

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Air Danau

Secara garis besar ekosistem dibedakan menjadi ekosistem darat dan ekosistem perairan. Ekosistem perairan dibedakan atas ekosistem air tawar dan ekosistem air laut. Ciri-ciri ekosistem air tawar antara lain variasi suhu tidak menyolok, penetrasi cahaya kurang, dan terpengaruh oleh iklim dan cuaca. Ekosistem air tawar dapat dibagi menjadi 2 jenis yaitu air diam misalnya kolam, danau dan waduk serta air yang mengalir misalnya sungai. Air diam digolongkan sebagai perairan lentik sedangkan air yang mengalir deras disebut lotik (Barus, 2004).

Air merupakan zat yang fungsinya tidak dapat tergantikan oleh zat yang lain. Banyak keterangan di dalam Al Qur'an yang menjelaskan tentang pentingnya air bagi kehidupan. Firman Allah QS. Yunus: 24 menjelaskan diantara sebagian fungsi air.

إِنَّمَا مَثَلُ الْحَيَاةِ الدُّنْيَا كَمَاءٍ أَنْزَلْنَاهُ مِنَ السَّمَاءِ فَاخْتَلَطَ بِهِ نَبَاتُ الْأَرْضِ مِمَّا
يَأْكُلُ النَّاسُ وَالْأَنْعَامُ.....

Artinya: *Persamaan kehidupan dunia ini adalah seperti air yang Kami menurunkan dari langit, dan tumbuhan bumi bercampur dengannya, dari padanya manusia dan binatang ternak makan.... (Qs. Yunus: 24).*

Muhammad (2009) menafsirkan ayat di atas bahwa air menjadi faktor tumbuhnya berbagai macam tanaman seperti kacang-kacangan dan buah-buahan, Air juga menjadi sumber utama tumbuhnya berbagai macam rerumputan yang menjadi makanan ternak dan hewan liar.

Menurut pandangan Islam air dikelompokkan menjadi empat macam yaitu (Zuhaili, 2010):

1. Air suci dan menyucikan (ماء طاهر ومطهر)

Air suci dan menyucikan atau disebut air mutlak. Air ini bisa menyucikan zat yang lain atau menghilangkan hadast dan najis, air ini tidak berubah sifat-sifatnya meskipun ada zat-zat dari luar yang masuk ke air.

2. Air suci tidak menyucikan (ماء طاهر غير مطهر)

Air suci tidak menyucikan atau air musta'mal yaitu air suci tetapi tidak bisa menyucikan zat yang lainnya. Dikatakan air musta'mal karena air ini sudah dipakai dan kadarnya tidak mencapai dua qullah (dua qullah = $1\frac{1}{4}$ dziro' sama sisi panjang dan lebar dengan kedalaman 2 dziro' (1 dziro'=48cm)). Jika air musta'mal ini mencapai 2 qullah maka air tersebut menjadi suci menurut pendapat yang ashah. Dasarnya adalah sabda nabi Muhammad SAW yang artinya "Ketika air berukuran dua qullah, ia tidak mengandung najis, atau tidak dinajiskan oleh sesuatu".

3. Air makruh (ماء مكروه)

Menggunakan air musyammas hukumnya makruh yaitu air yang menjadi panas karena ia diletakkan di tempat yang terkena sinar matahari dalam wadah yang berbahan logam seperti besi dan tembaga, selain emas dan perak. Hukum

kemakruhannya akan menjadi hilang ketika air tersebut sudah dingin. Hukum kemakruhan air musyammas berlaku untuk badan dan tidak untuk pakaian dan sejenisnya.

4. Air najis (ماء نجس)

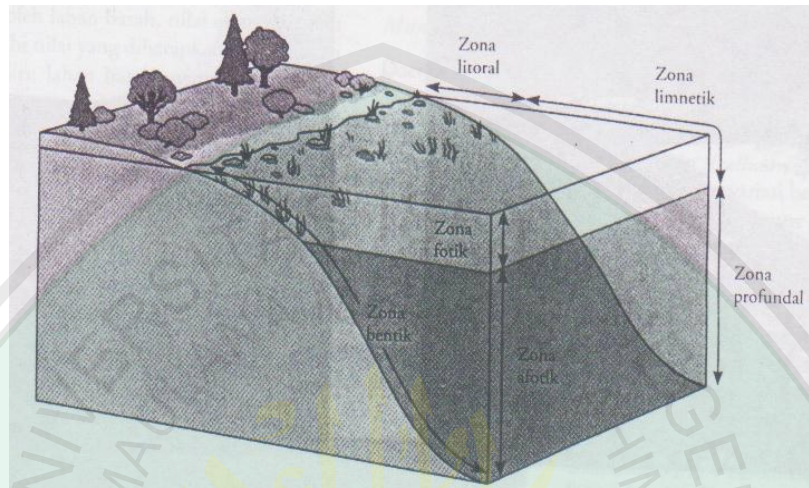
Air najis adalah air sedikit (kurang dari dua qullah) yang terkena najis atau air banyak (dua qullah atau lebih) yang kemasukan barang najis sehingga dapat merubah salah satu sifatnya seperti: rasa, warna dan bau air.

Air dapat berasal dari berbagai sumber di permukaan bumi. Sumber-sumber air di bumi diantaranya adalah air laut, air sungai, air hujan, salju, es, waduk, rawa, danau dan situ. Semua sumber air itu dapat digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan.

