

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1. Pencemaran air

Air dan sumber-sumbernya merupakan salah satu kekayaan alam yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk mendukung kelangsungan hidup. Dalam Al Qur'an surat Fathir 27-28, telah dijelaskan pentingnya air sebagai kebutuhan pokok semua spesies yang hidup di muka bumi:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بِيضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ ﴿٢٧﴾ وَمِنَ النَّاسِ وَالْدَّوَابِّ وَالْأَنْعَامِ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ كَذَلِكَ إِنَّمَا تَخْشَى اللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ الْعُلَمَاءُ ﴿٢٨﴾  
إِنَّ اللَّهَ عَزِيزٌ غَفُورٌ ﴿٢٨﴾

*Artinya: "Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam jenisnya. dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat (27). Dan demikian (pula) di antara manusia, binatang-binatang melata dan binatang-binatang ternak ada yang bermacam-macam warnanya (dan jenisnya). Sesungguhnya yang takut kepada Allah di antara hamba-hamba-Nya, hanyalah ulama. Sesungguhnya Allah Maha Perkasa lagi Maha Pengampun (QS Fathir 27-28.)*

Dalam *Tafsir Ath-Thobari* 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 (Muhammad, 2009).

Ditinjau dari kedudukannya, ekosistem air tawar dapat dibagi menjadi dua 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 dengan lotik. Air tawar berasal dari dua sumber, yaitu air permukaan (*surface water*) dan air tanah (*ground water*). Air permukaan adalah air yang berada di sungai, waduk, danau, rawa dan badan air lainnya yang tidak mengalami infiltrasi ke bawah tanah. Area tanah yang mengalirkan air ke suatu badan air disebut *watersheds* atau *drainage basin*. Air yang mengalir dari daratan menuju suatu badan air disebut limpasan permukaan (*surface run off*), dan air yang mengalir di sungai menuju laut disebut aliran air sungai. Sekitar 69% air yang masuk ke sungai berasal dari hujan, pencairan es atau salju, dan sisanya berasal dari air tanah (Barus, 2004).

Air menutupi sekitar 70% permukaan bumi dengan jumlah sekitar 1.368 juta km<sup>3</sup>. Air terdapat dalam berbagai bentuk, misalnya uap air, es, cairan dan salju. Air tawar terutama terdapat di sungai, danau, air tanah, dan gunung es. Semua badan air di daratan dihubungkan dengan laut dan atmosfer melalui siklus hidrologi yang berlangsung secara kontinyu (Effendi, 2003).

Pencemaran perairan didefinisikan sebagai dampak negatif pengaruh yang berbahaya terhadap kehidupan biota, sumber daya dan kenyamanan ekosistem perairan, kesehatan manusia dan nilai guna lainnya dari ekosistem perairan yang

disebabkan secara langsung oleh pembuangan bahan-bahan atau limbah ke dalam perairan yang berasal dari kegiatan manusia (Surface, 1993).

Menurut Pitrawijaya (1992), pencemaran air adalah masuknya zat, energi, dan komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Tanggung jawab para ahli teknik dimulai dengan pengembangan sumber daya air untuk memenuhi penyediaan air yang cukup dengan kualitas yang baik, yaitu air harus bebas dari:

- Material tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan
- Warna yang berlebihan, rasa dan bau
- Material terlarut yang tidak dikehendaki
- Zat – zat yang bersifat agresif
- Dan bakteri indikator pencemaran kotoran

Penyediaan air bersih selain kuantitasnya, kualitaspun harus memenuhi standar yang berlaku. Kualitas dan karakteristik air bersih selalu dikaitkan dengan baku mutu air tertentu (*standar kualitas air*). Untuk memperoleh gambaran yang nyata tentang karakteristik air baku, sering kali diperlukan pengukuran sifat-sifat air atau biasa disebut parameter kualitas air yang beraneka ragam. Formulasi-formulasi yang dikemukakan dalam angka-angka standar tentu saja memerlukan penilaian yang kritis dalam menetapkan sifat-sifat dari tiap parameter kualitas air (Slamet, 1994).

