

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Air Waduk

Air menutupi sekitar 70% permukaan bumi, dengan jumlah sekitar 1.368 juta km³. Air terdapat dalam berbagai bentuk, misalnya uap air, es, cairan dan salju. Air tawar terutama terdapat di sungai, danau, air tanah, dan gunung es. Semua badan air di daratan dihubungkan dengan laut dan atmosfer melalui siklus hidrologi yang berlangsung secara kontinyu (Effendi, 2003).

Al-Qur'an telah menjadikan air sebagai tema utama, yang mana Al-Qur'an banyak menyinggung tentang air dan manfaatnya, ini terbukti dengan penyebutan kata air berulang hampir 60 kali, kata sungai 50 kali, dan kata laut 40 kali. Belum lagi frekuensi kata turunan air seperti sumber air, mata air, air hujan, mendung dan angin (Syarifah, 2011). Salah satu manfaat air yaitu sebagai sumber kehidupan sebagaimana Allah SWT berfirman dalam surat an-'aam ayat 99:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا
مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنَ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ
وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ أَنْظُرُوا
إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya:

“Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan

pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman” (Qs. An-‘aam; 6: 99).

Air tawar berasal dari dua sumber, yaitu air permukaan (*surface water*) dan air tanah (*ground water*). Air permukaan adalah air yang berada di sungai, waduk, danau, rawa dan badan air lainnya yang tidak mengalami *infiltrasi* ke bawah tanah. Ekosistem perairan tawar sendiri dapat dibedakan menjadi dua yaitu ekosistem perairan tawar tertutup dan ekosistem perairan tawar terbuka. Ekosistem perairan tawar tertutup adalah ekosistem yang dapat dilindungi terhadap pengaruh dari luar, sedangkan ekosistem perairan tawar terbuka adalah ekosistem perairan yang tidak atau sulit dilindungi terhadap pengaruh dari luar. Ekosistem perairan tawar terbuka dibedakan menjadi dua yaitu ekosistem perairan tawar yang mengalir dan ekosistem perairan tawar yang menggenang. Contoh dari perairan mengalir (*lotic waters*) adalah mata air dan sungai. Aliran air pada perairan ini biasanya terjadi karena perbedaan ketinggian tempat dari daerah yang lebih tinggi ke daerah yang lebih rendah. Sedangkan contoh perairan menggenang atau tidak mengalir (*lentic waters*) yaitu danau, rawa dan waduk (Odum, 1993).

Waduk merupakan salah satu contoh perairan tawar buatan yang dibuat dengan cara membendung sungai tertentu dengan berbagai tujuan yaitu sebagai pencegah banjir, pembangkit tenaga listrik, pensuplai air bagi kebutuhan irigasi pertanian, untuk kegiatan perikanan baik perikanan tangkap maupun budidaya karamba, dan bahkan untuk kegiatan pariwisata. Waduk dapat dibangun di dataran

rendah maupun dataran tinggi. Beberapa buah waduk dapat dibangun di sepanjang sebuah aliran sungai (Ghufran dan Baso, 2007).

Komunitas tumbuhan dan hewan tersebar di danau sesuai kedalaman dan jarak dari tepi. Berdasarkan hal tersebut waduk atau biasa disebut danau buatan tersebut dibagi menjadi empat daerah sebagai berikut (Leksono, 2007):

1. Daerah litoral

Daerah litoral merupakan daerah dangkal. Cahaya matahari menembus dengan optimal. Air yang hangat berdekatan dengan tepi. Tumbuhannya merupakan tumbuhan air berakar dan daunnya ada yang mencuat ke atas permukaan air. Komunitas organisme sangat beragam termasuk jenis-jenis alga yang melekat (khususnya diatom), berbagai siput dan remis, serangga, crustacea, ikan, amfibi, reptilia, dan beberapa mamalia yang sering mencari makan di danau.

2. Daerah limnetik

Daerah limnetik merupakan daerah air bebas yang jauh dari tepi dan masih dapat ditembus sinar matahari. Daerah ini dihuni oleh berbagai fitoplankton, termasuk ganggang dan sianobakteri. Ganggang berfotosintesis dan bereproduksi dengan kecepatan tinggi selama musim panas dan musim semi. Zooplankton yang tergolong Rotifera dan udang-udangan kecil memangsa fitoplankton.