Danau adalah badan air yang dikelilingi daratan dan dikelompokkan sebagai salah satu jenis lahan basah. Danau dikelompokkan kedalam lahan basah alami bersama hutan mangrove, rawa gambut, rawa air tawar, padang lamun dan terumbu karang (Wulandari, 2006).

Berdasarkan subhabitatnya kolam, rawa dan danau terbagi menjadi tiga zona yaitu, zona littoral, limnetik dan profundal. Zona littoral merupakan daerah perairan yang dangkal dengan penetrasi cahaya sampai dasar. Zona limnetik adalah daerah air terbuka sampai kedalaman penetrasi cahaya yang efektif, pada umumnya tingkat ini berada di kedalaman dimana intensitas cahaya penuh. Sedangkan zona profundal merupakan bagian dasar dan daerah air yang dalam dan tidak tercapai oleh penetrasi cahaya efektif. Tidak ada batasan tegas yang dapat dibuat antara danau dan kolam. Ada perbedaan kepentingan secara ekologis,

selain dari ukuran keseluruhan. Dalam danau, zona limnetik dan profundal, relatif besar ukurannya dibanding zona litoral. Bila sifat-sifat kebalikan biasanya disebut kolam (Ngabekti, 2004).



Gambar 2.1: Pembagian zona pada danau (Campbell, 2004)

Komunitas di zona profundal mempunyai sifat yang berbeda. Karena tidak ada cahaya, penghuni daerah profundal tergantung pada zona limnetik dan litoral untuk bahan makanan dasar. Sebaliknya zona profundal memberikan nutrisi yang telah di daur ulang yang terbawa oleh arus dan binatang yang berenang ke zona lain. Keanekaragaman kehidupan zona profundal, seperti dapat diduga tidak besar, tetapi apa yang ada di situ penting. Komunitas utama terdiri dari bakteri dan jamur, terutama banyak di pertemuan antara air dan lumpur dimana bahan organik tertimbun, dan kelompok binatang konsumen dalam bentuk bentos seperti cacing darah atau larva *chironomid* yang mengandung hemoglobin dan Annelida, serta kerang kecil dari beberapa keluarga Physidae. Cacing Annelida yang merah sering bertambah jumlahnya di air yang tercemar dengan buangan domestik, cacing ini disebut cacing lumpur. Organisme di dalam air berdasarkan bentuk kehidupannya

dapat dibagi menjadi 5 yaitu, plankton, perifiton, nekton, neuston dan bentos. Bentos merupakan organisme yang hidup di dalam atau atas dasar dari cekungan perairan (Whitten, 1952).

Berdasarkan keadaan nutrisinya Payne (1986) menggolongkan danau menjadi 3 jenis yaitu:

1. Danau Oligotrofik yaitu danau yang mengandung sedikit nutrient (miskin nutrien), biasanya dalam produktifitas primernya rendah. Sedimen pada bagian dasar kebanyakan mengandung senyawa organik dan konsentrasi oksigen pada bagian hipolimnion tinggi. Walaupun organisme pada danau ini rendah tetapi keanekaragaman spesies tinggi.
2. Danau Eutrofik yaitu danau yang mengandung banyak nutrient (kaya nutrien), khususnya nitrat dan fosfor yang menyebabkan pertumbuhan alga dan pertumbuhan tumbuhan akuatik lainnya meningkat. Dengan demikian produktifitas primer pada danau ini tinggi dan konsentrasi oksigen rendah. Walaupun jumlah biomassa organisme pada danau ini tinggi tetapi keanekaragaman spesies rendah.

Eutrofik merupakan sebutan untuk danau yang dangkal dan kaya akan kandungan makanan karena fitoplankton sangat produktif. Ciri-ciri danau eutrofik adalah airnya keruh, terdapat macam-macam organisme, dan oksigen terdapat di daerah profundal. Danau oligotrofik dapat berkembang menjadi danau eutrofik akibat adanya materi-materi organik dan endapan yang masuk. Perubahan ini juga dapat dipercepat oleh aktivitas manusia, misalnya dari sisa-sisa pupuk buatan pertanian dan timbunan sampah kota yang memperkaya

danau dengan buangan sejumlah nitrogen dan fosfor. Akibatnya terjadi peledakan populasi ganggang atau blooming sehingga terjadi produksi detritus yang berlebihan dan akhirnya menghabiskan suplai oksigen di danau tersebut. Proses suksesi danau seperti itu disebut eutrofikasi. Eutrofikasi membuat air tidak dapat digunakan lagi dan mengurangi nilai keindahan danau.

3. Danau distrofik, yaitu danau yang memperoleh sejumlah bahan-bahan organik dari luar danau, khususnya senyawa-senyawa asam yang menyebabkan air berwarna coklat. Produktivitas primer pada danau ini rendah, yang umumnya berasal dari hasil fotosintesa plankton. Tipe danau distrofik ini juga mengandung sedikit nutrient dan pada bagian hipolimnion terjadi sedikit oksigen. Suatu danau berlumpur mewakili bentuk danau distrofik.