## **2.2 Logam Berat**

Menurut Raskin (1994), logam berat dideskripsikan sebagai logam yang mempunyai ciri khas (konduktivitas, kerapatan, stabilitas sebagai kation, dan

spesifikasi ligan) terdiri dan nomor atom di atas 20. Palar (1994) melengkapi bahwa selain massa jenis dan nomor atom, logam berat dan senyawanya juga mempunyai karakteristik respon biokimia yang spesifik pada organisme.

Jumlah logam berat dalam suatu lingkungan bisa berkurang atau bertambah, hal ini tidak terlepas dari aktivitas manusia yang dapat mencemari lingkungan dan akhirnya merugikan manusia itu sendiri. Allah telah menciptakan unsur logam berat dengan kadar yang seimbang di alam. Seperti yang telah tercantum dalam surat Al-Hijr ayat 19:

وَالْأَرْضَ مَدَدْنَاهَا وَأَلْقَيْنَا فِيهَا رَوَاسِيَ وَأَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ شَيْءٍ مَّوْزُونٍ ﴿١٩﴾

*Artinya: "Dan Kami telah menghamparkan bumi dan menjadikan padanya gunung-gunung dan Kami tumbuhkan padanya segala sesuatu menurut ukuran (QS. Al-Hijr ayat 19)*

Dalam *Tafsir Musayyar* menafsirkan ayat diatas Allah SWT menerangkan tanda-tanda kekuasaan-Nya yang dapat dilihat, diketahui, dirasakan dan difikirkan oleh manusia. Allah menciptakan bumi seakan-akan terhampar, sehingga mudah didiami manusia, memungkinkan mereka bercocok tanam. Allah juga menumbuhkan di bumi dari setiap pasangan, dari berbagai macam tumbuhan dengan ukuran yang sudah ditentukan, yang dibutuhkan manusia dan binatang (Aid al-qarni, 2007).

Secara alamiah unsur logam berat terdapat dalam perairan, namun dalam jumlah yang sangat rendah. Kadar ini akan meningkat bila limbah yang banyak mengandung unsur logam berat masuk kedalam lingkungan perairan sehingga akan terjadi racun bagi organisme perairan. Logam berat hampir selalu ada dalam

setiap pencemaran oleh limbah industri karena selalu diperlukan dalam setiap proses industri (Hutagulung, 1982).

Manifestasi dari keracunan logam berat adalah diare demam, feses biru kehijauan, dan kelainan fungsi ginjal. Bila kadarnya tinggi dalam tubuh dapat merusak jantung, hati dan ginjal. Absorpsi logam berat masuk ke dalam darah dapat menimbulkan hemolisis yang akut, karena banyak sel darah yang rusak. Akibat yang serius dari keracunan logam berat dapat menimbulkan kematian. Kerusakan ekosistem akibat pencemaran logam berat sering dijumpai khususnya untuk ekosistem perairan. Hal ini terjadi karena adanya logam berat yang bersifat racun bagi organisme dalam perairan. Organisme yang paling sensitif akan mengalami akibat buruk dan juga organisme yang tidak mampu bertahan akan musnah, sehingga keseimbangan rantai makanan dan ekosistem perairan akan mengalami kerusakan (Sudarmadi, 1993).

### **2.2.1 Logam Berat Timbal (Pb)**

Timbal (Pb) adalah logam berat yang terdapat di kerak bumi dan tersebar ke alam dalam jumlah kecil melalui proses alami. Manusia menyerap timbal kebanyakan melalui udara, debu, air dan makanan. Timbal di udara berasal dari penggunaan bahan bakar bertimbal yang dalam pembakarannya melepaskan timbal oksida membentuk debu/partikel yang dapat terhirup oleh manusia. Alat transportasi berbahan bakar yang mengandung timbal melepaskan 95 persen timbal yang mencemari udara. Sedangkan dalam air minum, timbal dapat berasal dari kontaminasi pipa, solder dan kran air. Kandungan timbal dalam air sebesar 15

mg/l dianggap sebagai konsentrasi yang aman untuk dikonsumsi. Dalam makanan, timbal berasal dari kontaminasi kaleng makanan dan minuman dan solder yang bertimbal. Dalam aliran air sungai timbal berasal dari limbah cair industri yang dibuang ke sungai, jenis industri yang menggunakan timbal dalam prosesnya seperti, industri pengolahan logam, kertas, baterai, elektronik dan sebagainya (Fardiaz, 1992).

