

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perubahan Kualitas Ekosistem Perairan**

Pertumbuhan populasi manusia semakin mempercepat kegiatan ekonomi, penggunaan lahan dan perubahan iklim yang semakin meningkat, menyebabkan peningkatan tekanan pada kualitas dan kuantitas sumber daya perairan yang akan mengancam kualitas air serta ekosistem sekitar. Penurunan kualitas air telah menjadi isu global yang menjadi perhatian umum (Uherek & Gouvela, 2014). Adanya aktivitas manusia, industri, perluasan sistem perkotaan, deforestasi, dan perubahan iklim selama beberapa dekade terakhir telah menyebabkan perubahan yang signifikan terhadap ekosistem perairan, terutama sungai. Perubahan kualitas perairan sungai memiliki dampak langsung pada organisme air yang mengarah ke penurunan keanekaragaman hayati (Aschonitis dkk, 2015).

Di negara berkembang terdapat banyak bangunan industri yang tidak memperhatikan ekosistem dan lingkungan sekitar, sehingga dampak negatif yang dihasilkan dari industri tersebut dapat mencemari lingkungan terutama perairan. Mata Air Kendedes adalah mata air yang banyak dimanfaatkan oleh warga sekitar Singosari untuk kelangsungan hidup sehari-hari, misalnya mencuci, mandi, irigasi persawahan, memancing dan pembuangan air besar (MCK), aktivitas tersebut dilakukan dikarenakan kualitas Mata Air Kendedes yang masih jernih, selain itu pada bagian hilir sungai terdapat aktivitas industri yang dapat memberikan dampak negatif bagi pemukiman dan persawahan warga sekitar. Menurut Ukpaka (2013) Lingkungan perairan yang sehat adalah salah satu lingkungan dimana terdapat kebersihan kualitas air, sehingga dapat mendukung beragam kekayaan organisme yang hidup di dalam perairan. Kualitas air didefinisikan dalam hal fisik-kimia dan biologi. Penentu utama dari kualitas fisik-kimia air meliputi suhu, DO, pH, kecepatan arus, debit, konduktivitas, BOD dan turbiditas.

Kondisi ekosistem perairan dan kesehatan lingkungan saat ini sangat penting untuk kehidupan semua makhluk hidup, pencemaran air merupakan masalah yang sangat berat di seluruh dunia, oleh karena itu perlu dilakukan biomonitoring. Biomonitoring adalah penilaian penggunaan dalam pemantauan kualitas air. Biomonitoring sering dilakukan dengan mengukur atau mengetahui organisme yang hidup

di dalam perairan, seperti makroinvertebrata bentos. Makroinvertebrata bentos adalah salah satu indikator biologis yang baik untuk pemantauan kualitas air, kehadiran dan ketidakhadiran organisme bentos memberikan gambaran bagaimana kondisi perairan saat ini (Archna dkk, 2015).

Adanya vegetasi di sekitar sungai juga sangat mempengaruhi kehidupan fauna, yaitu untuk mendukung adanya kehidupan organisme dalam air. Kelimpahan dan distribusi invertebrata sangat bervariasi dari waktu ke waktu, beberapa tanaman mendukung jumlah kehidupan yang lebih besar, keragaman yang lebih tinggi, dan biomassa yang lebih besar dari organisme lain. Komunitas dengan luas permukaan tanaman yang lebih tinggi cenderung mendukung populasi invertebrata yang lebih besar sehingga terdapat banyak serangga yang hidup di sekitar perairan, selain itu sampah vegetasi yang telah mati dan tenggelam ke dasar air dapat mendukung adanya kelompok besar makroinvertebrata bentos (Hussain & Pandit, 2012).

Kualitas air sungai dapat berubah sesuai musim, aktivitas manusia dan wilayah geografis. Parameter fisik-kimia dan biologis adalah faktor yang menentukan bagi kelangsungan organisme air. Parameter umum dapat dilihat dari suhu, suhu merupakan faktor pembatas dalam lingkungan air dan variabel lingkungan yang paling penting. Hal ini mempengaruhi aktivitas metabolisme, pertumbuhan, distribusi reproduksi dan perilaku migrasi organisme air, selain itu juga dapat mempengaruhi kelarutan gas dalam air, penurunan gas terlarut dapat terjadi dengan suhu yang meningkat (Archna dkk, 2015). Kelangsungan hidup, metabolisme, fisiologis dan pertumbuhan organisme air dapat hidup dengan baik pada kisaran pH 6,5–8,7. pH dipengaruhi oleh keasaman sedimen bawah dan aktivitas biologis, pH tinggi dapat dihasilkan dari tingginya tingkat fotosintesis oleh fitoplankton padat. pH antara 7 – 8,5 adalah ideal untuk produktivitas biologis, sedangkan pH yang rendah sekitar empat akan merugikan kehidupan air (Makinde dkk, 2015).