Waldopo (2000) menyatakan bahwa berdasarkan proses kejadiannya danau dibedakan menjadi 6 macam yaitu :

1. Danau Tektonik, yaitu danau yang terjadi akibat adanya peristiwa tektonik seperti gempa. Akibat gempa terjadi proses patahan (fault) pada permukaan tanah. Permukaan tanah yang patah mengalami pemerosotan atau ambles (*subsidence*) dan menjadi cekung. Selanjutnya bagian yang cekung karena ambles tersebut terisi air dan terbentuklah danau. Danau jenis ini contohnya Danau Poso, Danau Tempe, Danau Tondano, dan Danau Towuti di Sulawesi. Danau Singkarak, Danau Maninjau, dan Danau Takengon di Sumatera.
2. Danau Vulkanik atau Danau Kawah, yaitu danau yang terdapat pada kawah lubang kepunden bekas letusan gunung berapi. Ketika gunung meletus batuan yang menutup kawasan kepunden rontok dan meninggalkan bekas lubang di

sana. Ketika terjadi hujan lubang tersebut terisi air dan membentuk sebuah danau. Contoh danau jenis ini ialah Danau Kelimutu di Flores, Kawah Bromo, Danau Gunung Lamongan di Jawa Timur, Danau Batur di Bali Danau Kerinci di Sumatera Barat serta Kawah Gunung Kelud.

3. Danau Tektono-Vulkanik, yaitu danau yang terjadi akibat proses gabungan antara proses vulkanik dengan proses tektonik. Ketika gunung berapi meletus, sebagian tanah/batuan yang menutupi gunung patah dan merosot membentuk cekungan. Selanjutnya cekungan tersebut terisi air dan terbentuklah danau. Contoh danau jenis ini adalah Danau Toba di Sumatera Utara.
4. Danau Karst. Danau jenis ini disebut juga Doline, yaitu danau yang terdapat di daerah berbatu kapur. Danau jenis ini terjadi akibat adanya erosi atau pelarutan batu kapur. Bekas erosi membentuk cekungan dan cekungan terisi air sehingga terbentuklah danau.
5. Danau Glasial, danau yang terjadi karena adanya erosi gletser. Pencairan es akibat erosi mengisi cekungan-cekungan yang dilewati sehingga terbentuk danau. Contoh danau jenis ini terdapat di perbatasan antara Amerika dengan Kanada yaitu Danau Superior, Danau Michigan dan Danau Ontario.
6. Waduk atau Bendungan, adalah danau yang sengaja dibuat oleh manusia. Pembuatan waduk biasanya berkaitan dengan kepentingan pengadaan listrik tenaga air, perikanan, pertanian dan rekreasi. Contoh danau jenis ini misalnya Saguling, Citarum dan Jatiluhur di Jawa Barat, Riam Kanan dan Riam Kiri di Kalimantan Selatan, Rawa Pening, Kedung Ombo dan Gajah Mungkur di Jawa Tengah.

Danau memiliki fungsi yang hampir mirip dengan laut maupun sungai, yaitu untuk memenuhi kebutuhan manusia. Firman Allah QS. Al Maidah: 96 menjelaskan tentang peranan laut, sungai, danau dan perairan lainnya.

:

أُحِلَّ لَكُمْ صَيْدُ الْبَحْرِ وَطَعَامُهُ مَتَّعًا لَكُمْ وَلِلسَّيَّارَةِ وَحُرْمٌ عَلَيْكُمْ صَيْدُ الْبَرِّ مَا دُمْتُمْ حُرْمًا وَاتَّقُوا اللَّهَ الَّذِي إِلَيْهِ تُحْشَرُونَ ﴿٩٦﴾

Artianya: *Dihalalkan bagimu binatang buruan laut dan makanan (yang berasal) dari laut sebagai makanan yang lezat bagimu, dan bagi orang-orang yang dalam perjalanan; dan diharamkan atasmu (menangkap) binatang buruan darat, selama kamu dalam ihram. Dan bertakwalah kepada Allah Yang kepada-Nyalah kamu akan dikumpulkan. (Qs. Almaidah: 96)*

Ayat di atas menjelaskan tentang fungsi laut sebagai tempat perburuan ikan. Kata laut ditafsirkan dengan sungai, danau, kolam dan perairan lainnya dalam hal kesamaan fungsinya sebagai ekosistem ikan.

Danau memiliki fungsi ekonomi berbagai macam fungsi. Salah satu fungsi danau adalah perikanan, baik perikanan budidaya maupun perikanan tangkap. Danau juga penting dari sisi tata air (antara lain mencegah kekeringan dan banjir) dalam kaitannya dengan penyediaan air bersih, baik untuk minum, irigasi maupun industri. Dengan demikian danau memiliki fungsi sebagai penyangga kehidupan. Penjagaan kebersihan sumber-sumber air danau, danau itu sendiri dan saluran-saluran keluarnya secara otomatis menjamin tersedianya air bersih di sepanjang alirannya (Sinaga, 2009).

2.2 Ranu Pani dan Ranu Regulo

Indonesia terkenal memiliki banyak kawasan konservasi yang di dalamnya terdapat banyak perairan yang indah. Salah satu kawasan konservasi yang memiliki sumber daya air adalah Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Luas Taman Nasional Bromo Tengger Semeru yaitu 50.276,20 ha dengan ketinggiannya 750-3.676 m dpl. Berdasarkan undang-undang No. 5 tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya, pengelolaan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru diarahkan untuk mencapai optimalisasi fungsi kawasan sebagai kawasan perlindungan sistem penyangga kehidupan, kawasan pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan hewan, dan kawasan pemanfaatan secara lestari potensi Sumber Daya Alam hayati dan ekosistemnya (Departemen Kehutanan, 2009).