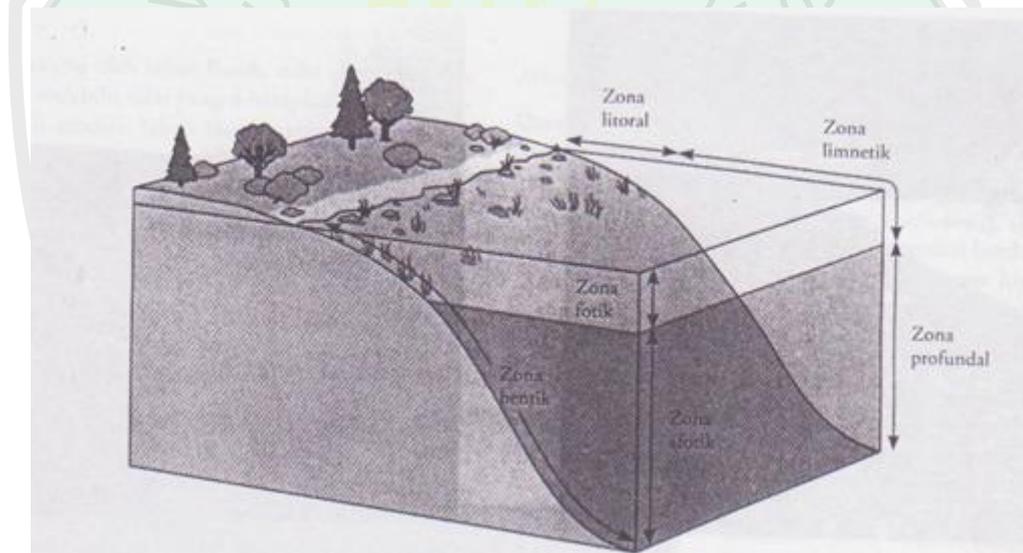
3. Daerah profundal

Daerah profundal merupakan daerah yang dalam, yaitu daerah afotik danau. Mikroba dan organisme lain menggunakan oksigen untuk respirasi seluler

setelah mendekomposisi zat organik yang jatuh dari daerah limnetik. Daerah ini dihuni oleh cacing dan mikroba.

4. Daerah bentik

Daerah ini merupakan daerah dasar danau tempat terdapatnya bentos dan sisa-sisa organisme mati. Menurut Campbell dkk (2004), zona bentik (*Benthic zone*) terbuat dari pasir dan sedimen organik dan anorganik (*ooze*) zona bentik ditempati oleh komunitas organisme yang secara kolektif disebut bentos.



Gambar 2.1 Empat Zona Utama di Perairan Air Lentik (Campbell, 2004)

2.2 Deskripsi Waduk Wonorejo

Waduk Wonorejo terletak \pm 16 km sebelah barat kota Tulungagung, desa Wonorejo, kecamatan Pagerwojo, kabupaten Tulungagung Propinsi Jawa Timur. Latar belakang dibangunnya Proyek waduk wonorejo adalah salah satu proyek dalam rangka pengembangan wilayah sungai kali Brantas. Pengembangan kali

Ngrowo ini berdasarkan studi rencana induk pengembangan wilayah sungai kali Brantas (Perum Jasa Tirta I).

Proyek pembangunan Waduk Wonorejo dimulai pada tahun 1983 dengan tujuan untuk pengembangan irigrasi di daerah Tulungagung dengan membangun bendungan serbaguna Wonorejo. selanjutnya review studi kelayakan dan detail desain proyek pada tahun 1992 dengan tujuan utama untuk memenuhi kebutuhan air baku untuk air minum dan industri di daerah Surabaya dan sekitarnya dan pada tahun 1994 dilanjutkan pembiayaan pelaksanaan konstruksi. Dengan selesainya pembangunan proyek bendungan serbaguna Wonorejo, maka memberikan manfaat antara lain menambah penyediaan air baku untuk kota Surabaya dan sekitarnya sebesar $8,02 \text{ m}^3/\text{detik}$ secara terus menerus pada usim kemarau. Sebagai pembangkit tenaga listrik sebesar 6,020 MW. Pengendali banjir untuk daerah Tulungagung, dan pengembangan perikanan darat dan pariwisata. Perairan waduk Wonorejo berdasarkan peruntukannya termasuk pada golongan air kelas II (Perum Jasa Tirta I).

