

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

2.1.1 Klasifikasi Dan Morfologi Eceng Gondok (*E. crassipes*)

Menurut Moenandar (1988), klasifikasi eceng gondok yaitu sebagai berikut:

| | |
|-----------|-------------------------------|
| Kingdom | : Plantae |
| Divisi | : Embryophytasi phonogoma |
| Subdivisi | : Angiospermae |
| Klas | : Monocotyledone |
| Ordo | : Farinosae |
| Famili | : Fontederiaceae |
| Genus | : <i>Eichhornia</i> |
| Spesies | : <i>Eichhornia crassipes</i> |

Enceng gondok merupakan tumbuhan parenial yang hidup di perairan terbuka, mengapung di air jika tempat tumbuhnya cukup dalam dan berakar di dasar jika air dangkal. Tingginya sekitar 0,4 - 0,8 meter. Tidak mempunyai batang. Daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bijinya berbentuk bulat dan berwarna hitam. Buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau. Akarnya merupakan akar serabut. Perkembang biakan dapat terjadi secara vegetatif maupun secara generatif. Perkembangan terjadi jika tunas baru tumbuh pada ketiak daun lalu membesar dan akhirnya menjadi tumbuhan baru. Enceng gondok dapat menggandakan daunnya pada 7-10 hari. Perkembangbiakan secara generatif terjadi melalui bijinya, sebelum terjadinya biji didahului oleh penyerbukan pada bunga. Karangan enceng gondok berbentuk bulir

bertangkai panjang, berbunga 6 sampai 35 tangkai. Kelopaknya bunga berbentuk tabung, termasuk bunga majemuk, sehingga enceng gondok memungkinkan penyerbukan, setelah 20 hari bunganya akan masak, terbebas lalu 22 pecah dan bijinya masuk ke perairan untuk kemudian menjadi tanaman baru. Satu tanaman dapat menghasilkan 5 sampai 6 ribu biji tiap musim.

Kemampuan tanaman inilah yang banyak digunakan untuk mengolah air buangan, karena dengan aktivitas tanaman ini mampu mengolah air buangan domestik dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Salah satu gambaran untuk mengetahui kemampuan enceng gondok dalam mengelola limbah domestik adalah hasil penelitian Djaenudin (2006) yang memperoleh hasil sebagai berikut : nilai TSS (total padatan terlarut), sudah di bawah nilai baku mutu yang dipersyaratkan yaitu 180 mg/l dengan nilai ambang batas yaitu 200 mg/l. Tanaman enceng gondok juga ini mampu menurunkan konsentrasi ammonia sebesar 81% dalam waktu 10 hari. Dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Eceng Gondok (*E. crassipes*)

2.1.2 Habitat Dan Penyebarannya

Menurut Ratnani *et al.* (2011), eceng gondok merupakan tanaman air yang memiliki habitat didaerah tropis dan subtropis. Tempat tumbuh ideal untuk eceng gondok ini adalah perairan yang dangkal dan berair keruh, dengan suhu berkisar antara 28 – 30°C dan rentan pH yang luas yaitu berkisar antara 4 – 12. Sebaliknya, diperairan yang berada didataran tinggi yang dalam dan jernih, eceng gondok ini

biasanya akan sulit tumbuh. Daun eceng gondok berbentuk bulat telur dengan ujung tumpul dan hampir bulat telur dengan ujung tumpul dan hampir bulat, tulang ikan membengkok dengan ukuran 7 - 25 cm, serta pada bagian permukaan atas daun terdapat banyak stomata.

Eceng gondok memiliki akar serabut menjuntai ke dalam air yang dapat air yang dapat mengikat lumpur diantara bulu – bulu akar. Tanaman ini adalah salah satu gulma perairan yang dapat menyesuaikan diri terhadap perubahan lingkungan serta mampu berkembang biak secara tepat. Terkadang pertumbuhan eceng gondok yang cepat ini dapat menutupi permukaan air sehingga berdampak merugikan, namun disisi lain tanaman ini juga memiliki manfaat lain yaitu dapat menyerap bahan pencemar berupa zat organik, anorganik, maupun logam berat.

Menurut Suardana (2001), eceng gondok memiliki banyak nilai manfaat jika dikelola dengan baik. Di Cina eceng gondok digunakan sebagai pakan hewan, di India digunakan sebagai bahan dasar kertas, serta di Indonesia sendiri telah banyak dimanfaatkan untuk kerajinan. Pemanfaatan eceng gondok untuk pengolahan limbah pun juga telah banyak dilakukan, menurut Heider *et al.* (1984) dalam Tjokrokusumo dan Sahwan (2003), berbagai jenis anion, ion logam, dan senyawa organik di suatu larutan mampu diserap oleh tanaman eceng gondok. Menurut Penfound dan Earle (1948) dalam Rahmaningsih (2006), eceng gondok memiliki lubang stomata cukup besar, yaitu dua kali lebih besar dari kebanyakan tumbuhan lain. Hasil penelitian Ratnani *et al.* (2011), membuktikan bahwa eceng gondok dapat memperbaiki kualitas air limbah cair tahu, seperti COD, pH, warna air, serta bau, kemudian hasil penelitian oleh Rukmi *et al.* (2013), juga membuktikan bahwa eceng gondok mampu menurunkan kadar detergen, BOD, dan COD pada air limbah laundry.

2.2 Biologi Hydrilla (*Hydrilla verticillates*)

2.2.1 Klasifikasi Dan Morfologi Hydrilla (*H. verticillates*)

Menurut Tjitrosoepomo (1989) dalam Handoko dan Yunie (2012), klasifikasi dari tanaman air *H. verticillata* adalah:

Kingdom: Plantae

Divisi : Spermatophyta

Class : Monocotyledoneae

Order : Helobiae (Alismatales)

Family : Hydrocharitaceae

Genus : *Hydrilla*

Spesies : *Hydrilla verticillata*

Hydrilla (rumput laut) adalah jenis tanaman air yang hanya terdiri dari satu spesies. Meskipun beberapa ahli botani membaginya menjadi beberapa spesies yaitu: *H. asiatica*, *H. japonica*, *H. lithuanica*, dan *H. ovalifolia* (Rondonuwu, 2014). Hydrilla toleran dengan kondisi air yang luas dan dapat tumbuh pada intensitas cahaya yang rendah. Beberapa penelitian melaporkan Hydrilla dan tanaman air lainnya memainkan peranan penting dalam menagkap dan mengikat N dan P di sungai (Kanabkaew, 2004).