Taman Nasional Bromo Tengger Semeru memiliki beberapa sumber daya air yang menjadi objek wisata disamping digunakan untuk keperluan penduduk sekitar seperti memandikan ternak, mengairi ladang pertanian, tempat memancing dan lain sebagainya. Diantara sumber daya air itu adalah Ranu Pani dan Ranu Regulo yang keduanya berada pada Resort Ranu Pani.

Desa Ranu Pani terletak dalam kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru Propinsi Jawa Timur. Sebelum dideklarsikan sebagai taman nasional, sebagian besar wilayah taman nasional terdiri dari daerah yang statusnya dilindungi oleh daerah cadangan. Alasan utama didirikannya Taman Nasional Bromo Tengger Semeru adalah untuk melindungi daerah resapan dan daerah

penyangga terhadap letusan gunung merapi. Selain itu, juga sebagai tempat pariwisata dan rekreasi karena pemandangannya yang sangat indah (Farida, 2008).

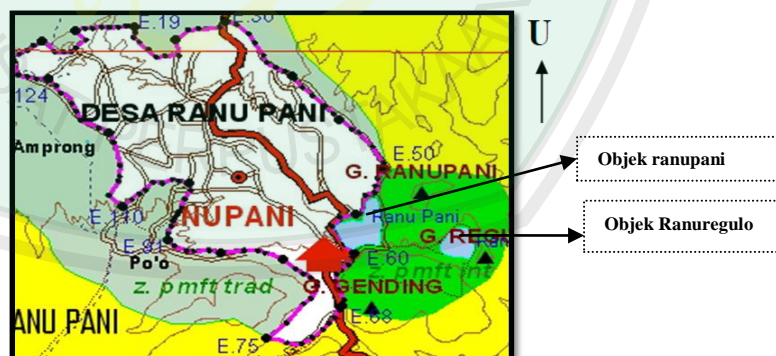
Desa Ranu Pani memiliki dua Danau (Ranu dalam bahasa Jawa), yaitu Ranu Pani terletak di daerah pemukiman penduduk dan Ranu Regulo terletak di daerah yang bukan merupakan pemukiman penduduk. Diantara kedua danau tersebut dibatasi oleh bukit. Berdasarkan perbedaan letak kedua danau tersebut diketahui bahwa aktivitas manusia di perairan Ranu Pani lebih besar dari pada di perairan Ranu Regulo.

Departement kehutanan Malang (2009) menyatakan bahwa Ranu Pani merupakan danau yang indah, akan tetapi airnya sudah tidak jernih seperti dahulu. Ranu Pani digunakan sebagai tempat memandikan ternak, tempat berkumpulnya sampah rumah tangga yang dibawa oleh air hujan dan tempat memancing. Berhubung letaknya berdekatan dengan lahan pertanian, maka terjadi pendangkalan Ranu Pani akibat tanah dari lahan pertanian terbawa oleh air hujan. Ranu Regulo digunakan sebagai tempat memberi minum ternak, tempat memancing, dan di akhir minggu biasanya banyak pendatang dari luar desa yang datang untuk menikmati keindahan alam sekitar Ranu Regulo yang masih alami. Perairan Ranu Pani dan Ranu Regulo berdasarkan peruntukannya termasuk pada golongan air kelas II dan III (PP No.82 tahun 2001).

Desa Ranu Pani berada pada ketinggian 2.200 m dpl seluas 265,08 ha dengan mata pencaharian utama penduduk sebagai petani hortikultura dan memiliki keanekaragaman budaya (tengger, Jawa) dan agama (Islam, Hindu, Budha dan Kristen). Desa yang merupakan salah satu tempat berkumpulnya umat

hindu tengger dari Senduro-Lumajang yang akan mengikuti upacara kasada di Gunung Bromo mengambil air dari perairan Ranu Pani sebagai perlengkapan upacara. Kebutuhan air disuplai dari sumber air Amprong di Gunung Ayek-Ayek dan Ranu Regulo (Farida, 2008).

Secara administratif Desa Ranu Pani termasuk dalam wilayah Kecamatan Senduro Kabupaten Lumajang. Desa Ranu Pani memiliki luas wilayah 2500 ha, meliputi lahan pertanian 600 ha, pemukiman penduduk 120 ha dan selebihnya adalah daerah penyangga yang merupakan zona pemanfaatan intensif dari Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Ranu Pani terletak pada ketinggian 2117 m dpl, dengan suhu 3°C - 18°C . Suhu terendah terjadi pada musim kemarau. Ranu Pani memiliki dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Tekanan udara antara 1.007-1.0015,7 mmHg. Kelembaban nisbi udara antara 42% - 45% (terendah) sampai 90% - 97% (tertinggi) curah hujan bervariasi antara 1.583-3.570 mm. Kecepatan angin rata-rata 46 mm/jam hingga 96 km/jam (Dzulhiba, 2008).