Logam Pb secara alami tersebar luas pada batu-batuan dan lapisan kerak bumi. Logam ini termasuk ke dalam kelompok logam-logam golongan IV-A dengan nomor atom 82. Penyebaran Pb di bumi sangat sedikit yaitu 0,0002 % dari seluruh lapisan bumi. Logam Pb terdapat di perairan baik secara alamiah ataupun sebagai dampak dari aktifitas manusia. Logam ini masuk ke perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Di samping itu, proses korosifikasi dari batuan mineral akibat hempasan gelombang dan angin, juga merupakan salah satu jalur sumber Pb yang akan masuk ke dalam perairan (Palar, 2004).

Faktor yang dapat mempengaruhi kadar timbal dalam tumbuhan yaitu jangka waktu kontak tumbuhan dengan timbal, kadar timbal dalam perairan, morfologi dan fisiologi serta jenis tumbuhan. Dua jalan masuknya timbal ke dalam tumbuhan yaitu melalui akar dan daun. Timbal setelah masuk ke dalam tumbuhan akan diikat oleh membran sel, mitokondria dan kloroplas, sehingga menyebabkan kerusakan fisik. Kerusakan tersembunyi dapat berupa penurunan penyerapan air, pertumbuhan yang lambat, atau pembukaan stomata yang tidak sempurna (Hutagulung, 1982).

Timbal digunakan dalam industri baterai sebagai bahan yang aktif dalam pengaliran arus elektron. Kemampuan timbal dalam membentuk alloy dengan logam lain telah dimanfaatkan untuk meningkatkan sifat metalurgi dalam penerapan yang sangat luas, contohnya digunakan untuk kabel listrik, konstruksi pabrik-pabrik kimia, kontainer dan memiliki kemampuan tinggi untuk tidak mengalami korosi (Palar, 2004). Selain itu, Pb dapat digunakan sebagai zat tambahan bahan bakar dan pigmen timbal dalam cat yang merupakan penyebab utama peningkatan kadar Pb di lingkungan (Darmono, 1995). Hampir 10 % dari total produksi tambang logam timbal digunakan untuk pembuatan *tetra ethyl lead* atau TEL yang dibutuhkan sebagai bahan penolong dalam proses produksi bahan bakar bensin karena dapat mendongkrak (*boosting*) nilai oktan bahan bakar sekaligus berfungsi sebagai *antiknocking* untuk mencegah terjadinya ledakan saat berlangsungnya pembakaran dalam mesin. Konsentrasi Pb yang mencapai 188 mg/l dapat membunuh ikan. Sedangkan krustase setelah 245 jam akan mengalami kematian apabila pada badan air konsentrasi Pb adalah 2,75 - 49 mg/l (Palar, 2004).

Allah SWT menciptakan alam jagad raya dengan penuh manfaat yang harus dikelola dengan baik oleh manusia sebagai kholifahnya 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 لِأُولِي 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 (QS. Al'imron: 190-191).*

Menurut *Tafsir Ath-Thobari* ayat di atas ditafsirkan bahwa pada penciptaan langit dan bumi serta bergantinya siang dan malam terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah bagi orang yang berakal, 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 (Muhammad ,2009).

### **2.2.2 Dampak Timbal (Pb) Terhadap Morfologi dan Fisiologi Tumbuhan Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**

Timah hitam (Pb), yang diserap oleh tanaman akan memberikan efek buruk apabila kepekatannya berlebihan. Pengaruh yang ditimbulkan antara lain dengan adanya penurunan pertumbuhan dan produktivitas tanaman serta kematian. Penurunan pertumbuhan dan produktivitas pada banyak kasus



menyebabkan tanaman menjadi kerdil dan klorosis. Kepekaan logam berat pada daun memperlihatkan batas toksisitas terhadap tanaman yang berbeda-beda. Toksisitas timah hitam menyebabkan suatu mekanisme yang melibatkan klorofil. Pelepasan timah hitam ke dalam sitoplasma akan menghambat dua enzim yaitu Asam Delta Amino Levulenat Dehidratase (ALAD) dan Profobilinogenase yang terlibat dalam biogenesis klorofil (Flanagan, 1980).