Kegiatan pekerjaan persiapan untuk mempercepat pelaksanaan proyek dimulai tahun 1983 dan pada tahun 1985 telah selesai dibangun diversion turnnel dan sebagai cofferdam yang dilaksanakan secara swakelola, sedangkan pembangunan proyek bendungan serbaguna Wonorejo dilaksanaka dengan 2 tahap dan selesai pada tahun 2000 dan penggenangan tahun 2001. Waduk ini diresmikan oleh Wakil Presiden Megawati Soekarnoputri, pada tanggal 21 Juni 2001 (Perum Jasa Tirta I).

Menurut Qarni (2008), ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT juga telah menciptakan manusia beserta segenap makhluk yang melata di muka bumi ini dan menciptakan unta, sapi, dan kambing dengan warna yang berbeda-beda, ada yang berwarna putih, merah, hitam dan lain sebagainya, seperti perbedaan antara tanaman, buah-buahan dan pegunungan satu sama lainnya. Maha Suci Allah Yang Maha Mencipta.

Pada dasarnya yang dimaksud dengan biota akuatik adalah kelompok organisme, baik hewan atau tumbuhan yang sebagian atau seluruh hidupnya berada pada perairan. Kelompok organisme tersebut dapat bersifat bentik, perifitik, atau berenang bebas. Biota bentik umumnya hidup pada dasar perairan; perifitik hidup pada permukaan tumbuhan, tongkat, batu, atau substrat lain yang berada di dalam air. Biota bentik maupun perifitik umumnya mempunyai ukuran yang beragam, dari beberapa mikron sampai beberapa sentimeter, yang dimaksud dengan biota bentik maupun perifitik dalam kegunaannya sebagai bioindikator adalah kelompok hewan. Kelompok tersebut sebagian besar tergolong invertebrata (Wardhana, 1999).

Sebagai bioindikator cemaran organik kelompok hewan invertebrata, terutama yang berukuran makroskopis memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan organisme lainnya. Kelompok ini relatif hidup menetap dalam waktu yang cukup lama pada berbagai kondisi air. Beberapa jenis diantaranya dapat memberikan tanggapan terhadap perubahan kualitas air sehingga dapat memberikan petunjuk terjadinya pencemaran. Keberadaan hewan invertebrata bentik tentunya sangat dipengaruhi oleh faktor perairan, terutama

fisika, kimia, dan biologis. Faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi sebaran dan jumlah hewan per satuan luas tertentu. Waktu yang berkaitan dengan musim juga turut berpengaruh terhadap keberadaan hewan tersebut, hal ini terutama jika dikaitkan dengan siklus hidupnya. Seluruh faktor-faktor tersebut di atas dapat menjadi faktor pembatas dalam penggunaan hewan invertebrata bentik sebagai bioindikator (Wardhana, 1999).

Makroinvertebrata pada umumnya telah banyak digunakan sebagai alat untuk membuat kajian terintegrasi tentang kualitas air. Keuntungannya karena makroinvertebrata (ukurannya kira-kira lebih besar dari 0,5 mm) berfungsi sebagai penghubung antara algae (ganggang) dengan mikroorganisme (bakteri) dan juga yang bertindak sebagai sumber bahan pangan baginya dan ikan atau hewan bertulang belakang lainnya yang menggunakan atau memanfaatkan makroinvertebrata sebagai mangsanya. Disamping itu makroinvertebrata mempunyai tingkat "*turnover*" yang sedang, akan tetapi makroinvertebrata mempunyai "*replacement time*" yang lebih besar dari mikroorganisme yang mempunyai tingkat "*turnover*" yang lebih besar dan mempunyai "*replacement time*" yang lebih cepat dari ikan-ikan yang umumnya mempunyai tingkat "*turnover*" yang lambat (Tjokrokusumo, 2006).

Menurut Payne (1986) dalam Sinaga (2009) makroinvertebrata air salah satunya zoobentos adalah hewan yang melekat atau beristirahat pada dasar atau hidup di dasar endapan. Hewan ini merupakan organisme kunci dalam jaring makanan karena dalam sistem perairan berfungsi sebagai predator, detritivor, dan parasit. Makrobentos merupakan salah satu kelompok penting dalam ekosistem

perairan. Bentos merupakan organisme yang mendiami dasar perairan dan tinggal di dalam atau pada sedimen dasar perairan. Zoobentos adalah hewan yang sebagian atau seluruh siklus hidupnya berada di dasar perairan, baik sesil, merayap maupun menggali lubang. Hewan makrozoobentos lebih banyak ditemukan di perairan yang tergenang (*letik*) dari pada di perairan yang mengalir (*lotik*).