Gambar 2.2: Peta desa Ranu pani
(Modifikasi peta zonasi TN-BTS, 2011)

Perairan Ranu Pani memiliki luas 1 ha dengan kedalaman 6 meter dan perairan Ranu Regulo memiliki luas 0,75 ha kedalaman 14 meter berada berada pada ketinggian 2.200 m dpl merupakan danau yang memiliki alam yang cukup

Zoobentos adalah hewan yang melekat atau beristirahat pada dasar atau hidup di dasar endapan (Odum, 1993). Darajah (2005) menyatakan bahwa hewan ini merupakan organisme kunci dalam jaring makanan karena dalam sistem perairan berfungsi sebagai predator, suspension feeder, detritivor, scavenger dan parasit. Makrobentos merupakan salah satu kelompok penting dalam ekosistem perairan. Pada umumnya mereka hidup sebagai suspension feeder, pemakan detritus, karnivor atau sebagai pemakan plankton.

Bentos merupakan organisme yang mendiami dasar perairan dan tinggal di dalam atau pada sedimen dasar perairan. Payne (1986) dalam Sinaga (2009) menyatakan bahwa 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 (lentik) dari pada di perairan yang mengalir (lotik).

Berdasarkan cara hidupnya, bentos dibedakan atas 2 kelompok yaitu: infauna dan epifauna. Infauna adalah kelompok makrozoobentos yang hidup terbenam di dalam lumpur (berada di dalam substrat), sedangkan epifauna adalah kelompok makrozoobentos yang hidup menempel di permukaan dasar perairan. Menurut Laili dan Parsons (1993) dalam Sinaga (2009), kelompok infauna sering mendominasi komunitas substrat yang lunak dan melimpah di daerah subtidal, sedangkan kelompok hewan epifauna dapat ditemukan pada semua jenis substrat tetapi lebih berkembang pada substrat yang keras dan melimpah di daerah intertidal. Hewan bentos dapat dikelompokkan berdasarkan ukuran tubuh yang

bisa melewati lubang saring yang dipakai untuk memisahkan hewan dari sedimennya. Berdasarkan kategori tersebut bentos dibagi menjadi tiga yaitu :

1. Makrobentos

Kelompok bentos yang berukuran lebih besar dari 1,0 mm. Kelompok ini adalah hewan bentos yang terbesar.

2. Mesobentos

Kelompok bentos yang berukuran antara 0,1 mm - 1,0 mm. Kelompok ini adalah hewan kecil yang dapat ditemukan di pasir atau lumpur. Hewan yang termasuk kelompok ini adalah Mollusca kecil, cacing kecil dan Crustacea kecil.

3. Mikrobentos

Kelompok bentos yang berukuran lebih kecil dari 0,1 mm. Kelompok ini merupakan hewan yang terkecil. Hewan yang termasuk ke dalamnya adalah protozoa khususnya ciliata.

Bentos pemakan deposit cenderung melimpah pada sedimen lempung, dan sedimen lunak yang merupakan daerah yang mengandung bahan organik yang tinggi, sedangkan bentos pemakan suspensi lebih berlimpah pada substrat yang berbentuk pasir dan bahan organik lebih sedikit. Keadaan substrat dasar merupakan faktor yang sangat menentukan komposisi hewan bentos dalam suatu perairan. Struktur substrat dasar akan menentukan kelimpahan dan komposisi jenis hewan makrozoobentos. Kelompok makrozoobentos yang dominan di perairan bersubstrat lumpur adalah Polychaeta, Bivalvia (kerang) dan Crustacea (Jati, 2003).

Komunitas bentos dapat juga dibedakan berdasarkan pergerakannya, yaitu kelompok hewan bentos yang hidupnya menetap (sesil), dan hewan bentos yang hidupnya berpindah-pindah (motil). Hewan bentos yang hidup sesil seringkali digunakan sebagai indikator kondisi perairan (Setyobudiandi, 1997).

Menurut Odum (1994), komunitas adalah kumpulan populasi yang hidup pada suatu lingkungan tertentu atau habitat fisik tertentu yang saling berinteraksi dan secara bersama membentuk tingkat trofik. Didalam 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.

Menurut Krebs (1989) struktur komunitas memiliki lima tipologi atau karakteristik, yaitu keanekaragaman, dominansi, bentuk dan struktur pertumbuhan, kelimpahan relatif serta struktur trofik. Konsep komunitas sangat relevan diterapkan dalam menganalisis lingkungan perairan karena komposisi dan karakter dari suatu komunitas merupakan indikator yang cukup baik untuk menunjukkan keadaan dimana komunitas berada. Hubungan perubahan lingkungan terhadap kestabilan suatu komunitas makrozoobentos dapat dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif. Analisis kuantitatif dapat dilakukan dengan melihat keanekaragaman jenis organisme yang hidup di lingkungan tersebut dan hubungan dengan kelimpahan tiap jenisnya sedangkan kualitatif adalah dengan melihat jenis-jenis organisme yang mampu beradaptasi dengan lingkungan tertentu.

Welch (1952) dalam Darojah (2005) menyatakan bahwa untuk distribusi kualitatif keadaan jenis dasar berbeda terdapat aksi gelombang dan modifikasi lain yang membawa keanekaragaman fauna pada zona litoral. Zona litoral mendukung banyak jumlah keanekaragaman fauna yang lebih besar daripada zona sublitoral dan profundal. Populasi litoral dan sublitoral, khususnya bentuk mikroskopik. Terdapat banyak serangga dan moluska, dua kelompok ini biasanya sebanyak 70% atau lebih dari jumlah komponen spesies yang ada. Dengan peningkatan kedalaman yang melebihi zona litoral, jumlah spesies bentik biasanya berkurang. Pengaruh perbedaan jenis substrat dasar dimodifikasi oleh massa alga filamen yang menutupi luas area. Substrat dasar lumpur sering digambarkan sebagai pendukung jumlah spesies.

