruhi oleh buangan yang dapat berasal dari industri, bahan peledak, piroteknik dan pemupukan. Secara alamiah kadar nitrat biasanya rendah namun kadar nitrat dapat menjadi tinggi sekali dalam air tanah di daerah yang diberi pupuk nitrat/nitrogen (Alaerts, 1987)

Nitrogen di perairan terdapat dalam bentuk gas N_2 , NO_2^- , NO_3^- , NH_3 dan NH_4^+ serta sejumlah N yang berikatan dalam organik kompleks (Haryadi, 2003). Sumber nitrogen terbesar berasal dari udara, sekitar 80% dalam bentuk nitrogen bebas yang masuk melalui sistem fiksasi biologis dalam kondisi aerobik. Menurut Chester (1990), keberadaan nitrogen di perairan dapat berupa nitrogen anorganik dan organik. Nitrogen anorganik terdiri atas ion nitrit (NO_2^-), ion nitrat (NO_3^-), ammonia (NH_3), ion ammonium (NH_4^+) dan molekul N_2 yang larut dalam air, sedangkan

nitrogen organik berupa protein, asam amino dan urea akan mengendap dalam air. Effendi (2003) menyatakan bahwa bentuk-bentuk nitrogen tersebut mengalami transformasi (ada yang melibatkan mikrobiologi dan ada yang tidak) sebagai bagian dari siklus nitrogen. Transformasi nitrogen secara mikrobiologi mencakup hal-hal sebagai berikut:

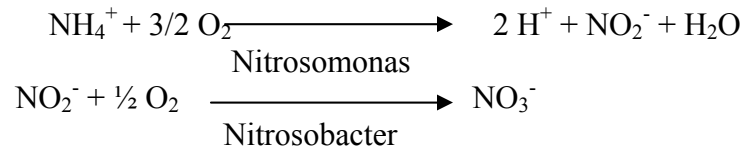
1. Asimilasi nitrogen anorganik (nitrat dan ammonium) oleh tumbuhan dan mikroorganisme (bakteri autorof) untuk membentuk nitrogen organik misalnya asam amino dan protein.
2. Fiksasi gas nitrogen menjadi ammonia dan nitrogen organik oleh mikroorganisme. Fiksasi gas nitrogen secara langsung dapat dilakukan oleh beberapa jenis alga Cyanophyta (alga biru) dan bakteri.

$N_2 + 3 H_2 \rightleftharpoons 2 NH_3$ (ammonia); atau NH_4^+ (ion ammonium). Ion ammonium yang tidak berbahaya adalah bentuk nitrogen hasil hidrolisis ammonia yang berlangsung dalam kesetimbangan seperti reaksi berikut:



Kondisi pada pH tinggi (suasana basa) akan menyebabkan ion ammonium menjadi ammonium hidroksida yang tidak berdisosiasi dan bersifat racun (Goldman and Horne, 1989).

3. Nitrifikasi yaitu oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat dapat dilakukan oleh bakteri aerob. Nitrifikasi berjalan secara optimum pada pH 8 dan berkurang secara nyata pada $pH < 7$:



Hasil oksidasi ini sangat reaktif dan mudah sekali larut, sehingga dapat langsung digunakan dalam proses biologis (Hendersen-Seller, 1987).

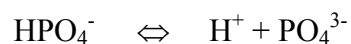
4. Amonifikasi nitrogen organik untuk menghasilkan ammonia selama proses dekomposisi bahan organik. Proses ini banyak dilakukan oleh mikroba dan jamur yang membutuhkan oksigen untuk mengubah senyawaan organik menjadi karbondioksida (Hendersend-Seller, 1987). Selain itu, autolisis atau pecahnya sel dan eksresi ammonia oleh zooplankton dan ikan juga berperan sebagai pemasok ammonia.

5. Denitrifikasi yaitu reduksi nitrat menjadi nitrit (NO_2^-), dinitrogen oksida (N_2O) dan molekul nitrogen (N_2). Proses reduksi nitrat berjalan optimal pada kondisi anoksik (tak ada oksigen). Dinitrogen oksida (N_2O) adalah produk utama dari denitrifikasi pada perairan dengan kadar oksigen sangat rendah, sedangkan molekul nitrogen (N_2) adalah produk utama dari proses denitrifikasi pada kondisi anaerob. Proses denitrifikasi akan berkurang atau lambat pada kondisi pH dan suhu rendah, tetapi akan berjalan optimum pada suhu rata-rata danau pada umumnya. Kondisi anaerob di sedimen membuat proses denitrifikasi lebih besar, yaitu dengan laju rata-rata 1 mg/l/hari (Jorgensen, 1980).

Kadar nitrogen yang tinggi dalam perairan dapat merangsang pertumbuhan algae secara tak terkendali (*blooming*). Konsentrasi nitrogen organik di perairan berkisar 0,1 sampai 5 mg/l, sedangkan di perairan tercemar berat kadar nitrogen bisa

mencapai 100 mg/l (Dojlido dan Best, 1992). Konsentrasi nitrit yang tinggi dapat menyebabkan perairan menjadi tercemar.

Keberadaan fosfor di perairan adalah sangat penting terutama berfungsi dalam pembentukan protein dan metabolisme bagi organisme. Fosfor juga berperan dalam transfer energi di dalam sel misalnya *adenosine triphosphate* (ATP) dan *adenosine diphosphate* (ADP). Ortofosfat yang merupakan produk ionisasi dari asam ortofosfat adalah bentuk yang paling sederhana di perairan (Boyd, 1982). Reaksi ionisasi ortofosfat ditunjukkan dalam persamaan berikut:



Fosfor dalam perairan tawar ataupun air limbah pada umumnya dalam bentuk fosfat, yaitu ortofosfat, fosfat terkondensasi seperti pirofosfat ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$), metafosfat ($\text{P}_3\text{O}_9^{3-}$) dan polifosfat ($\text{P}_4\text{O}_{13}^{6-}$ dan $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$) serta fosfat yang terikat secara organik (adenosin monofosfat). Senyawaan ini berada sebagai larutan, partikel atau detritus atau berada di dalam tubuh organisme akuatik (Fergusson, 1956)

Menurut Perkins (1974), kandungan fosfat yang terdapat di perairan umumnya tidak lebih dari 0,1 mg/l, kecuali pada perairan yang menerima limbah dari rumah tangga dan industri tertentu, serta dari daerah pertanian yang mendapat pemupukan fosfat. Oleh karena itu, perairan yang mengandung kadar fosfat yang

cukup tinggi melebihi kebutuhan normal organisme akuatik akan menyebabkan terjadinya eutrofikasi.