Berdasarkan kebiasaan hidupnya makroinvertebrata bentik dapat dikelompokkan sebagai infauna yaitu yang hidup menetap di dalam sedimen dan epifauna, yakni yang hidup menempel di permukaan dasar perairan. Berdasarkan ukurannya bentos dibedakan menjadi (Fachrul, 2007):

1. Makrozoobentos

Organisme yang hidup di dasar perairan berukuran lebih dari 1,0 mm dan berdasarkan letaknya dibedakan menjadi infauna dan epifauna, dimana infauna adalah kelompok makrozoobentos yang hidup terpendam di bawah lumpur, sedangkan epifauna adalah kelompok makrozoobentos yang hidup di permukaan substrat.

2. Mesozobentos

Organisme yang mempunyai ukuran antara 0,1 – 1,0 mm, misalnya golongan protozoa yang berukuran besar, cacing yang berukuran kecil dan crustacea yang berukuran sangat kecil.

3. Mikrozoobentos

Organisme yang mempunyai ukuran kurang dari 0,1 mm, misalnya protozoa.

Daya tahan adaptasi bentos berbeda-beda antara jenis yang satu dengan yang lainnya, yaitu ada yang tahan terhadap keadaan perairan setempat, tetapi ada pula yang tidak tahan, sehingga keberadaan bentos tertentu dapat dijadikan petunjuk dalam menilai kualitas perairan tersebut.

Menurut Odum (1993), komunitas adalah kumpulan populasi yang hidup pada suatu lingkungan tertentu atau habitat fisik tertentu yang saling berinteraksi dan secara bersama membentuk tingkat trofik. Di dalam komunitas, jenis organisme yang dominan akan mengendalikan komunitas tersebut, sehingga jika jenis organisme yang dominan tersebut hilang akan menimbulkan perubahan-perubahan penting dalam komunitas, bukan hanya komunitas biotiknya tetapi juga dalam lingkungan fisik.

2.4 Makroinvertebrata Sebagai Bioindikator

Pencemaran air dapat disebabkan oleh berbagai hal dan memiliki karakteristik yang berbeda-beda, namun jelas menghasilkan suatu dampak yang sama yaitu rusaknya ekosistem suatu perairan. Salah satu usaha pengelolaan kualitas air di daerah pengaliran sungai adalah pemantauan parameter-parameter kualitas air. Parameter kualitas air yang dipantau secara umum adalah parameter fisika-kimia dan biologi, walaupun dalam praktiknya sering hanya digunakan parameter fisika-kimia seperti suhu air, warna, bau, rasa, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), senyawa-senyawa nitrogen, padatan tersuspensi, serta materi terlarut dan lain-lain. Sebenarnya terdapat cara yang mudah, efektif dan juga akurat dalam mendeteksi kualitas air, yaitu menggunakan bioindikator (indikator

mahluk hidup). Hal ini dikarenakan, makhluk hidup dapat secara langsung merasakan perubahan pada perairan, sehingga meresponnya. Terkadang dengan bioindikator lebih akurat dibandingkan deteksi menggunakan indikator fisika-kimia (Iqbal, dkk, 2011).

Penggunaan bioindikator akhir-akhir ini dirasakan semakin penting dengan tujuan utama untuk menggambarkan adanya keterkaitan dengan kondisi faktor biotik dan abiotik lingkungan. Banyak metode yang digunakan untuk memantau kualitas perairan, baik secara fisika, kimia dan biologi. Hasil pengukuran secara fisika dan kimia umumnya bersifat terbatas dan kurang memungkinkan untuk memantau seluruh perubahan variabel yang berkaitan dengan kehidupan biota akuatik dan kondisi lingkungan. Salah satu bioindikator untuk perairan yaitu makro invertebrata. Hewan makro invertebrata ini memiliki tingkat kesensitifan yang tinggi, sehingga ia hanya dapat dijumpai pada daerah sungai yang masih bersih atau belum tercemar. Artinya, apabila ditemui ulat air berkantung, maka dapat disimpulkan bahwa daerah sungai tersebut bersih tidak tercemar, begitu pula sebaliknya. (Trihadiningrum dan Tjondronegoro, 1998).