Penelitian Garber (1974) menunjukkan bahwa Pb yang berasal dari polusi udara, sebagian besar berupa debu berada di permukaan tanaman dan hanya dalam bentuk terlarut dapat masuk ke dalam tanaman. Tanaman yang tertutupi debu polusi pada permukaan daunnya, menyebabkan fungsi fotosintesis dan transpirasi terhambat. Bila senyawa Pb yang larut tersebut terambil oleh tanaman, bisa menyebabkan kerusakan dari bagian tanaman tersebut.

## **2.3 Tinjauan Tentang Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**

### **2.3.1 Klasifikasi dan Morfologi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**

Klasifikasi tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) termasuk: (Hasim, 2003).

Divisi : Spermatophyta

Sub divisi : Angiospermae

Kelas : Monocotyledoneae

Suku : Pontederiaceae

Marga : *Eichhornia*

Spesies : *Eichhornia crassipes* Solm



Gambar 2.1 Tumbuhan enceng gondok (*Eichornia crassipes*)

Keterangan A= Tangkai Enceng Gondok  
 B= Daun Enceng Gondok  
 C= Akar Enceng Gondok

Eceng gondok hidup mengapung bebas bila airnya cukup dalam tetapi berakar di dasar kolam atau rawa jika airnya dangkal. Tingginya sekitar 0,4 - 0,8 meter. Daunnya tunggal dan berbentuk oval. Ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai daun menggelembung. Permukaan daunnya licin dan berwarna hijau. Bunganya termasuk bunga majemuk, berbentuk bulir, kelopaknya berbentuk tabung. Bijinya berbentuk bulat dan berwarna hitam, buahnya kotak beruang tiga dan berwarna hijau, akarnya merupakan akar serabut.

Adapun bagian-bagian tanaman yang berperan dalam penguraian air limbah adalah sebagai berikut:

a. Akar.

Bagian akar eceng gondok ditumbuhi dengan rambut akar yang berserabut, berfungsi sebagai pegangan atau jangkar tanaman. Sebagian besar peranan akar

untuk menyerap zat-zat yang diperlukan tanaman dari dalam air. Pada ujung akar terdapat kantung akar yang mana di bawah sinar matahari kantung akar ini berwarna merah, susunan akarnya dapat mengumpulkan lumpur atau partikel-partikel yang terlarut dalam air (Ardiwinata, 1950).

b. Daun.

Daun eceng gondok tergolong dalam hidrophyta yang terletak di atas permukaan air, yang di dalamnya terdapat lapisan rongga udara dan berfungsi sebagai alat pengapung tanaman. Zat hijau daun (klorofil) eceng gondok terdapat dalam kloroplas. Di permukaan atas daun dipenuhi oleh mulut daun (stomata) dan bulu daun. Rongga udara yang terdapat dalam akar, batang, dan daun selain sebagai alat penampungan juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan  $O^2$  dari proses fotosintesis. Oksigen hasil dari fotosintesis ini digunakan untuk respirasi tumbuhan di malam hari dengan menghasilkan  $CO^2$  yang akan terlepas ke dalam air (Pandey, 1980).

c. Tangkai

Tangkai eceng gondok berbentuk bulat menggelembung yang di dalamnya penuh dengan udara yang berperan untuk mengapungkan tanaman di permukaan air. Lapisan terluar petiole adalah lapisan epidermis, kemudian dibagian bawahnya terdapat jaringan tipis sklerenkim dengan bentuk sel yang tebal disebut lapisan parenkim, kemudian di dalam jaringan ini terdapat jaringan

pengangkut (*xylem dan floem*). Rongga-rongga udara dibatasi oleh dinding penyekat berupa selaput tipis berwarna putih (Pandey, 1950).