2.4 Makrozoobentos Sebagai Bioindikator

Allah SWT menciptakan alam jagad raya dengan penuh manfaat yang harus dikelola dengan baik oleh manusia sebagai kholifah-Nya di muka bumi. Semua ciptaan Allah baik di langit maupun di bumi merupakan tanda-tanda atas keagungan-Nya. Manfaat yang ada pada ciptaan Allah diketahui melalui proses berfikir dan berdzikir seperti yang tertera dalam QS. Al'imron: 190-191.

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٩٠﴾
 الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ
 وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: *Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan Ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, Maka peliharalah kami dari siksa neraka.*

Muhammad (2009) menafsirkan ayat di atas bahwa pada penciptaan langit dan bumi serta bergantinya siang dan malam terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang yang berakal (اولوالالباب), yakni orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau berbaring dan manusia mengambil pelajaran dari penciptaan itu. Allah tidak menciptakan sesuatu dengan sia-sia dan senda-gurau, dan Allah tidak menciptakannya kecuali dengan perkara besar, yakni pahala, siksa, perhitungan dan pembalasan.

Hasil penelitian yang dilakukan Bahri dkk. (2003), menunjukkan bahwa kondisi kualitas air S. Cikapundung di bagian hulu hingga daerah sebelum Bengkok-Dago menunjukkan kualitas air yang masuk ke dalam kategori antara belum hingga tercemar ringan, karena antara bahan/limbah organik yang masuk ke sungai itu dengan kemampuan *self purification* sungai masih berimbang. Di lokasi ini ditemukan makrobenthos dominan dari kelompok *Caddish Flies* dari famili *Hydropsychidae*, *May Flies* dari famili *Heptageniidae*, dan *Black Flies* dari famili *Simuliidae*.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Setiawan (2008) di perairan hilir sungai musi menghasilkan 6 kelas dan 3 filum yang komposisinya terdiri dari jenis *Tubifex* sp, *Lumbriculus* sp, *Haplotaxis* sp, *Branchiura* sp, *Nereis* sp, *Nephtys cormuta*, *Cossura* sp, *Chironomous* sp, *Hydropsche* sp, *Polycentropus*

sp, *Palpomya* sp, *Gomphoides* sp, *Bellamyia javanica*, *Bellamyia sumatrensis*, *Melanoides tuberculata*, *Anentome* sp, *Pila ampulaceae*, *Thiara* sp, *Corbicula javanica*, *Anodonta woodiana*, *Gammarus* sp, *Namalycastis* sp, *Cirratulus* sp, dan *Physa* sp. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa ditemukannya beberapa spesies makrozoobentos yang dapat dijadikan sebagai indikator kualitas perairan Sungai Musi bagian hilir yaitu indikator pencemar berat : *Tubifex* sp, *Lumbriculus* sp, *Nereis* sp dan *Chironomous* sp, indikator pencemaran ringan sampai sedang yaitu jenis *Hydropsche* sp serta indikator pencemar ringan dan pemulihan air bersih yaitu *Gammarus* sp.

Biota benthik maupun perititik umumnya mempunyai ukuran yang beragam, dari beberapa mikron sampai beberapa sentimeter. Yang dimaksud dengan biota benthik maupun perititik dalam kegunaannya sebagai bioindikator adalah kelompok hewan. Kelompok tersebut sebagian besar tergolong avertebrata (hewan tidak bertulang belakang) yang umumnya terdiri atas (Trihadiningrum & Tjondronegoro, 1998 dalam Wardhana, 1999): larva Plecoptera (lalat batu), larva Trichoptera (pita-pita), larva Ephemeroptera (lalat sehari), Platyhelminthes (cacing pipih), larva Odonata (kini-kini), Crustacea (udang), Gastropoda (siput), Bivalvia (kerang), larva Hemiptera (kepik), Coleoptera (kumbang), Hirudinea (lintah), Oligochaeta (cacing), dan larva Diptera (nyamuk, lalat).

Kelompok hewan avertebrata sebagai bioindikator cemaran organik, 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. Selain itu hewan bentik relatif mudah dikoleksi dan diidentifikasi (Wardhana, 1999).

Bentos sering digunakan sebagai indikator atau petunjuk kualitas air. Suatu perairan yang sehat (belum tercemar) akan menunjukkan jumlah individu yang seimbang dari hampir semua spesies yang ada. Sebaliknya suatu perairan tercemar, penyebaran jumlah individu tidak merata dan cenderung ada spesies yang mendominasi (Odum, 1994).

Sinaga (2009) menyatakan bahwa dalam penilaian kualitas perairan, pengukuran keanekaragaman jenis organisme sering lebih baik daripada pengukuran bahan-bahan organik secara langsung. Selanjutnya Odum (1994) menjelaskan bahwa makrozoobentos sering dipakai untuk menduga ketidakseimbangan lingkungan fisik, kimia dan biologi perairan. Perairan yang tercemar akan mempengaruhi kelangsungan hidup organisme makrozoobentos karena makrozoobentos merupakan biota air yang mudah terpengaruh oleh adanya bahan pencemar, baik bahan pencemar kimia maupun fisik. Hal ini disebabkan makrozoobentos pada umumnya tidak dapat bergerak dengan cepat dan habitatnya di dasar yang umumnya adalah tempat bahan tercemar.