Penggunaan makroinvertebrata sebagai bioindikator pada prakteknya sangat sulit untuk mengikutsertakan seluruh anggota populasi biota akuatik sebagai sampel. Berbagai keterbatasan seperti ketersediaan waktu, tenaga, biaya, keadaan medan, dan luas wilayah studi merupakan kendala-kendala yang sering dijumpai. Oleh karena itu pengambilan sampel makroinvertebrata sebagai sampel untuk memantau kualitas perairan hanya dicuplik dari sebagian kecil populasi yang ada. Untuk itu sampel yang dipilih haruslah memenuhi beberapa persyaratan

sebagai berikut (Wardhana, 2006): (1). Sampel dalam populasi harus mempunyai peluang yang sama untuk dipilih; (2). Populasi harus berasal dari lingkungan yang stabil; (3). Perbandingan anggota populasi yang terdapat pada suatu habitat yang akan diambil sampelnya harus konstan; dan (4). Sampel jangan terlalu sedikit, terutama dalam kaitannya dengan ukuran besar populasi agar tidak menimbulkan kesalahan sebagai akibat pengaruh batas.

Makroinvertebrata yang dapat digunakan sebagai tolak ukur kualitas lingkungan atas dasar nilai kualitas hayati dan keanekaragaman hayati hendaknya memiliki ciri-ciri sebagai berikut; (1). Harus memiliki kepekaan terhadap perubahan lingkungan perairan dan responnya cepat; (2). Memiliki daur hidup yang kompleks sepanjang tahun atau lebih dan apabila kondisi lingkungan melebihi batas toleransinya biota tersebut akan mati; (3). Hidup sesil (bentik); dan (4). Tidak mudah dan cepat bermigrasi (Wardhana, 2006).

Kualitas perairan dapat dinilai berdasarkan tabel 2.1 dengan ketentuan sebagai berikut (Trihadiningrum dan Tjondronegoro, 1998):

1. Perairan akan tergolong tidak tercemar, jika dan hanya jika terdapat Trichoptera (Sericosmatidae, Lepidosmatidae, Glossomatidae); Planaria, tanpa kehadiran jenis indikator yang terdapat pada kelas 2-6.
2. Perairan tergolong agak tercemar, tercemar ringan, tercemar, tercemar agak berat dan sangat tercemar, bila terdapat dalam kelompok kelas masing-masing.
3. Apabila makroinvertebrata terdiri atas campuran antara indikator dari kelas-kelas yang berlainan, maka berlaku ketentuan berikut;

- a. Perairan dikategorikan sebagai agak tercemar apabila terdapat campuran organisme indikator dari kelas 1 dan 2, atau dari kelas 1, 2 dan 3.
- b. Perairan dikategorikan tercemar ringan apabila terdapat campuran organisme indikator dari kelas 2 dan 3, atau dari kelas 2, 3 dan 4.
- c. Perairan dikategorikan sebagai tercemar apabila terdapat campuran organisme indikator dari kelas 3 dan 4, atau dari kelas 3, 4 dan 5.
- d. Perairan dikategorikan sebagai sangat tercemar apabila terdapat campuran organisme indikator dari kelas 4 dan 5.

Tabel 2.1 Makroinvertebrata indikator untuk menilai kualitas air yang sudah disederhanakan ((Trihadiningrum dan Tjondronegoro, 1998)

Tingkat Cemar	Makroinvertebrata Indikator
1. Tidak tercemar	Trichoptera (Sericosmatidae, Lepidosmatidae, Glossomatidae); Planaria
2. Tercemar ringan	Plecoptera (Perlidae, Peleodidae); Ephemeroptera (Leptophlebiidae, Pseudocloeon, Ecdyonuridae, Caebidae); Tricoptera (Hydropschydae, Psychomyidae); Odonata (Gophidae, Plarycnematidae, Agriidae, Aeshnidae); Coleoptera (Elminthidae)
3. Tercemar sedang	Mollusca (Pulmonata, Bivalvia); Crustacea; Odonata (Libellulidae, Cordulidae)
4. Tercemar	Hirudinea (Glossiphonidae, Hirudidae); Hemiptera
5. Tercemar agak berat	Oligochaeta (ubificidae); Diptera (Chironomus Thummi-plumosus)
6. Sangat tercemar	Tidak terdapat makroinvertebrata.

Penggunaan makroinvertebrata sebagai bioindikator kondisi lingkungan atau eksosisitem yang ditempatinya telah lama dilakukan, adapun beberapa penelitian yang telah dilakukan yaitu penelitian oleh Bahri (2007) di delapan

stasiun di sungai Ciliwung ditemukan makroinvertebrata yaitu 32 famili dan 43 genus. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa berdasarkan bioindikator makrozobentos kualitas perairan di sungai Ciliwung yaitu tergolong tercemar sedang sampai tercemar dengan ditemukannya spesimen indikator yaitu *Perlidae*, *Hidropscyidae*, *Chironomidae*, *Planaridae*, *Lepidosmatidae*, *Psychomyidae*, *Gompidae* dan *Leptophlebiidae*.