### 2.3.2 Ciri-ciri Fisiologis Enceng Gondok

Eceng gondok memiliki daya adaptasi yang besar terhadap berbagai macam hal yang ada di sekelilingnya dan dapat berkembang biak dengan cepat. Eceng gondok dapat hidup di tanah yang selalu tertutup oleh air yang banyak mengandung makanan. Selain itu daya tahan eceng gondok juga dapat hidup di tanah asam dan tanah yang basah (Hidayati dan Saefudin, 2003). Kemampuan eceng gondok untuk melakukan proses-proses sebagai berikut:

#### a. Transpirasi

Jumlah air yang digunakan dalam proses pertumbuhan hanyalah memerlukan sebagian kecil jumlah air yang diadsorpsi atau sebagian besar dari air yang masuk ke dalam tumbuhan dan keluar meninggalkan daun dan batang sebagai uap air. Proses tersebut dinamakan proses transpirasi, sebagian menyerap melalui batang tetapi kehilangan air umumnya berlangsung melalui daun. Laju hilangnya air dari tumbuhan dipengaruhi oleh kuantitas sinar matahari dan musim penanaman. Laju teraspirasi akan ditentukan oleh struktur daun eceng gondok yang terbuka lebar yang memiliki stomata yang banyak sehingga proses transpirasi akan besar dan beberapa factor lingkungan seperti suhu, kelembaban, udara, cahaya dan angin (Hidayati dan Saefudin, 2003).

### b. Fotosintesis

Fotosintesis adalah sintesa karbohidrat dari karbondioksida dan air oleh klorofil. Menggunakan cahaya sebagai energi dengan oksigen sebagai produk tambahan. Dalam proses fotosintesis ini tanaman membutuhkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O dengan bantuan sinar matahari akan menghasilkan glukosa dan oksigen dan senyawa-senyawa organik lain. Karbondioksida yang digunakan dalam proses ini berasal dari udara dan energi matahari (Hidayati dan Saefudin, 2003).

### c. Respirasi

Sel tumbuhan dan hewan mempergunakan energi untuk membangun dan memelihara protoplasma, membran plasma dan dinding sel. Energi tersebut dihasilkan melalui pembakaran senyawa-senyawa. Dalam respirasi molekul gula atau glukosa (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) diubah menjadi zat-zat sederhana yang disertai dengan pelepasan energi (Tjitrosomo, 1983).

### 2.3.3 Syarat Tumbuh Eceng Gondok

Setiap 10 tanaman eceng gondok mampu berkembang biak menjadi 600.000 tanaman baru dalam waktu 8 bulan. Hal inilah yang membuat eceng gondok banyak dimanfaatkan guna untuk pengolahan air limbah. Eceng gondok dapat mencapai ketinggian antara 40 - 80 cm dengan daun yang licin dan panjangnya 7 - 25 cm. Faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan eceng gondok adalah sebagai berikut :

a Cahaya matahari, pH dan Suhu

Pertumbuhan eceng gondok sangat memerlukan cahaya matahari yang cukup, dengan suhu optimum antara 25°C-30°C. Hal ini dapat dipenuhi dengan baik di daerah beriklim tropis. Di samping itu untuk pertumbuhan yang lebih baik, eceng gondok lebih cocok terhadap pH 7,0-7,5 jika pH lebih atau kurang maka pertumbuhan akan terlambat (Dhahiyat, 1974).

b Ketersediaan Nutrien Derajat keasaman (pH) air

Pada umumnya jenis tanaman gulma air tahan terhadap kandungan unsur hara yang tinggi. Sedangkan unsur N dan P sering kali merupakan faktor pembatas. Kandungan N dan P kebanyakan terdapat dalam air buangan domestik. Jika pada perairan kelebihan nutrisi ini maka akan terjadi proses eutrofikasi. Eceng gondok dapat hidup di lahan yang mempunyai derajat keasaman (pH) air 3,5 - 10. Agar pertumbuhan eceng gondok menjadi baik, pH air optimum berkisar antara 4,5 – 7.

Proses fotosintesis, respirasi, fisiologi, struktur fisik, dan laju pertumbuhan suatu tumbuhan ditentukan oleh intensitas cahaya matahari. Dengan bantuan cahaya matahari, pertumbuhan tanaman menjadi baik sehingga manusia dapat memanfaatkan tumbuhan tersebut dan memenuhi kebutuhan hidupnya, seperti tercantum dalam surat An-Nahl ayat 12 yang menerangkan bahwa matahari memang disediakan untuk kepentingan manusia:

وَسَخَّرَ لَكُمُ اللَّيْلَ وَالنَّهَارَ وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ وَالنُّجُومَ مُسَخَّرَاتٍ بِأَمْرِهِ ۗ

إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٢﴾

*Artinya: “Dan Dia menundukkan malam dan siang, matahari dan bulan untukmu. dan bintang-bintang itu ditundukkan (untukmu) dengan perintah-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memahaminya (Nya) (QS An- Nahl ayat 12.).*

Dalam *Tafsir Musayyar* ayat diatas ditafsirkan Allah yang Maha Esa yang telah menundukkan malam sebagai waktu tidur, dan siang untuk mencari nafkah, serta menjadikan matahari yang bersinar dan bulan yang bercahaya untuk mengetahui perhitungan tahun, bulan, hari, dan perhitungan lainnya. Dia juga menundukkan bintang-bintang di langit supaya kalian mengenali waktu dan petunjuk arah ketika dalam kegelapan, juga untuk mengetahui kapan masaknya buah-buahan.

Angelina (2007), cahaya merupakan sumber energi dalam fotosintesis. Tanpa cahaya, tumbuhan tidak akan mampu berfotosintesis dengan baik dan menyebabkan tumbuhan terganggu pertumbuhannya. Cahaya juga merupakan faktor penghambat pertumbuhan. Hormon auksin menjadi tidak aktif ketika ada cahaya. Hal ini menyebabkan tumbuhan yang ditanam di tempat terkena cahaya matahari menjadi lebih pendek dibandingkan tumbuhan yang ditanam di tempat gelap.

### 2.3.4 Manfaat Eceng Gondok

Menurut Noviana (2005), disebutkan bahwa tumbuhan air pada lahan basah mempunyai beberapa fungsi atau manfaat penting, seperti:

- a Konsolidasi substrat, akar tanaman memegang substrat bersama-sama dan meningkatkan waktu tinggal air
- b Stimulasi proses jasad renik-tanaman menyediakan tapak (*site*) untuk menempelnya mikroba, mengeluarkan oksigen dari akarnya, dan menyediakan sumber bahan organik untuk mikroba heterotrof
- c Habitat satwa liar, tanaman memasok pakan dan perlindungan bagi hewan
- d Estetika, lahan basah menjadi lebih indah bila ditanami eceng gondok
- e Akumulasi logam akar tanaman dapat bertindak sebagai permukaan serapan Fe dan logam-logam lain.
- f Selain itu, tanaman mempunyai fungsi ekologis, yakni penyimpan karbon (C) dan nitrogen (N), sehingga lahan basah mengurangi emisi C ke atmosfer.

### 2.4 Penyerapan Logam Berat Oleh Eceng Gondok Dalam Perairan Tercemar

Kemampuan eceng gondok banyak digunakan untuk mengolah air buangan, karena dengan aktivitas tanaman ini mampu mengolah air buangan domestik dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Eceng gondok dapat menurunkan kadar BOD, partikel suspensi secara biokimiawi (berlangsung agak lambat) dan mampu menyerap logam-logam berat seperti Cr, Pb, Hg, Cd, Cu, Fe, Mn, Zn



dengan baik, kemampuan menyerap logam persatuan berat kering eceng gondok lebih tinggi pada umur muda dari pada umur tua (Widianto, 1986).

Pitrawijaya (1992), menyatakan bahwa eceng gondok ini juga memiliki kemampuan sebagai bioakumulator yakni dapat menyerap anion atau kation yang terdapat di dalam air buangan serta dapat berkembang cukup cepat dan tahan hidup pada kondisi yang buruk. Dari berbagai penelitian dinyatakan, banyak jenis tumbuhan yang toleran terhadap limbah. Beberapa diantaranya bahkan menunjukkan kemampuan akumulasi logam yang tinggi pada jaringannya.

Untuk mengetahui efek toksikologis dari beberapa polutan kimia dalam lingkungan dapat diuji dengan menggunakan spesies yang mewakili lingkungan yang ada di perairan tersebut. Spesies yang diuji harus dipilih atas dasar kesamaan biokemis dan fisiologis dari spesies dimana hasil percobaan digunakan (Price, 1979).