## **2.2 Kualitas Fisik-kimia Air Tawar**

Sumber daya air sangat penting untuk ekosistem alam dan kehidupan manusia. Air sangat penting untuk aktivitas pertanian, industri dan sumberdaya manusia. Ekosistem perairan yang sehat tergantung pada parameter fisik-kimia dan biologi yang dihasilkan. Parameter fisik-kimia dan biologi sangat penting sebagai indikator

besarnya sumber dari setiap beban pencemaran. Karakteristik ini dapat mengidentifikasi kondisi tertentu untuk ekologi dan organisme yang hidup di sekitarnya (Medudhula dkk, 2012).

Pengujian kualitas air adalah bagian penting dari pemantauan lingkungan, kualitas air yang buruk dapat mempengaruhi kehidupan air dan ekosistem di sekitarnya. Nilai parameter fisik-kimia air akan mempengaruhi kualitas air di lingkungannya, sifat fisik kualitas air meliputi suhu, turbiditas (kekeruhan), kedalaman, kecepatan arus dan debit. Karakteristik kimia meliputi parameter pH, BOD, dan DO. Indikator biologis kualitas air ditentukan oleh organisme yang hidup di dalam suatu perairan. Upaya pengukuran ini juga dapat membantu dalam proses restorasi atau memastikan standar lingkungan terpenuhi (Kelly, 2016). Menurut Sawant dkk. (2012) kualitas air ditentukan oleh pemenuhan standar seluruh uji parameter kualitas air.

Suhu pada dasarnya adalah parameter penting dan mempengaruhi kualitas kimia dan biologi dalam air. Suhu air selalu lebih rendah dari suhu udara (John dkk, 2015). Suhu menjadi salah satu faktor ekologi yang berhubungan erat dengan lintang, ketinggian dan musim. Makroinvertebrata bentos telah berevolusi untuk hidup dalam suhu tertentu, suhu adalah pembatas yang mempengaruhi distribusi kehidupan makroinvertebrata bentos, selain itu suhu juga mempengaruhi pola munculnya makroinvertebrata, yaitu tingkat pertumbuhan, metabolisme, reproduksi dan ukuran tubuh. Terdapat banyak variasi spesies yang mampu mentolerir suhu (Hussain & Pandit, 2012).

Nilai pH air murni mengacu pada ukuran konsentrasi ion hidrogen dalam air. Hal ini berkisar dari 0 sampai 14. Secara umum, air dengan pH 7 dianggap netral sementara yang lebih rendah dari itu disebut asam. Pada umumnya pH air berkisar 6 - 8,5. Menurut standar WHO pH air harus 6,5-8,5 (Mohsin dkk, 2013).

Konduktivitas merupakan ukuran normal kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik, yang mana kebanyakan dipengaruhi oleh padatan terlarut seperti natrium klorida dan kalium klorida dalam air. Kualitas air dapat diperiksa secara efektif dengan mengendalikan konduktivitas air, konduktivitas dapat diukur dengan bantuan EC (*Electrical Conductivity*) (Sawant dkk, 2012).

Turbiditas atau kekeruhan adalah ukuran kejernihan perairan seperti sungai, danau, laut dsb. Kekeruhan menggambarkan jumlah cahaya yang tersebar atau terhalang oleh partikel – partikel yang tersuspensi dalam sampel air. Air jernih memiliki kekeruhan rendah

dan air keruh memiliki tingkat kekeruhan tinggi. Kekeruhan disebabkan oleh partikel tanah, bahan organik, logam, atau bahan sejenis yang berada dalam kolom air. Kekeruhan biasanya diukur dalam *Nephelometric Turbidity Unit* (NTU). Kekeruhan dapat bervariasi dari waktu ke waktu, musiman atau secara geografis tergantung pada perubahan curah hujan, gradien (kemiringan), aliran air, dan gangguan seperti tanah longsor (Denby, 2013).

DO atau Oksigen terlarut adalah bentuk gas oksigen yang terlarut dalam air. Hal ini penting untuk respirasi organisme dalam air. Oksigen terlarut memasuki air dengan difusi dari atmosfer dan sebagai produk fotosintesis oleh ganggang dan tanaman. DO adalah salah satu parameter yang paling penting korelasinya dengan badan air, serta memberikan informasi secara langsung misalnya aktivitas bakteri, fotosintesis, ketersediaan nutrisi, stratifikasi dll. DO mengalami peningkatan pada saat musim panas, karena peningkatan suhu dan durasi sinar matahari yang cerah memiliki pengaruh pada presentase gas terlarut ( $O_2$  dan  $CO_2$  selama musim panas tampaknya mempercepat fotosintesis oleh fitoplankton) (Sawant dkk, 2012).