Selanjutnya berdasarkan penelitian Sinaga (2009) tentang keanekaragaman makrozobentos sebagai indikator kualitas perairan danau Toba mendapatkan 21 genus yang tergolong ke dalam 5 kelas yaitu: Crustaceae, Gastropoda, Hirudinae, Insecta dan Oligochaeta. Berdasarkan indeks diversitas Shannon-Wiener, stasiun Pelabuhan dan Lumban Bulbul tergolong perairan yang tercemar ringan, stasiun Lumban Silintong dan Tara Bunga tergolong perairan tidak tercemar. Pengukuran faktor fisika-kimia perairan diperoleh kesimpulan bahwa stasiun pelabuhan diklasifikasikan kepada kelas C yaitu sedang dengan kategori tercemar sedang, stasiun Lumban Bulbul diklasifikasikan kepada kelas B, baik dengan kategori tercemar ringan, sedang stasiun Lumban Silintong dan Tara Bunga diklasifikasikan kepada kelas A, baik sekali, tidak tercemar.

2.5 Faktor Fisika dan Kimia Air

1. Suhu

Cahaya matahari yang masuk ke perairan akan mengalami penyerapan dan perubahan menjadi energi panas. Proses penyerapan cahaya ini berlangsung secara lebih intensif pada lapisan atas sehingga lapisan atas perairan memiliki

suhu yang lebih tinggi dan densitas yang lebih kecil dari pada lapisan bawah. Kondisi ini pada perairan tergenang akan menyebabkan terjadinya stratifikasi thermal pada kolom air (Effendi, 2003).

Suhu air dapat mempengaruhi kehidupan biota air secara tidak langsung, yaitu melalui pengaruhnya terhadap kelarutan oksigen dalam air. Semakin tinggi suhu air, semakin rendah daya larut oksigen di dalam air, dan sebaliknya. Semakin tinggi daya larut oksigen maka suhu air semakin rendah. Pengaruh suhu secara tidak langsung yang lain adalah mempengaruhi metabolisme, daya larut gas-gas, termasuk oksigen serta berbagai reaksi kimia di dalam air (Ghufran dan Baso, 2007).

2. Kecerahan Air

Kecerahan adalah sebagian cahaya yang diteruskan ke dalam air dan dinyatakan dengan persen (%), dari beberapa panjang gelombang di daerah spektrum yang terlihat cahaya yang melalui lapisan sekitar satu meter, jatuh agak lurus pada permukaan air. Kemampuan cahaya matahari untuk menembus sampai ke dasar perairan dipengaruhi oleh kekeruhan air. Kekeruhan dipengaruhi oleh benda-benda halus yang disuspensikan seperti lumpur, adanya jasad-jasad renik (plankton) dan warna air (Ghufran dan Baso, 2007).

Kecerahan dapat diukur dengan alat yang amat sederhana yang disebut cakram secchi yang diperkenalkan oleh A. Secchi tahun 1865, yaitu berupa cakram putih dengan garis tengah kira-kira 20 cm dan dimasukkan ke dalam air sampai tidak terlihat dari permukaan. Kedalaman itu bisa berkisar antara beberapa

cm pada air yang amat keruh sampai 40 m pada air yang amat jernih (Odum, 1993).

3. DO (*Dissolved Oxygen*)

Semua makhluk hidup membutuhkan oksigen tidak terkecuali mereka yang hidup dalam air. Kehidupan akuatik seperti ikan, mendapatkan oksigen dalam bentuk oksigen terlarut (Achmad, 2004). Kadar oksigen terlarut yang tinggi tidak menimbulkan pengaruh fisiologis bagi manusia. Ikan dan organisme akuatik lain membutuhkan oksigen terlarut dengan jumlah cukup banyak. Kebutuhan oksigen ini bervariasi antar organisme. Keberadaan logam berat yang berlebihan di perairan akan mempengaruhi sistem respirasi organisme akuatik, sehingga pada saat kadar oksigen terlarut rendah dan terdapat logam berat dengan konsentrasi tinggi, organisme akuatik menjadi lebih menderita (Yulianti, 2007).