Kriteria organisme yang cocok untuk digunakan sebagai uji hayati tergantung dari beberapa faktor :

- a. Organisme harus sensitif terhadap material beracun dan perubahan lingkungan
- b. Penyebarannya luas dan mudah didapat dalam jumlah yang banyak
- c. Mempunyai arti ekonomi, rekreasi dan kepentingan ekologi baik secara daerah maupun nasional
- d. Mudah dipelihara dalam laboratorium
- e. Mempunyai kondisi yang baik, bebas dari penyakit dan parasit
- f. Sesuai untuk kepentingan uji hayati

Eceng gondok mempunyai daya regenerasi yang cepat karena potongan potongan vegetatifnya yang terbawa arus akan terus berkembang menjadi eceng gondok dewasa. Eceng gondok sangat peka terhadap keadaan yang unsur haranya di dalam air kurang mencukupi, tetapi responnya terhadap kadar unsur hara yang tinggi juga besar. Proses regenerasi yang cepat dan toleransinya terhadap lingkungan yang cukup besar, menyebabkan eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai pengendali pencemaran lingkungan (Widianto, 1986).

Eceng gondok dapat tumbuh dengan sangat cepat. Hal ini berpengaruh terhadap penyerapan unsur hara, seperti nitrat ( $\text{NO}^3$ ) dan orthofosfat ( $\text{PO}^4$ ). Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dapat menyerap nitrogen secara langsung sebesar 5850 kg/ha per tahun dan dapat menyerap fosfor sebesar 350 – 1125 kg/ha per tahun. Hal ini dapat mengurangi konsentrasi kontaminan pada limbah perairan. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) dapat diterapkan pada limbah cair rumah potong ternak mampu menurunkan kadar TS (*Total Solid*) sebesar 23.92 %, COD 51,65%, BOD 67,44%, Amonia 58%, Nitrat 32,07%, P total 25,81% (Sumarno, 1990). Sistem lahan basah yang diterapkan pada limbah rumah tangga yang ditanami oleh makrofitia seperti *Eichhornia crassipes*, *Phragmites communis* dan *Typha latifolia*, dapat mereduksi kadar padatan tersuspensi, BOD (*Biological Oxygen Demand*), N total, dan P total hingga 92-99% (McEldowney *et al.*, 1993). Sistem lahan basah buatan yang diterapkan pada limbah rumah tangga dapat menurunkan nilai BOD5 dari 229,54 mg/L menjadi 28,86 mg/L, konsentrasi COD berkurang dari 460,82 mg/L menjadi 68,50 mg/L, efisiensi  $\text{NH}_4\text{-N}$  sebesar 90,54%

dari efisiensi PO<sub>4</sub>-P sebesar 68,50%. Sistem ini juga dapat mengurangi padatan dalam air (Juhaeti, 2005).

## **2.5 Mekanisme Penyerapan Logam Berat Oleh Tumbuhan Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)**

Sebagai alternatif pengolahan air yang dapat diterapkan untuk menurunkan kadar logam Pb dengan menggunakan proses bioremediasi sederhana. Bioremediasi merupakan pemanfaatan tumbuhan, mikroorganisme untuk meminimalisasi polutan, salah satunya bioremediasi pencemaran logam berat pada perairan yang tercemar menggunakan tumbuhan enceng gondok yang mampu tumbuh dan berkembang biak pada air kotor. Tumbuhan ini dipilih karena dapat digunakan sebagai sarana penanganan limbah cair, selain itu enceng gondok mempunyai kemampuan untuk menyerap logam-logam berat termasuk Pb dengan cara melakukan penyerapan melalui permukaan sel akar. Tumbuhan eceng gondok merupakan tumbuhan monokotil yang bersifat hiperakumulator yang akan mengakumulasi logam berat dalam jumlah yang lebih besar pada organ tumbuhan (Lubis, 2006).

Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut (Benny, 2011).

- a. Penyerapan oleh akar
- b. Translokasi di dalam tubuh tumbuhan
- c. Lokalisasi logam pada jaringan

Tingginya tingkat akumulasi logam berat dalam organ akar dan batang, merupakan salah satu mekanisme tumbuhan untuk menghadapi lingkungan toksik. Menurut Fitter (1991), ada 4 jenis mekanisme utama yang mungkin dilakukan tumbuhan untuk menghadapi lingkungan toksik, yaitu:

- a Penghindaran (*escape*) fenologis, apabila stress yang terjadi pada tanaman bersifat musiman, tanaman dapat menyesuaikan siklus hidupnya, sehingga tumbuh dalam musim yang cocok saja.
- b Eksklusi, tanaman dapat mengenal ion toksik dan mencegah agar tidak terambil sehingga tidak mengalami toksisitas
- c Penanggulangan (*ameliorasi*), tanaman mungkin mengabsorpsi ion tersebut, tetapi bertindak sedemikian rupa untuk meminimumkan pengaruhnya. Jenisnya meliputi pembentukan khelat (*chelation*), pengenceran, lokalisasi bahkan ekskresi
- d Toleransi, tanaman dapat mengembangkan sistem metabolis yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik yang potensial, mungkin dengan molekul enzim

Enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan salah satu tanaman yang mempunyai kemampuan sebagai biofilter. Dengan adanya mikrobia rhizosfera pada akar dan didukung oleh daya absorpsi serta akumulasi yang besar terhadap bahan pencemar tertentu, maka dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengendali pencemaran di perairan ( Marianto, 2001 ).

Bahan-bahan organik maupun anorganik termasuk logam berat khususnya Pb yang terlarut di dalam air dapat direduksi oleh mikrobia rhizosfera yang

terdapat pada akar eceng gondok dengan cara menyerapnya dari perairan dan sedimen kemudian mengakumulasikan bahan terlarut ini kedalam struktur tubuhnya ( Suriawiria, 1993 ). Akan tetapi jika kehadiran eceng gondok sudah melebihi ambang batas yang dapat ditolelir oleh lingkungan perairan, maka justru akan mencemari lingkungan tersebut.

## **2.6 Tinjauan Waduk Sengguruh**

Waduk Sengguruh terletak di Desa Sengguruh Kecamatan Kepanjen Kabupaten Malang, tepatnya 24 km di selatan Kota Malang. Pada pola pengelolaan sumber daya air yang disusun Balai Besar Wilayah Sungai Brantas tahun 2010, Waduk Sengguruh mempunyai fungsi dan manfaat sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) serta menjaga umur ekonomis Waduk Sutami.

Kondisi kualitas air maka perairan Waduk Sengguruh mengalami penurunan kualitas air, diprediksikan usia Waduk Sengguruh yang ada dikawasan Kepanjen, Kabupaten Malang diprediksi tinggal lima tahun lagi, sebab sedimentasi di Waduk Sengguruh yang menjadi filter pertama untuk Waduk Sutami, Karangates, di Sumber pucung, Kabupaten Malang ini sudah sangat parah. Jika kondisi ini dibiarkan bukan tidak mungkin bahwa beberapa tahun ke depan waduk ini sudah tidak mampu lagi melakukan fungsinya secara optimal. Sub-DAS yang mempengaruhi potensi air yang masuk Waduk Sengguruh adalah Sub-DAS Kali Brantas Hulu dan Sub-DAS Kali Lesti, keduanya bila di gabung adalah DAS Brantas Hulu. DAS Brantas Hulu memiliki volume potensi air

permukaan sebesar 1.526 m<sup>3</sup> milyar pertahun atau dengan debit rata – rata pertahun 48,405 m<sup>3</sup>/dt. Jenis tata guna lahan yang terdapat pada DAS Brantas Hulu adalah hutan, tegalan, sawah irigasi, perkebunan dan permukiman dengan persentase tertinggi adalah sawah irigasi dan perkebunan. Meningkatnya kebutuhan lahan yang sangat pesat menyebabkan banyak lahan yang tidak sesuai untuk tujuan pertanian yang diubah menjadi daerah pertanian tanpa melakukan konservasi tanah dan air dengan baik.

Perubahan tata guna lahan tersebut ditambah lagi perubahan iklim dunia yang semakin buruk, maka kedepan bisa memperparah potensi air permukaan yang terdapat di alam ini khususnya pada DAS Brantas Hulu. Dari data didapatkan bahwa volume air permukaan sulit untuk dipertahankan kuantitasnya, hal tersebut dapat diketahui dari data *Japan International Consultants Association* (JICA) pada akhir tahun 2005 bahwa untuk sisa tampungan Waduk Sengguruh kurang lebih sebesar 2,32 juta m<sup>3</sup> atau  $\pm 25\%$  dari total awal 21.5 juta m<sup>3</sup>