Trihadiningrum dan Tjondronegoro (1998) telah berhasil menyusun klasifikasi makroinvertebrata berdasarkan beban cemaran. Pengelompokan biota didasarkan atas kelimpahan jenis tertinggi yang dijumpai pada tingkat kualitas air tertentu (Tabel 1).

Menurut Sastrawijaya (2000), klasifikasi derajat pencemaran air berdasarkan indeks keanekaragaman dapat digolongkan sebagai berikut:

$H' > 2,0$: Tidak Tercemar

$H' = 1,6 . 2,0$: Tercemar Ringan

$H' = 1,0 . 1,6$: Tercemar Sedang

$H' < 1,0$: Tercemar Berat

Tabel 2.1 Tingkatan makrozoobentos untuk menilai kualitas air (Trihadiningrum dan Tjondronegoro, 1998)

| No | Tingkat Cemaran | Makrozoobentos Indikator |
|----|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Tidak tercemar | Trichoptera (Sericosmatidae, Lepidosmatidae, Glossosomatidae); Planaria |
| 2 | Tercemar ringan | Plecoptera (Perlidae, Peleodidae); Ephemeroptera (Leptophlebiidae, Pseudocloeon, Ecdyonuridae, Caebidae); Trichoptera (Hydropschydae, Psychomyidae); Odonanta (Gomphidae, Plarycnematidae, Agriidae, Aeshnidae); Coleoptera (Elminthidae) |
| 3 | Tercemar sedang | Mollusca (Pulmonata, Bivalvia); Crustacea (Gammaridae); Odonanta (Libellulidae, Cordulidae) |
| 4 | Tercemar | Hirudinea (Glossiphonidae, Hirudidae); Hemiptera |
| 5 | Tercemar agak berat | Oligochaeta (ubificidae); Diptera (Chironomus thummiplumosus); Syrphidae |
| 6 | Sangat tercemar | Tidak terdapat makrozoobentos. Besar kemungkinan dijumpai lapisan bakteri yang sangat toleran terhadap limbah organik (Sphaerotilus) di permukaan |

Menurut Purnomo (1989), kelebihan penggunaan makrozoobentos sebagai indikator pencemaran organik adalah mudah diidentifikasi, bersifat immobil, dan memberikan tanggapan yang berbeda terhadap berbagai kandungan bahan organik, sedangkan kelemahannya adalah karena penyebarannya mengelompok dipengaruhi oleh faktor hidrologis seperti arus dan kondisi substrat dasar.

2.5 Faktor-Faktor Abiotik yang Mempengaruhi Makrozoobentos

Al Qur'an banyak memberikan pemahaman terhadap manusia akan peran serta lingkungan abiotik dalam membangun tatanan kehidupan. Firman Allah QS. Al Jatsiyah: 5 menjelaskan tentang fungsi diturunkannya air hujan yang dapat menghidupkan bumi yang yang mati serta hembusan arah angin yang memiliki manfaat. Hal ini sebagai salah satu contoh pemberitaan Al Qur'an tentang faktor abiotik terhadap berlangsungnya kehidupan.

وَأَخْتَلَفِ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ رِزْقٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا
وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ ؕ آيَاتٌ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿٥﴾

Artinya: *Dan pada pergantian malam dan siang dan hujan yang diturunkan Allah dari langit lalu dihidupkan-Nya dengan air hujan itu bumi sesudah matinya; dan pada perkisaran angin terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berakal (Aljatsiyah: 5).*

Muhammad (2009) menafsirkan ayat di atas bahwa hujan menumbuhkan berbagai tanaman sebagai rizki dan makanan manusia. Allah menghidupkan bumi setelah bumi itu mati, lalu hujan menghidupkan yang mati di bumi hingga bumi bergerak-gerak dan menumbuhkan tanaman setelah sebelumnya mati, yaitu setelah tanah mengering dan gersang, tanpa tanaman dan tumbuhan. Perkisaran angin yang terkadang dari arah timur, barat, selatan dan utara memiliki manfaat tersendiri. Hal itu merupakan bukti kebesaran dan pelajaran yang disampaikan sebagai nasehat.

Faktor-faktor abiotik yang dapat mempengaruhi perkembangan makrozoobentos antara lain :

1. Suhu

Kelarutan berbagai jenis gas di dalam air serta semua aktivitas biologis dan fisiologis di dalam ekosistem sangat dipengaruhi oleh suhu. Suhu mempunyai pengaruh yang besar terhadap kelarutan oksigen di dalam air, apabila suhu air naik maka kelarutan oksigen di dalam air menurun. Bersamaan dengan peningkatan suhu juga akan mengakibatkan peningkatan aktivitas metabolisme akuatik, sehingga kebutuhan akan oksigen juga meningkat (Sastrawijaya, 2000).