Hydrilla (*H. verticillates*) memiliki rimpang putih kekuningan yang tumbuh di sedimen bawah air sampai dengan kedalaman 2 m. Panjang batang yang tumbuh sekitar 1- 2 m. Hydrilla adalah tanaman produktif dalam air yang dapat tumbuh dengan cepat dan dapat berkembang dalam air dari beberapa sentimeter sampai 20 meter (Rondonuwu, 2014). Tanaman Hydrilla (*H. verticillates*) memiliki daun berukuran kecil berbentuk lanset yang tersusun mengelilingi batang. Batangnya bercabang dan mendatar sebagai stolon yang pada tempat tertentu membentuk akar serabut (Fitra, 2008).

Tanaman Hydrilla memiliki lebar daun 2 – 4 mm dan panjang 6 – 20 mm. Daunnya mempunyai 11 – 39 gerigi persentimeter sepanjang tepi. Memiliki pelepah yang terkadang berwarna merah (Langeland, 1996). Hydrilla merupakan tanaman bawah air. Tanaman Hydrilla mempunyai fragmentasi kecil yang dapat mempengaruhi akar untuk tumbuh dengan cepat (Phukan, 2015). Dapat dilihat pada gambar (Gambar 2).



Gambar 2. Hydrilla (*H. verticillates*)

2.2.2 Habitat Dan Penyebarannya

Hydrilla (*H. verticillates*) adalah sejenis tanaman air yang banyak tumbuh diperairan yang tenang dan jernih. Tanaman tersebut hidup didalam perairan yang seluruh bagian tubuhnya terendam didalam air. Akarnya sebagian terendam didasar perairan dan yang lainnya melayang bersama batang dan daunnya yang bergerak mengikuti arah gerak air. Dalam posisi dan kondisi tersebut, tanaman hydrilla sangat potensi untuk menyaring atau menyerap bahan – bahan yang terlarut di dalam air perairan (Yusuf, 2001). Hydrilla dapat mentolerir salinitas sampai sekitar 7 ppt. Hydrilla dapat hidup dengan tingkat cahaya dan CO₂ yang rendah. Hydrilla tumbuh optimal pada suhu 20 – 24 C dan pertumbuhannya menjadi berhenti pada suhu dibawah 16 C. Hydrilla dapat hidup pada air yang keruh (Dulay, *et al.* 2010).

Hydrilla (*H. verticillates*) merupakan tumbuhan air yang cukup produktif dalam air yang dapat tumbuh dan berkembang dengan cepat, keberadaannya didukung dengan arus yang cenderung tenang. Hydrilla dapat tumbuh dengan subur pada kawasan yang kaya bahan organik. Jenis ini tumbuh secara horizontal sehingga membentuk tikar padat vegetasi. Hydrilla merupakan kelompok tumbuhan yang paling banyak dijumpai dan memegang peranan yang sangat penting sebagai pengikat lapisan dan endapan lumpur (Dewiyanti, 2012). Menurut Said (2006), Hydrilla sering ditemukan di sawah, kolam, dan sungai dangkal berlumpur dan biasanya sangat banyak.

2.3 Biologi Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)

2.3.1 Klasifikasi Dan Morfologi

Menurut Effendi (1993), klasifikasi ikan mas sebagai berikut ;

| | |
|----------------|--------------------------|
| Filum | : Chordata |
| Sub filum | : Vertebrata |
| Kelas | : Osteichthyes |
| Ordo | : Cypriniformei |
| Familyi | : Cyprinidae |
| Genus | : <i>Cyprinus</i> |
| <i>Spesies</i> | : <i>Cyprinus carpio</i> |

Tubuh ikan mas (*C. carpio*) dilengkapi dengan sirip. Sirip punggung (dorsal) berukuran relatif panjang dengan bagian belakang berjari-jari keras dan sirip terakhir yaitu sirip ketiga dan keempat, bergerigi. Letak antara sirip punggung dan perut berseberangan. Sirip pada pectoral terletak dibelakang tutup insang (overculum). Sisik ikan mas berukuran relatif lebih besar dan digolongkan kedalam tipe sisik sikloid linea lateralis (gurat sisi), terletak dipertengahan tubuh, melintang

dari tutup insang sampai keujung belakang pangkal ekor. *Pharyngeal teeth* (gigi kerongkongan) terdiri dari tiga baris yang berbentuk gigi geraham (Suseno, 2003).

Ikan mas (*C. carpio*) merupakan ikan pemakan segala (omnivora). Kebiasaan makan ikan mas (*C. carpio*) yaitu sering mengaduk-ngaduk dasar kolam, termasuk dasar pematang untuk mencari jasad-jasad organik. Karna kebiasaan makannya seperti ini, ikan mas (*C. carpio*) dijuluki sebagai bottom feeder atau pemakan dasar. Di alam, danau atau sungai tempat hidupnya, ikan ini hidup menepi sambil mengincar makanan berupa binatang-binatang kecil yang biasanya hidup dilapisan lumpur tepi danau atau sungai (Susanto,2004).

Menurut Susanto (2004), ikan mas (*C. carpio*) mempunyai telur yang sifatnya merekat atau menempel atau adhesif. Kebiasaan sebelum melakukan pemijahan di alam adalah mencari tempat yang rimbun dengan tanaman air atau rumput-rumputan yang menutupi permukaan perairan. Perkembangan seksual ikan mas (*C. carpio*) yaitu ovarium dimana perkembangbiakan seksual yang ditandai dengan pelepasan sel telur jantan dan 6 betina, dimana spermatozoa diluar tubuh dan fertilisasi terjadi diluar tubuh. Ciri-ciri lain adalah sel telur berukuran besar karena banyak mengandung kuning telur yang dapat menjadi bekal bagi anak-anaknya dalam mengawali hidupnya diluar tubuh (Susanto,2004). Dapat dilihat pada gambar (Gambar 3).