BOD atau *Biochemical Oxygen Demand* adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. BOD adalah ukuran dari kontaminasi bahan organik dalam air, yang ditentukan dalam mg/L. BOD adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk dekomposisi biokimia senyawa organik dan oksidasi bahan anorganik tertentu misalnya, besi, sulfida (Sawant dkk, 2012).

Debit adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit air merupakan komponen yang penting dalam pengelolaan suatu DAS. Satuan debit adalah meter kubik per detik ( $m^3 \cdot s^{-1}$ ). Semakin tinggi debit yang dihasilkan maka kekuatan arus dan oksigen yang dihasilkan akan semakin tinggi sehingga dapat memicu pertumbuhan organisme yang tinggi.

### **2.3 Makroinvertebrata Bentos sebagai Bioindikator Perubahan Kualitas Air**

Biomonitoring atau pemantauan biologis secara umum didefinisikan sebagai penggunaan sistematis organisme hidup atau tanggapan untuk mengetahui kondisi terhadap perubahan lingkungan (Li Li & Liu, 2010). Makroinvertebrata bentos adalah organisme yang

cukup besar (makro) dengan habitat atau tempat hidupnya di antara bebatuan, kayu, sedimen dan tanaman air bagian bawah sungai (Kefas dkk, 2015). Makroinvertebrata bentos mencakup organisme larva, siput, cacing dsb. Makroinvertebrata bentos adalah bagian penting dari rantai makanan, karena kelimpahan dan posisi bentos sebagai perantara dalam rantai makanan akuatik, makroinvertebrata bentos memainkan peran penting dalam keseimbangan ekosistem yaitu energi dan nutrisi. Makroinvertebrata bentos yang telah mati akan membusuk dan meninggalkan nutrisi yang biasanya digunakan kembali oleh tanaman air dan hewan lainnya dalam melakukan proses rantai makanan (James, 2016).

Makroinvertebrata bentos memiliki berbagai variasi kepekaan terhadap pencemaran organik dengan demikian, jumlah relatifnya telah digunakan untuk membuat kesimpulan tentang polusi yang mencemari perairan yang masih asri, keragaman yang tinggi dan kekayaan spesies dapat ditemukan dengan mudah jika kondisi perairan tersebut masih bagus. Namun, dampak tinggi akibat aktivitas manusia menyebabkan banyak perubahan pada kumpulan dan keanekaragaman hayati fauna sungai (Patrick dkk, 2015). Perubahan kecil yang terjadi dalam lingkungan akan memiliki respon yang cukup besar terhadap komunitas makroinvertebrata bentos untuk mengukur tingkat polusi yang terjadi. Adanya makroinvertebrata bentos dengan jumlah yang banyak dan berbagai jenis akan memberikan informasi yang akurat terhadap kondisi kesehatan daerah aliran sungai (DAS) (Aweng dkk, 2012).

Makroinvertebrata bentos dapat dimanfaatkan sebagai bioindikator biologis dalam air, jika kondisi kualitas air dan habitat berubah, maka struktur makroinvertebrata bentos yang hidup di perairan tersebut juga berubah. Sebagian besar makroinvertebrata bentos cenderung tetap hidup di habitat aslinya. Makroinvertebrata bentos mewakili berbagai kelompok hewan air, banyaknya taksa individu memiliki berbagai tanggapan terhadap stres seperti polutan beracun, sedimentasi, dan gangguan habitat (Hilsenhoff, 2010).

Indeks biotik merupakan nilai dalam bentuk skoring yang dibuat atas dasar tingkat toleransi organisme atau kelompok organisme terhadap pencemaran. Indeks tersebut juga memperhitungkan keragaman organisme dengan mempertimbangkan kelompok-kelompok tertentu dalam kaitannya dengan tingkat pencemaran. Nilai indeks dari suatu lokasi dapat diketahui dengan menghitung nilai skoring dari semua kelompok hewan yang ada dalam sampel

(Wardhana, 1999). Berikut adalah beberapa indeks yang digunakan dalam bioindikator untuk mengetahui perubahan kualitas air

#### A. FBI (*Family Biotic Index*)

FBI merupakan modifikasi dari HBI dari penilaian tingkat spesies ke tingkat famili. FBI didasarkan atas toleransi tingkat famili dari bentuk terhadap pencemaran organik dengan nilai toleransi berkisar antara 0 (sangat tidak toleran) sampai 10 (sangat toleran) (Mandaville, 2002).