2. Oksigen Terlarut (DO)

Tanpa adanya oksigen terlarut, banyak mikroorganisme dalam air tidak dapat hidup karena oksigen terlarut digunakan untuk proses degradasi senyawa organik dalam air. Oksigen dapat dihasilkan dari atmosfer atau dari reaksi fotosintesa alga. Oksigen yang dihasilkan dari reaksi fotosintesa alga tidak efisien, karena oksigen yang terbentuk akan digunakan kembali oleh alga untuk proses metabolisme pada saat tidak ada cahaya. Kelarutan oksigen dalam air tergantung pada temperatur dan tekanan atmosfer (Warlina, 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 (Effendi, 2003).

3. Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD)

BOD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam lingkungan air untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada dalam air menjadi karbondioksida dan air. Pada dasarnya, proses oksidasi bahan organik berlangsung cukup lama (Warlina, 2004).

Pengukuran BOD merupakan salah satu pengukuran yang digunakan untuk menentukan kualitas suatu perairan. Nilai BOD dapat dinyatakan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam proses penguraian senyawa organik, biasanya pada suhu 20°C. Penentuan oksigen terlarut merupakan dasar utama dalam pengukuran BOD (Mahida, 1993). Pengukuran BOD yang umum dilakukan adalah pengukuran selama 5 hari (BOD₅), karena dari hasil penelitian bahwa setelah pengukuran dilakukan selama lima hari jumlah senyawa organik yang diuraikan sudah mencapai 70%.

4. Kebutuhan Oksigen Kimia (COD)

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 (Warlina, 2004). Dengan mengukur nilai COD 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).

Chemical Oxygen Demand erat kaitannya dengan BOD₅. Banyak zat organik yang tidak mengalami penguraian biologi secara cepat berdasarkan pengujian BOD₅ tetapi senyawa-senyawa organik itu tetap menurunkan kualitas air, karena itu perlu diketahui konsentrasi organik dalam limbah dan setelah masuk dalam perairan. Untuk itulah tujuan diadakannya uji COD. Pengujian COD dilakukan dengan mengambil contoh dengan volume tertentu yang kemudian dipanaskan dengan larutan kalium dikromat dengan kepekatan tertentu yang jumlahnya sedikit di atas yang diperlukan. Dengan katalis asam sulfat diperlukan waktu dua jam, maka kebanyakan zat organik telah teroksidasi. Dengan penentuan jumlah kalium dikromat yang dipakai, COD contoh dapat dihitung (Sinaga, 2009).

5. Kadar Keasaman (pH)

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. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik (Warlina, 2004).

Pengukuran pH adalah suatu yang penting, karena banyak reaksi kimia dan biokimia yang penting terjadi pada tingkat pH (Mahida, 1993). Nilai pH menunjukkan derajat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme akuatik pada umumnya terdapat antara 7 sampai 8,5. Kondisi perairan yang sangat basa maupun yang sangat

asam akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan terjadinya gangguan metabolisme dan respirasi (Barus, 1996). Adanya ion-ion seperti besi sulfur (FeS) dalam jumlah yang tinggi dalam air meningkatkan keasaman karena FeS dengan udara dan air akan membentuk H_2SO_4 dan besi yang larut (Fardiaz, 1992).

6. Nitrat (NO_3)

Nitrat dalam tanah dan air terbanyak dibuat oleh mikroorganisme dengan cara biologis. Bakteri pengikat nitrogen terdapat dalam akar tumbuhan polongan. Bintik akar tanaman ini mengandung bakteri yang mampu mengikat nitrogen di udara. Sekali nitrogen di absorpsi oleh tanaman, nitrogen akan terus disintesis menjadi protein tanaman. Herbivora akan mengubah protein ini menjadi protein hewan. Tanaman dan hewan yang mati akan diubah proteinnya menjadi amoniak dan amonium oleh organisme pembusuk. Nitrogen dalam kotoran dan seni akan menjadi amoniak juga. Amoniak akan diubah menjadi nitrit oleh bakteri dan selanjutnya bakteri lain mengubah nitrit menjadi nitrat (Sastrawijaya, 2000).

Nitrat dalam air dapat terbentuk melalui tiga proses, yaitu badai listrik, organisme pengikat nitrogen dan bakteri yang menggunakan amoniak. Ketiganya tidak dibantu oleh manusia, tetapi jika manusia membuang kotoran kedalam air maka proses ketiga akan meningkat (Sastrawijaya, 2000).

7. Fosfat (PO_4)

Fosfat di dalam air diabsorpsi oleh fitoplankton dan tanaman lain, kemudian tanaman itu dimakan oleh herbivora, jika hewan dan tumbuhan yang

mengandung fosfat ini mati maka pengurai akan mengembaklikan fosfat ke dalam air (Sastrawijaya, 2000).

Seperti nitrogen, fosfor memasuki air melalui berbagai jalan. Kotoran, limbah, sisa pertanian, kotoran hewan dan sisa tanaman dan hewan yang mati. Pencegahan populasi fosfor juga dapat dilakukan dengan melarang deterjen mengandung fosfat masuk ke air (Sastrawijaya, 2000).

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

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, 2000).

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 air terdapat 200 mg padatan terlarut (Sastrawijaya, 2000).

9. Substrat Dasar

Menurut Odum (1994), 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.

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 Parsons, 1993 *dalam* Sinaga). Substrat dasar yang berupa batu-batu pipih dan batu kerikil merupakan lingkungan hidup yang baik bagi makrozoobentos sehingga bisa mempunyai kepadatan dan keanekaragaman yang besar (Odum, 1994).