Gambar 3. Ikan Mas (*C. Carpio*)

2.3.2 Habitat Dan Penyebarannya

Ikan Mas (*C. carpio*) menyukai tempat hidup (habitat) di perairan tawar yang airnya tidak terlalu dalam dan alirannya tidak terlalu deras, seperti di pinggiran sungai atau danau. Ikan Mas dapat hidup baik di daerah dengan ketinggian 150–600 meter di atas permukaan air laut (dpl) dan 8 pada suhu 25–30°C. Meskipun tergolong ikan air tawar, ikan Mas terkadang ditemukan di perairan payau atau muara sungai yang bersalinitas (kadargaram) 25-30‰ (Suseno, 2000).

Ikan Mas (*C. carpio*) merupakan ikan pemakan segala (omnivora). Kebiasaan makan ikan mas (*C. carpio*) yaitu sering mengaduk-ngaduk dasar kolam, termasuk dasar pematang untuk mencari jasad - jasad organik. Karena kebiasaan makannya seperti ini, ikan mas (*C. carpio*) dijuluki sebagai bottom feeder atau pemakan dasar. Di alam, ikan ini hidup menepi sambil mengincar makanan berupa binatang-binatang kecil yang biasanya hidup dilapisan lumpur tepi danau atau sungai (Susanto, 2004).

2.3.3 Pemberian Pakan

Ikan mas bersifat omnivora, artinya hewan pemakan segala jenis pakan. Pakan yang baik adalah pakan yang mampu meningkatkan kualitas warna, mempercepat pertumbuhan, dapat menangkal bibit penyakit dan dapat membantu berdasarkan ukuran tubuh, usia, kematangan ikan mas dan suhu air. Pakan yang diberikan harus mempunyai kandungan gizi yang seimbang. Keseimbangan gizi diatur berdasarkan ukuran tubuh, usia, kematangan ikan mas dan suhu air. Pemberian pakan yang berlebihan akan berpengaruh kurang baik, tubuh menjadi cepat gemuk dan mudah terserang penyakit. Begitu juga sebaliknya jika kekurangan pakan dapat menyebabkan tubuh menjadi kurus, kualitas warna kurang baik, pertumbuhannya lambat dan mudah terserang penyakit (Hikmat, 2002).

Lebih lanjut dinyatakan bahwa, Sebelum dilakukan pemberian pakan sebaiknya pakan direndam terlebih dahulu dalam air selama satu menit, sehingga akan memudahkan dalam proses pencernaan. Jumlah pakan yang diberikan harus sesuai dengan berat dan ukuran ikan. Frekuensi pemberian pakan dapat dilakukan sebanyak dua kali sehari pada pagi dan siang atau sore hari. Idealnya pakan diberikan tiga jam setelah matahari terbit dan tiga jam sebelum matahari terbenam. Sebaiknya pemberian pakan tidak terlalu pagi atau terlalu sore, karena kandungan oksigen dalam air sedikit sedangkan setiap setelah ikan makan membutuhkan oksigen yang lebih banyak dari keadaan biasanya. Untuk jumlah pakan yang akan diberikan disesuaikan dengan berat badan ikan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah pemberian pakan

| Ukuran ikan | Jumlah pakan per hari (% berat badan) |
|---------------------------------------|--|
| Baru manates > 2 cm | 15 – 20 % |
| Anakan (Berat 3 gr, Panjang 2 – 4 cm) | 10 – 15 % |
| Sedang (Berat 10 gr, Panjang 5 cm) | 5 % |
| Dewasa (Berat 100 gr, Panjang 12 cm) | 2 % |

Sumber : Hikmah, 2002.

2.3.4 Sintasan

Sintasan adalah persentase jumlah ikan yang hidup dalam kurun waktu tertentu Sintasan organisme dipengaruhi oleh padat penebaran dan faktor lainnya seperti, umur, pH, suhu dan kandungan amoniak. Faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan adalah tersedianya jenis makanan serta adanya lingkungan yang baik seperti oksigen, amoniak, karbondioksida, nitrat, hidrogen sulfida dan ion hidrogen (Effendie, 2002). Menurut Mudjiman (2004), tingkat kelangsungan hidup (SR) adalah prosentase jumlah benih ikan yang masih hidup pada akhir penelitian. Untuk mempertahankan kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan, maka 13 diperlukan makanan yang memenuhi kebutuhan nutrisi ikan. Makanan yang telah dimakan oleh ikan

digunakan untuk kelangsungan hidup dan selebihnya akan dimanfaatkan untuk pertumbuhan.

Ikan akan hidup, tumbuh, dan berkembang dengan baik pada habitat atau lingkungan dalam batas yang dapat ditolelir oleh ikan. Ikan-ikan air tawar mempunyai tekanan osmotik cairan internal (dalam tubuh) lebih besar dari tekanan osmotik eksternal (lingkungan), sehingga garam - garam dalam tubuh cenderung keluar sedangkan air cenderung masuk kedalam tubuh (Kadarini, 2009 *dalam* Warisah, 2013).

Peningkatan padat tebar ikan akan berpengaruh terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan, artinya bahwa peningkatan padat tebar ikan belum tentu menurunkan tingkat kelangsungan hidup. Walaupun terlihat kecenderungan bahwa semakin meningkat padat tebar ikan, maka tingkat kelangsungan hidup akan semakin kecil (Rukmana, 2003). Sintasan yang rendah dapat terjadi karena ikan mengalami kekurangan makan berkepanjangan, akibat tidak terpenuhinya energi untuk pertumbuhan dan mobilitas karena kandungan gizi pakan tidak mencukupi sebagai sumber energi. Salah satu upaya untuk mengatasi rendahnya sintasan yaitu dengan pemberian pakan yang tepat baik dalam ukuran, jumlah, dan kandungan gizi dari pakan yang diberikan (Wijayanti, 2010 *dalam* Nifa, 2013).

Faktor-faktor yang mempengaruhi sintasan adalah lingkungan baru, stres, dan keberadaan bibit penyakit. Faktor dari dalam tubuh adalah kemampuan dalam menyesuaikan diri dengan lingkungan baru dan umur ikan. Kemampuan renang ikan juga mempengaruhi laju sintasan. Ikan yang 14 kemampuan renangnya masih belum sempurna menyebabkan kemampuannya dalam mencari pakan terbatas. Maka dari itu ikan cenderung hanya memakan pakan alami yang berada didekatnya (Melianawati dan Imanto, (2004) *dalam* Nifa, 2013).