4. BOD (*Biochemical Oxygen Demands*)

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah kebutuhan oksigen yang dibutuhkan oleh organisme dalam lingkungan air untuk menguraikan senyawa organik. Proses penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme di dalam lingkungan air, merupakan proses alamiah yang mudah terjadi apabila air lingkungan mengandung oksigen yang cukup (Wardhana, 2004).

Biochemical Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme selama penghancuran bahan organik dalam waktu tertentu pada suhu 20 °C. Oksidasi biokimiawi ini merupakan proses yang lambat dan secara teoritis memerlukan reaksi yang sempurna. Dalam waktu 20

hari, oksidasi mencapai 95-99% dan dalam waktu 5 hari seperti yang biasa digunakan untuk mengukur BOD yang kesempurnaan oksidasinya mencapai 60-70%. Suhu 20 °C yang digunakan merupakan nilai rata-rata untuk daerah perairan arus lambat di daerah iklim sedang dan mudah ditiru dalam inkubator. Hasil yang berbeda akan diperoleh pada suhu yang berbeda karena kecepatan reaksi biokimia tergantung dari suhu (Achmad, 2004).

5. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia, baik yang dapat didegradasi secara biologis maupun yang sukar didegradasi. Jika pada perairan terdapat bahan organik yang resisten terhadap degradasi biologis, misalnya tannin, fenol, polisakarida dan sebagainya, maka lebih cocok dilakukan pengukuran COD dari pada BOD. Kenyataannya hampir semua zat organik dapat dioksidasi oleh oksidator kuat seperti kalium permanganat dalam suasana asam, di perkirakan 95% - 100% bahan organik dapat dioksidasi (Yulianti, 2007).

Seperti pada BOD, perairan dengan nilai COD tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/l, sedangkan pada perairan yang tercemar dapat lebih dari 200 mg/l (Effendi, 2003).

6. Nitrat (NO₃)

Nitrat dapat terbentuk karena tiga proses, yakni badai listrik, organisme pengikat nitrogen, dan bakteri yang menggunakan amoniak. Ketiganya tidak dibantu manusia. Tetapi jika manusia membuang kotoran dalam air, maka proses

ketiga akan meningkat, karena kotoran mengandung banyak amoniak. Konsentrasi nitrat tinggi memungkinkan ada pengotoran dari lahan pertanian. Kemungkinan lain penyebab nitrat konsentrasi tinggi ialah pembusukan sisa tanaman dan hewan, pembuangan industri dan kotoran hewan. Sumber nitrat sukar dilacak di sungai atau di danau. Karena merupakan nutrien, nitrat mempercepat tumbuh plankton (Sastrawijaya, 1991).

7. Fosfat (PO₄)

Unsur Fosfor di perairan tidak ditemukan dalam bentuk bebas sebagai elemen melainkan dalam bentuk senyawa anorganik yang terlarut (ortofosfor dan polifosfor) dan senyawa organik yang berupa partikulat. Fosfor membentuk kompleks dengan ion besi dan kalsium pada kondisi aerob, bersifat tidak larut, dan mengendap pada sedimen sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh algae akuatik (Effendi, 2003).

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Karakteristik fosfor sangat berbeda dengan unsur-unsur utama lain yang merupakan penyusun biosfer karena unsur ini tidak terdapat di atmosfer. Fosfor juga merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan algae, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan algae akuatik serta sangat mempengaruhi tingkat produktifitas perairan (Effendi, 2003).

8. pH (Kadar Keasaman)

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5 – 7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan

mengganggu kehidupan biota akuatik. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 – 8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimia perairan, misalnya proses nitrifikasi dan berakhir pada pH yang rendah (Yulianti, 2007).

Setiap organisme memiliki batas toleransi yang berbeda terhadap pH. Kebanyakan perairan alami memiliki pH berkisar antara 6-9. Sebagian besar biota perairan sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7–8,5 (Effendi, 2003).

9. TSS dan TDS (Padatan Total Tersuspensi dan Padatan Total Terlarut)

Padatan total tersuspensi biasanya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, kotoran manusia dan hewan, lumpur, sisa pertanian, sisa tanaman dan hewan serta limbah industri. Padatan total tersuspensi suatu sampel air ialah jumlah bobot bahan yang tersuspensi dalam suatu volume air tertentu. TSS biasanya ditunjukkan dalam miligram perliter atau bagian perjuta (Sastrawijaya, 1991).