Tabel 1. Kriteria tingkat pencemaran berdasarkan FBI

<i>Family Index Biotic</i>	<i>Water Quality</i>	<i>Degree of Organic Pollution</i>
0.00 - 3.75	<i>Excellent</i>	<i>Organic pollution unlikely</i> (Tidak tercemar bahan organik)
0.76 - 4.25	<i>Very good</i> (Sangat baik)	<i>Possible slight organic pollution</i> (Mungkin sedikit tercemar bahan organik)
4.26 - 5.00	<i>Good</i> (Baik)	<i>Some organic pollution probable</i> (Kemungkinan tercemar bahan organik)
5.01 - 5.75	<i>Fair</i> (Cukup)	<i>Fairly substansial pollution likely</i> (Pencemaran cukup substansial)
5.76 - 6.50	<i>Fairly poor</i> (Cukup buruk)	<i>Substansial pollution likely</i> (Pencemaran yang substansial)
6.51 - 7.25	<i>Poor</i> (Buruk)	<i>Very substansial pollution likely</i> (Pencemaran yang sangat substansial)
7.26 - 10.00	<i>Very poor</i> (Sangat buruk)	<i>Severe organic pollution likely</i> (pencemaran organik yang berat)

#### B. HBI (*Hilsenhof Biotic Index*)

HBI merupakan salah satu indeks biotik yang dibuat dengan mempertimbangkan pencemaran organik, terdapat 10 skala (0 sangat sensitif sampai 10 sangat toleran). Menurut Mandaville (2002),

berdasarkan kriteria dari HBI yang telah dimodifikasi (*Modified Hilsenhof Biotic Index*).

Tabel 2. Kriteria tingkat pencemaran berdasarkan HBI

<i>Hilsenhof Biotic Index</i>	<i>Water Quality</i>	<i>Degree of Organic Pollution</i>
0.00 - 3.50	<i>Excellent</i>	<i>No apparent organic pollution</i> (Tidak tercemar bahan organik)
3.51 - 4.50	<i>Very good</i> (Sangat baik)	<i>Possible slight organic pollution</i> (Mungkin sedikit tercemar bahan organik)
4.51 - 5.50	<i>Good</i> (Baik)	<i>Some organic pollution</i> (Kemungkinan tercemar bahan organik)
5.51 - 6.50	<i>Fair</i> (Cukup)	<i>Fairly significant organic pollution</i> (Pencemaran organik cukup signifikan)
6.51 - 7.50	<i>Fairly poor</i> (Cukup buruk)	<i>Significant organic pollution</i> (Pencemaran organik yang signifikan)
7.51 - 8.50	<i>Poor</i> (Buruk)	<i>Very significant organic pollution</i> (Pencemaran organik yang sangat signifikan)
8.51 - 10.00	<i>Very poor</i> (Sangat buruk)	<i>Severe organic pollution</i> (Pencemaran organik yang berat)

### C. Indeks Keanekaragaman *Shannon – Wiener* (H)

Indeks diversitas *Shannon – Wiener* dikembangkan berdasarkan terjadinya perubahan struktur komunitas sebagai akibat perubahan yang terjadi dalam kualitas lingkungan perairan karena berlangsungnya pencemaran. Indeks keanekaragaman ini menunjukkan jumlah spesies di antara jumlah total individu dari seluruh spesies yang ada. Jumlah spesies dalam suatu komunitas adalah penting dari segi ekologi karena keanekaragaman spesies

tampaknya bertambah bila komunitas menjadi semakin stabil (Mandaville, 2002).

Tabel 3. Kriteria tingkat pencemaran berdasarkan indeks keanekaragaman *Shannon Wiener* (H)

<i>Diversity Index Shannon Wiener (H)</i>	<i>Level of Pollution</i>
2.0	<i>Uncontaminated</i> (Tidak terkontaminasi)
2.0 - 1.6	<i>Slightly polluted</i> (Tercemar ringan)
1.5 - 1.0	<i>Medium contaminated</i> (Tercemar sedang)
< 1.0	<i>Heavily contaminated</i> (Tercemar berat)

#### D. ASPT (*Average Score Per Taxon*)

Rata-rata Skor Per Taxon (ASPT) merupakan nilai toleransi rata-rata semua taksa dalam komunitas, dan dihitung dengan membagi BMWP dengan jumlah famili yang diwakili dalam sampel (Mandaville, 2002).

Tabel 4. Kriteria Tingkat Pencemaran berdasarkan nilai ASPT

<i>ASPT value</i>	<i>Water Quality Assesment</i>
>6	<i>Clean water</i> (Air bersih)
5 – 6	<i>Doubtful quality</i> (Tercemar ringan)
4 – 5	<i>Probable moderate pollution</i> (Tercemar sedang)
>4	<i>Probable severe pollution</i> (Tercemar berat)