2.4 Bioremediasi

2.4.1 Pengertian Bioremediasi

Bioremediasi berasal dari kata bio dan remediasi atau "remediate" yang artinya menyelesaikan masalah. Secara umum bioremediasi dimaksudkan sebagai penggunaan mikroba untuk menyelesaikan masalah-masalah lingkungan atau untuk menghilangkan senyawa yang tidak diinginkan dari tanah, lumpur, air tanah atau air permukaan sehingga lingkungan tersebut kembali bersih dan alamiah.

Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme untuk mengurangi polutan lingkungan. Saat bioremediasi terjadi, enzim-enzim yang diproduksi mikroorganisme memodifikasi polutan tersebut, sebuah peristiwa yang disebut biotransformasi. Pada banyak kasus, biotransformasi berujung pada biodegradasi dimana polutan beracun terdegradasi strukturnya menjadi tidak kompleks dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun.

Mikroba yang hidup di tanah dan di air tanah dapat "memakan" bahan kimia berbahaya tertentu, misalnya berbagai jenis minyak. Mikroba mengubah bahan kimia ini menjadi air dan gas yang tidak berbahaya misalnya CO₂. Bakteri yang secara spesifik menggunakan karbon dari hidrokarbon minyak bumi sebagai sumber makanannya disebut sebagai bakteri petrofilik. Bakteri inilah yang memegang peranan penting dalam bioremediasi lingkungan yang tercemar limbah minyak bumi. Aplikasi bioremediasi di Indonesia mengacu pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 (KepMen LH no. 128/2003) mengatur tentang tatacara dan persyaratan teknis pengolahan limbah dan tanah terkontaminasi oleh minyak bumi secara biologis.

2.4.2 Proses Bioremediasi

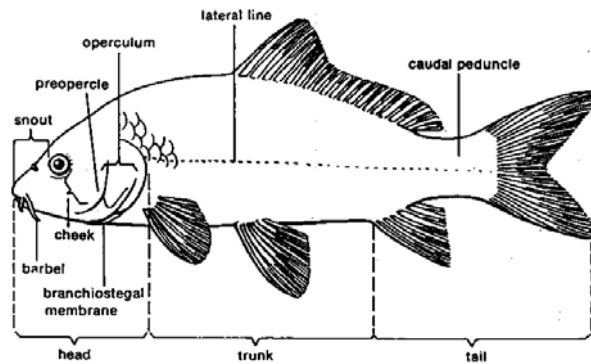
Bioremediasi adalah suatu proses pemulihan polutan dengan memanfaatkan jasa makhluk hidup seperti mikroba (bakteri, fungi, khamir), tumbuhan hijau.

Sedangkan fitoremediasi dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan metabolisme tumbuhan dan hubungan positif antara tumbuhan dengan mikroorganisme lain untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan (Gunalan, (1998) *dalam* Pratiwi, 2012).

Bioremediasi merupakan salah satu teknologi yang bersifat biologi, yaitu pemanfaatan jasa tumbuhan hijau ataupun mikroorganisme yang berasosiasi, untuk mengurangi polutan lingkungan, baik pada air, tanah atau udara, baik disebabkan polutan metal maupun organik (Firdaus dan Santriyana, 2012).

Senyawa amonium dan nitrit merupakan bentuk lain dari nitrogen anorganik. Effendi (2003) menyatakan bahwa nitrogen anorganik terdiri dari amonia (NH_3), amonium (NH_4), nitrit (NO_2^-), dan nitrogen (N_2). Penambahan nitrogen sebagai salah satu nutrien pembatas utama dalam tingkat produsen primer di estuari selain fosfat dan silikat dipengaruhi oleh kegiatan manusia (Kennish, 1994). Pemberian pakan buatan dalam sistem budidaya dapat mengubah kondisi normal senyawa nitrogen di alam.

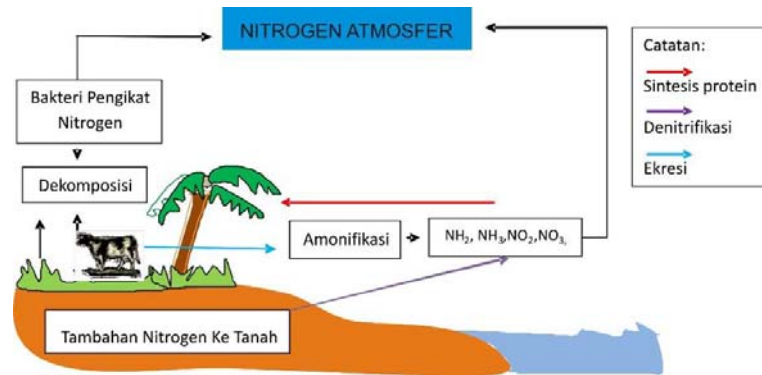
Sumber utama amoniak sebagai salah satu bentuk nitrogen anorganik dalam air budidaya adalah hasil perombakan bahan organik, sedangkan sumber bahan organik utama dalam tambak adalah degradasi sisa pakan dan sisa metabolisme ikan. Sebagian besar pakan yang diberikan akan dimanfaatkan untuk pertumbuhan, namun sebagian lagi akan diekskresikan dalam bentuk kotoran padat dan amonia terlarut (NH_3) dalam air (Gambar 4). Sisa metabolisme ikan juga bisa mengalami perombakan menjadi NH_3 dalam bentuk gas. Secara biologis, proses ini tidak hanya berhenti sampai di sini, di alam amonia akan mengalami perombakan menjadi nitrat (NO_3) suatu bentuk yang tidak berbahaya dalam proses nitrifikasi. Lima proses siklus biogeokimia nitrogen adalah amonifikasi, nitrifikasi, asimilasi nitrogen, denitrifikasi, dan fiksasi nitrogen.