Padatan terlarut total mencerminkan jumlah kepekatan padatan dalam suatu sampel air. TDS juga dinyatakan dalam miligram perliter (mg/l) atau dalam bagian juta, misalnya suatu contoh air dengan padatan terlarut total 200, artinya dalam 1 liter terdapat 200 mg padatan terlarut (Sastrawijaya, 1991).

10. Kandungan Subtrat

Bahan organik utama yang terdapat di dalam air adalah asam amino, protein, karbohidrat, dan lemak. Komponen lain seperti asam organik, hidrokarbon, vitamin, dan hormon juga ditemukan di perairan, tetapi hanya 10%

dari material organik tersebut yang mengendap sebagai substrat ke dasar perairan (Odum,1993).

Substrat batu menyediakan tempat bagi spesies yang melekat sepanjang hidupnya, juga digunakan oleh hewan yang bergerak sebagai tempat perlindungan dari predator. Substrat dasar yang halus seperti lumpur, pasir dan tanah liat menjadi tempat makanan dan perlindungan bagi organisme yang hidup di dasar perairan (Laili dan Persons, 1993 dalam Sinaga 2009). Substrat dasar yang berupa batu-batu pipih dan batu kerikil merupakan lingkungan hidup yang baik bagi makroinvertebrata sehingga bisa mempunyai kepadatan dan keanekaragaman yang besar (Odum,1993).

2.6 Indeks Komunitas

Keragaman komunitas serangga di suatu tempat dapat dianalisa dengan melakukan pengamatan menggunakan unit-unit sampel, kemudian dilakukan analisa dengan mengidentifikasi dan menghitung. Data tentang gambaran keragaman komunitas dapat disajikan dalam bentuk sebagai berikut:

1. Keanekaragaman Jenis

Keanekaragaman jenis adalah suatu karakteristik tingkatan komunitas berdasarkan kelimpahan spesies yang dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitas. Suatu komunitas dikatakan mempunyai keanekaragaman jenis tinggi jika komunitas itu disusun oleh banyak spesies (jenis) dengan kelimpahan spesies yang sama atau hampir sama. Sebaliknya jika komunitas itu disusun oleh sangat

sedikit spesies, dan jika hanya sedikit saja spesies yang dominan, maka keanekaragaman jenisnya rendah (Soegianto, 1994).

Keanekaragaman jenis yang tinggi menunjukkan bahwa suatu komunitas memiliki kompleksitas tinggi, karena dalam komunitas itu terjadi interaksi spesies yang tinggi pula. Jadi dalam suatu komunitas yang mempunyai keanekaragaman jenis yang tinggi akan terjadi interaksi spesies yang melibatkan transfer energi (jaring makanan), predasi, kompetisi, dan pembagian relung yang secara teoritis lebih kompleks (Soegianto, 1994).

Menurut (Odum, 1993), untuk mengetahui indeks keanekaragaman Shannon-Wiener di rumuskan:

$$H' = \sum_{t=1}^s P_i \ln P_i$$

Keterangan rumus:

P_i : n_i/N

H' : indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

n_i : jumlah individu dari seluruh jenis

N : jumlah total individu dari seluruh jenis

Menurut Lee, dkk. (1975) dalam Fachrul (2007), klasifikasi derajat pencemaran air berdasarkan indeks keanekaragamannya dapat dilihat pada tabel

2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi Pencemaran air Berdasarkan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener

H'	Tingkat Cemar Perairan
>2,0	Tidak tercemar
1,0-2,0	Tercemar ringan
1,0-1,5	Tercemar sedang
< 1,0	Tercemar Berat

2. Dominansi

Dalam suatu komunitas biasanya terdapat jenis yang mengendalikan arus energi dan mempengaruhi lingkungan dari pada jenis lainnya, hal ini disebut dominan-dominan ekologi. Indeks dominansi dapat diketahui menggunakan indeks dominansi Simpson dengan persamaan (Odum, 1993):

$$D = \sum (n_i/N)^2$$

Keterangan rumus:

D: Indeks dominansi Simpson

n_i : nilai kepentingan untuk tiap spesies (jumlah individu)

N: Total nilai kepentingan

Indeks Dominansi antara 0-1, jika indeks dominansi mendekati 0 berarti tidak terdapat genera yang mendominasi spesies lainnya atau struktur komunitas dalam keadaan stabil. Bila indeks dominan mendekati 1 berarti terdapat spesies yang mendominasi spesies lainnya atau struktur komunitas labil, karena terjadi tekanan ekologis.