Gambar 4 Rangka Ikan Mas (*C. Carpio*)

Amonifikasi merupakan proses pembentukan amonia dari materi organik. Amonia juga mampu mengalami asimilasi menjadi asam amino dan dapat diasimilasi secara langsung oleh kelompok diatom, alga selular dan tanaman tingkat tinggi. Nitrifikasi merupakan reaksi oksidasi yaitu proses pembentukan nitrit atau nitrat dari amonia. Proses ini dapat berlangsung secara biologis maupun kimiawi. Asimilasi nitrogen merupakan proses pemanfaatan nitrogen untuk pembentukan asam amino dalam protoplasma oleh fitoplankton, alga, dan bakteri.

Senyawa amonium dan nitrit merupakan bagian penting dari siklus nitrogen di alam (Gambar 3). Denitrifikasi merupakan reaksi reduksi nitrat menjadi nitrit, nitrit oksida, dan gas nitrogen. Sedangkan fiksasi nitrogen merupakan pengikatan gas nitrogen menjadi amonia dan nitrogen organik (Dong et al., 2004). Proses ini dapat terjadi di daerah tambak yang masih dalam area pantai sehingga bisa melibatkan simbiosis alga dan bakteri (Effendi, 2003). Tambak ikan sebagai salah satu bentuk ekosistem kecil daerah estuari, memiliki nitrogen anorganik utama yang dapat terlarut dalam air, yaitu amonia, amonium, nitrit, dan nitrat. Komposisi nitrogen anorganik sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen bebas dalam air. Konsentrasi oksigen yang rendah menyebabkan nitrogen akan bergerak menuju ke senyawa amonia, sedangkan konsentrasi oksigen tertinggi menyebabkan nitrogen akan bergerak menuju senyawa nitrat (Hutagalung dan Rozak, 1997).



Gambar 5 Diagram Siklus N

Menurut Barbarick (2006) nitrogen hadir dalam berbagai bentuk senyawa kimia dan mengalami serangkaian reaksi biokemis sebagai berikut :

- Mineralisasi, yaitu perubahan bentuk nitrogen organik menjadi ammonium. Lebih dari 95% kandungan nitrogen dalam tanah berada dalam bentuk nitrogen organik. Bentuk ini tidak dapat dimanfaatkan tanaman sebelum diubah oleh mikroorganisme tanah menjadi ion ammonium. Ion ini jarang dilindikan ke bawah karena merupakan ion positif yang diikat oleh muatan negatif mineral liat atau situs jerapan tanah (kompleks koloid tanah).
- Nitrifikasi, yaitu perubahan ammonium menjadi nitrat. Proses perubahan ini terjadi jika kondisi lingkungan hangat dan dalam tanah yang beraerasi baik. Nitrat adalah ion negatif nitrogen yang dimanfaatkan tanaman, dan mudah terlindi (bergerak ke bawah bersama air) karena tidak diikat mineral liat atau situs jerapan tanah. Bentuk ion nitrat ini merupakan salah satu penyebab timbulnya polusi air tanah.
- Immobilisasi , yaitu perubahan nitrat atau ammonium menjadi nitrogen organik. Mikroorganisme dalam tanah menggunakan nitrat dan ammonium pada saat mengurai sisa-sisa tanaman (bahan organik). Bentuk nitrogen ini bersifat sementara terikat dalam bentuk jaringan tubuh mikroorganisme.

- Denitrifikasi, yaitu proses perubahan nitrat menjadi gas nitrogen. Proses ini terjadi manakala tanah tidak cukup mengandung udara, maka mikroorganisme menggunakan oksigen dalam senyawa nitrat, sehingga nitrat berubah menjadi gas nitrogen (N_2). Gas ini akan dilepaskan menuju atmosfer sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Pada kebanyakan kasus, peristiwa denitrifikasi akan terjadi antara 2 sampai 3 hari di dalam tanah dengan aerasi buruk.

- Volatilisasi, yaitu perubahan ammonium menjadi gas ammonia. Proses ini banyak terjadi di dalam tanah yang memiliki pH lebih besar dari 7,5.

➤ **Mekanisme Siklus N**

Penambatan nitrogen secara biologis dan secara kimiawi mengubah gas dinitrogen (N_2) menjadi amonia dengan katalis enzim nitrogenase (Saika dan Jain, 2007). Enzim yang berperan penting dalam penambatan nitrogen adalah nitrogenase yang terdapat dalam sel bakteri penambat nitrogen.

Nitrogenase disusun oleh dua komponen yang saling menunjang yaitu protein Fe (komponen I) dan protein Mo-Fe (komponen II) (Hamdi, 1982). Protein Fe berukuran lebih kecil dari komponen II dan mempunyai dua sub-unit serupa berukuran masing-masing 30 sampai dengan 72 kDa, tergantung pada organisma. Setiap subunit berisi satu kluster besi-belerang (4 Fe dan 4 S^{2-}) yang turut ambil bagian dalam reaksi redox terlibat dalam konversi N_2 menjadi NH_3 . Protein MoFe mempunyai empat sub-unit, dengan masa total satu molekul sekitar 180 sampai dengan 235 kDa, tergantung pada spesies organisme. Setiap subunit mempunyai dua kluster Mo-Fe-S (Taiz dan Zeiger, 2002). Protein Fe adalah menjadi tidak aktif oleh O_2 dengan waktu paruh kerusakan dari 30 sampai dengan 45 detik. Protein MoFe juga menjadi tidak aktif oleh oksigen, dengan satu waktu paruh 10 menit. (Dixon dan Wheeler 1986). Diduga 2 molekul protein Fe akan bersenyawa

dengan 1 molekul protein Mo-Fe untuk membentuk nitrogenase aktif di dalam sel sel bakteroid atau sel-sel *Azotobacter* (Hamdi, 1982). Gambaran terperinci dari pengikatan ATP, pengangkutan elektron dan pengikatan substrat di antara komponen-komponen nitrogenase secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 3. Senyawa protein Fe dari nitrogenase menerima elektron-elektron berpotensi rendah dari Ferredoxin dan Flavodoxin, kemudian protein Fe bergabung dengan ATP menghasilkan suatu senyawa FeMgATP yang potensial oksidasinya rendah. Hanya satu molekul MoMgATP hasil reduksi yang dapat berlaku sebagai pereduksi protein Mo-Fe. Terbukti bahwa Mo-Fe yang berperan dalam penambatan N₂ (Siegbahn et. al., 1998).

Proses fiksasi N₂ dengan adanya enzim nitrogenase terjadi sebagai berikut: (1) energi ATP dan elektron ferredoxin mereduksi protein Fe menjadi reduktan, (2) reduktan itu mereduksi protein MoFe yang kemudian mereduksi N₂ menjadi NH₃ dengan hasil sampingan berupa gas H₂, dan (3) bersamaan dengan itu terjadi reduksi asetilen menjadi etilen yang dapat digunakan sebagai indikator proses fiksasi N₂ secara biologis (Marschner, 1986; Buchanan et. al., 2000). MoFe protein dapat mereduksi beberapa substrat seperti asetilen, sianida dan azida (Tabel 2.), namun demikian dalam kondisi normal reaksi hanya terjadi antara N₂ dan H⁺ yang dikatalisasi oleh enzim nitrogenase. Kemampuan ini dapat digunakan untuk mengukur kemampuan organisme dalam enambat nitroge menggunakan proses reduksi asetilen (ARA).

2.5 Tanaman Air

Tanaman air adalah tanaman yang memiliki habitat yaitu di air. Syarat mutlak pertumbuhan tanaman ini yaitu lingkungan yang memiliki kelembapan tinggi (Lestari dan kencana, 2015). Dulu tidak banyak yang berpikir bahwa tanaman air yang banyak tumbuh diperairan seperti rawa, sungai, maupun danau mempunyai

fungsi sebagai pembersih air yang tercemar polutan. Perhatian pada potensi tanaman air untuk menyerap limbah mulai banyak diberikan oleh para peneliti pada tahun 1970-an, baik untuk menyerap limbah industri maupun limbah rumah tangga (Tjokrokusumo dan Sahwan, 2003).

Menurut Gopal (1987) *dalam* Suardana (2001), saat ini tanaman air mulai banyak digunakan untuk memperbaiki mutu air limbah karena kemampuannya dalam menyerap kandungan zat dalam air langsung melalui akar atau keseluruhan permukaan tanaman melebihi keperluan untuk pertumbuhannya. Menurut Indah *et al.* (2014), tanaman air berperan besar sebagai penyerap partikel dan mineral diperairan, kemudian sebagai aerator melalui proses fotosintesis, mengatur aliran air, serta membersihkan air yang tercemar.

Menurut Dhir (2013), tanaman memiliki mekanisme yang sangat spesifik dan efisiensi untuk memperoleh mikronutrien penting dari lingkungan. Penyerapan dan penghilangan kontaminan bervariasi untuk setiap jenis tanaman air (*free-floating, submerged, emerged*). Cara penyerapan oleh tanaman juga berbeda untuk kontaminan organik dan anorganik. Penyerapan senyawa anorganik (bentuk ionik atau kompleks) melalui mekanisme penyerapan aktif atau pasif di dalam tanaman, sedangkan penyerapan senyawa organik umumnya diatur oleh hidrofobik dan polaritas. Serapan kontaminan organik didorong oleh difusi sederhana berdasarkan sifat kimia mereka. Kontaminan yang telah diasimilasi dan diserap, kemudian diubah dan didetoksifikasi oleh berbagai reaksi biokimia di dalam sistem tanaman dengan menggunakan mekanisme enzimatik.

Menurut Dhir (2013), tanaman air dapat dikelompokkan berdasarkan kebiasaan tumbuhnya, yaitu *free-floating plant* atau tanaman mengambang, *submerged plant*, dan *emergent plant*. *Floating plant* atau tanaman mengambang akarnya dibawah daun dan menggantung bebas di dalam air namun tidak sampai kedasar substrat. Beberapa contoh dari tanaman ini yaitu dari genus Lemna,

Eichhornia, Pistia, Salvinia, Azolla, dan Spirodela. Tanaman ini memiliki potensi untuk mendegradasi kontaminan dari suatu limbah cair. Prasad *et al.* (2006), menambahkan bahwa free-floating plant dapat digunakan dalam menghilangkan polutan di perairan karena mereka tidak kontak dengan sedimen. Akar tanaman ini memiliki akses penuh terhadap air yang tercemar, kemudian polutan yang telah terakumulasi di daun dapat menguap bersama air ke udara bebas. Dapat dilihat pada Gambar contoh tanaman air (Gambar 6).



Gambar 6. Hydrilla (*H. verticillates*) dan Eceng Gondok (*E. Crassipes*)

2.6 Kualitas Air

2.6.1 Parameter Uji

a) *Survival Rate (SR)*

Survival Rate atau kelangsungan hidup adalah persentase jumlah ikan yang hidup dalam kurun waktu tertentu. Sintasan organisme dipengaruhi oleh padat penebaran dan faktor lainnya seperti, umur, pH, suhu dan kandungan amoniak. Faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan adalah tersedianya jenis makanan serta adanya lingkungan yang baik seperti oksigen, amoniak, karbondioksida, nitrat, hidrogen sulfida dan ion hidrogen (Effendie, 2002). Menurut Mudjiman (2004), tingkat kelangsungan hidup (SR) adalah prosentase jumlah benih ikan yang masih hidup pada akhir penelitian. Untuk mempertahankan kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan, maka 13 diperlukan makanan yang memenuhi kebutuhan nutrisi ikan. Makanan yang telah

dimakan oleh ikan digunakan untuk kelangsungan hidup dan selebihnya akan dimanfaatkan untuk pertumbuhan.

Ikan akan hidup, tumbuh, dan berkembang dengan baik pada habitat atau lingkungan dalam batas yang dapat ditolelir oleh ikan. Ikan-ikan air tawar mempunyai tekanan osmotik cairan internal (dalam tubuh) lebih besar dari tekanan osmotik eksternal (lingkungan), sehingga garam-garam dalam tubuh cenderung keluar sedangkan air cenderung masuk kedalam tubuh (Kadarini, 2009 *dalam* Warisah, 2013).

Peningkatan padat tebar ikan akan berpengaruh terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan, artinya bahwa peningkatan padat tebar ikan belum tentu menurunkan tingkat kelangsungan hidup. Walaupun terlihat kecenderungan bahwa semakin meningkat padat tebar ikan, maka tingkat kelangsungan hidup akan semakin kecil (Rukmana, 2003). Sintasan yang rendah dapat terjadi karena ikan mengalami kekurangan makan berkepanjangan, akibat tidak terpenuhinya energi untuk pertumbuhan dan mobilitas karena kandungan gizi pakan tidak mencukupi sebagai sumber energi. Salah satu upaya untuk mengatasi rendahnya sintasan yaitu dengan pemberian pakan yang tepat baik dalam ukuran, jumlah, dan kandungan gizi dari pakan yang diberikan (Wijayanti, 2010 *dalam* Nifa, 2013).

Faktor-faktor yang mempengaruhi sintasan adalah lingkungan baru, stres, dan keberadaan bibit penyakit. Faktor dari dalam tubuh adalah kemampuan dalam menyesuaikan diri dengan lingkungan baru dan umur ikan. Kemampuan renang ikan juga mempengaruhi laju sintasan. Ikan yang memiliki kemampuan untuk berenang masih belum sempurna menyebabkan kemampuannya dalam mencari pakan terbatas. Maka dari itu ikan cenderung hanya memakan pakan alami yang berada didekatnya (Melianawati dan Imanto, 2004 *dalam* Nifa, 2013).

b) TAN (*Total Ammoniak Nitrogen*)

Di perairan alami pada suhu dan tekanan normal amoniak dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan ion amonium. Selain terdapat dalam bentuk gas amoniak juga membentuk kompleks dengan beberapa ion logam. Amoniak juga dapat terserap ke dalam bahan-bahan tersuspensi dan koloid sehingga mengendap di dasar perairan. Amoniak di perairan dapat menghilang melalui proses volatilisasi karena tekanan parsial amoniak dalam larutan meningkat dengan semakin meningkatnya pH. Amoniak dan garam-garamnya bersifat mudah larut dalam air. Amoniak banyak digunakan dalam proses produksi urea, industri bahan kimia serta industri bubur dan kertas (pulp & paper). Tinja dari biota akuatik yang merupakan limbah aktivitas metabolisme juga banyak mengeluarkan amoniak. Sumber amoniak yang lain adalah reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah industri dan kosmetik.

Amoniak yang terukur di perairan berupa amoniak total (NH_3 dan NH_4^+). Amoniak bebas tidak dapat terionisasi (amoniak) sedangkan amonium (NH_4^+) dapat terionisasi. Persentase amoniak meningkat dengan meningkatnya nilai pH dan suhu perairan. Pada pH 7 atau kurang, sebagian besar amoniak akan mengalami ionisasi. Sebaliknya pada pH lebih besar dari 7 amoniak tak terionisasi yang bersifat toksik terdapat dalam jumlah yang lebih banyak. Amoniak bebas yang tak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas amoniak terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu (Effendi, 2003).

c) Nitrat

Menurut Effendi (2003), Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses sempurna senyawa nitrogen di perairan.

Nitrat merupakan hasil akhir dari oksidasi nitrogen dalam air laut. Kadar nitrogen akan semakin meningkat dengan bertambahnya kedalaman. Peningkatan kadar nitrat di dalam air laut dipengaruhi oleh masuknya limbah-limbah domestik dan pertanian yang banyak mengandung nitrat. Konsentrasi nitrat di perairan selain berasal dari nitrifikasi nitrit, juga berasal dari pengikatan nitrogen bebas dari udara oleh mikroorganisme (Nugroho, 2006).

Sumber pencemaran nitrat dalam air umumnya berasal dari limbah industri, septi tank, limbah hewan (ikan dan burung), dan limbah dari angkutan air (kapal, perahu, dan lain-lain). Selain itu limbah dari lahan-lahan pertanian akibat aktivitas pemupukan, penggunaan pestisida, dan lain-lain memberikan kontribusi yang sangat besar terhadap polusi nitrat di dalam air permukaan (Surface water) dan air bawah tanah (Ground water) (Ompusunggu, 2009).

d) Nitrit

Di perairan alami, nitrit (NO_2) biasanya ditemukan dalam jumlah yang sangat sedikit. Lebih sedikit daripada nitrat, karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Nitrit merupakan bentuk peralihan (intermediate) antara amonia dan nitrat (nitrifikasi), dan antara nitrat dan gas nitrogen (denitrifikasi). Denitrifikasi berlangsung pada kondisi anaerob (Effendi, 2003).

Sumber nitrit dapat berupa limbah industri dan limbah domestik. Kadar nitrit pada perairan relatif kecil, karena segera dioksidasi menjadi nitrat. Perairan alami mengandung nitrit sekitar 0,001 mg/L dan sebaiknya tidak melebihi 0,06 mg/L. Di perairan, kadar nitrit jarang melebihi 1 mg/L. Kadar nitrit yang lebih dari 0,05 mg/L dapat bersifat toksik bagi organisme perairan yang sangat sensitif. Untuk keperluan air minum, WHO merekomendasikan kadar nitrit sebaiknya tidak lebih dari 1 mg/L. Bagi manusia dan hewan, nitrit bersifat lebih toksik daripada nitrat. Pada manusia konsumsi nitrit yang berlebihan dapat mengakibatkan terganggunya proses

pengikatan oksigen oleh hemoglobin darah, yang selanjutnya membentuk methemoglobin yang tidak mampu mengikat oksigen (Effendi, 2003).

Menurut Chandra (2006), dalam keadaan normal, nitrit tidak ditemukan dalam air minum, kecuali dalam air yang berasal dari air tanah akibat adanya proses reduksi nitrat oleh garam besi.

Nitrit (NO_2) beracun terhadap udang dan ikan karena mengoksidasi Fe^{2+} di dalam hemoglobin. Dalam bentuk ini kemampuan darah untuk mengikat oksigen sangat merosot. Mekanisme toksisitas dari nitrit ialah pengaruhnya terhadap transport oksigen dalam darah dan kerusakan jaringan. Akumulasi nitrit di dalam Universitas Sumatera Utara 18 tambak dan kolam diduga terjadi sebagai akibat tidak seimbangnya antara kecepatan perubahan dari nitrit menjadi nitrat dan dari amonia menjadi nitrit (Ghufran, 2007).

e) TDS (*Total Dissolved Solid*)

TDS adalah benda padat yang terlarut, yaitu semua mineral, garam, logam serta kation-anion yang terlarut di air, termasuk semua yang terlarut diluar molekul air murni (H_2O). Secara umum, konsentrasi benda-benda padat terlarut merupakan jumlah antara kation dan anion di dalam air. TDS terukur dalam satuan Parts per Million (ppm) atau perbandingan rasio berat ion terhadap air (Santoso, 2008). Contoh padatan terlarut dalam air adalah zat kapur, besi, timah, magnesium, tembaga, sodium, klorida, klorin 16 dan lain-lain. Menurut Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, kadar TDS yang diperbolehkan adalah 500 mg/l.

Air yang mengandung TDS tinggi, sangat tidak baik untuk kesehatan manusia. Mineral dalam air tidak hilang dengan cara direbus. Bila terlalu banyak mineral anorganik di dalam tubuh dan tidak dikeluarkan, maka seiring berjalannya waktu akan mengendap di dalam tubuh yang berakibat tersumbatnya bagian tubuh. Misalnya bila mengendap di mata akan mengakibatkan katarak, bila di ginjal

akan mengakibatkan batu ginjal atau batu empedu, di pembuluh darah akan mengakibatkan pengerasan pembuluh darah, tekanan darah tinggi, stroke dan lain-lain (Wahyu Nugroho dan Setyo Purwoto, 2013).

f) Fosfat

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan (Dugan, 1972). Fosfor merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga, sehingga unsur ini menjadi faktor pembatas bagi tumbuhan dan alga akuatik serta sangat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan.

Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Setiap senyawa fosfat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme air. Di daerah pertanian ortofosfat berasal dari bahan pupuk yang masuk ke dalam sungai atau danau melalui drainase dan aliran air hujan. Polifosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan deterjen yang Universitas Sumatera Utara mengandung fosfat, seperti industri logam dan sebagainya. Fosfat organik terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan. Fosfat organik dapat pula terjadi dari ortofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat bagi pertumbuhannya. Keberadaan senyawa fosfat dalam air sangat berpengaruh terhadap keseimbangan ekosistem perairan. Bila kadar fosfat dalam air rendah (< 0,01 mg P/L), pertumbuhan ganggang akan terhalang, keadaan ini dinamakan oligotrop. Sebaliknya bila kadar fosfat dalam air tinggi, pertumbuhan tanaman dan ganggang tidak terbatas lagi (keadaan eutrop), sehingga dapat mengurangi jumlah oksigen terlarut air. Hal ini tentu sangat berbahaya bagi kelestarian ekosistem perairan (Alaerts, 1984).

Berdasarkan kadar fosfor total, perairan diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu: perairan dengan tingkat kesuburan rendah, yang memiliki kadar fosfat total

berkisar antara 0 – 0,02 mg/liter; perairan dengan tingkat kesuburan sedang, yang memiliki kadar fosfat total 0,021 – 0,05 mg/liter; dan perairan dengan tingkat kesuburan tinggi, yang memiliki kadar fosfat total 0,051 – 0,1 mg/liter (Yoshimura & Liaw, 1969).

2.6.2 Parameter Penunjang

a) Suhu

Suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme organisme, karena penyebaran organisme baik di lautan maupun di perairan tawar dibatasi oleh suhu perairan tersebut. Suhu sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air. Secara umum laju pertumbuhan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu, dapat menekan kehidupan hewan budidaya bahkan menyebabkan kematian bila peningkatan suhu sampai ekstrim (Kordindan Tanjung, 2007). Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, dan biologi di suatu perairan. Peningkatan suhu menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air, dan selanjutnya mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen (Effendi, 2003).

Setiap penelitian pada ekosistem air, pengukuran suhu air adalah hal yang mutlak dilakukan. Hal ini disebabkan karena kelarutan berbagai jenis gas dalam air serta semua aktivitas biologis di dalam ekosistem air sangat dipengaruhi suhu. Suhu dipengaruhi oleh pertukaran panas antara air dengan udara, ketinggian topografi, masukan air limbah dan penutupan oleh tanaman (Barus, 2002). Hydrilla tumbuh optimal pada suhu 20 – 24 C dan pertumbuhannya menjadi berhenti pada suhu dibawah 16 C (Dulay, *et al.* 2010).

b) Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman dalam suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang penting dalam memantau kestabilan perairan. Perubahan nilai pH

suatu perairan terhadap organisme akuatik mempunyai batasan tertentu dengan nilai pH yang bervariasi (Simanjuntak, 2012). Masuknya logam didalam perairan akan berinteraksi dengan berbagai faktor seperti pH sehingga akan berpengaruh terhadap kelarutan logam. Dengan derajat keasaman tinggi akan mengubah kestabilan ikatan dari karbonat ke hidroksida. Hidroksida ini akan mudah sekali membentuk ikatan permukaan partikel yang berada pada badan perairan (Sudarwin, 2008).

Organisme perairan mempunyai kemampuan yang berbeda dalam mentoleransi pH di perairan. Kematian lebih sering diakibatkan karena pH yang rendah dari pada pH yang tinggi (Wijayanti, 2007). Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 – 8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan (Yuliasuti, 2011).

c) Oksigen Terlarut (DO)

Menurut Kordi dan Tanjung (2007), oksigen yang diperlukan untuk biota air harus terlarut dalam air. Oksigen merupakan faktor pembatas, bila ketersediaannya tidak mencukupi maka segala aktivitas akan terhambat. Menurut Boyd (1982), menyatakan oksigen merupakan salah satu komponen utama dalam suatu perairan sekitar 20,95 % oksigen larut dalam air. Konsentrasi oksigen terlarut dipengaruhi oleh proses respirasi biota akuatik dan proses dekomposisi bahan organik dan mikroba. Pengaruh ekologi lain yang menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut menurun adalah penambahan zat organik (buangan organik) (Connel dan Miller, (1995) dalam Wijayanti, 2007).

Pergerakan air dan adanya tanaman air seperti Hydrilla dan Eceng Gondok akan memperbesar kadar oksigen dalam air, bila kadar oksigen dalam air sudah terlalu jenuh maka difusi akan berhenti dan oksigen akan mengambang dari air kembali ke udara bila kadarnya sudah lebih jauh lagi (supersaturasi) (Lesmana,

2001). Kadar oksigen terlarut dibawah 3 ppm akan membahayakan organisme perairan karena dapat mengakibatkan kematian (Hermawati, 2005).