

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 بَيضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ ﴿٢٧﴾ وَمِنَ النَّاسِ وَالْدَّوَابِّ وَالْأَنْعَامِ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ كَذَلِكَ ۗ إِنَّمَا يَخْشَى اللَّهَ مِنْ عِبَادِهِ الْعُلَمَاءُ ۗ 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-hambanya, hanyalah ulama. Sesungguhnya Allah Maha Perkasa lagi Maha Pengampun” (28).
(Qs. Fathir:27-28)

Ditambahkan Lail (2008), air merupakan bahan yang sangat penting bagi kehidupan umat manusia dan fungsinya tidak pernah dapat digantikan oleh senyawa lain. Air berperan sebagai pembawa zat-zat makanan dan sisa-sisa metabolisme, sebagai media reaksi, serta fungsi penting lainnya.

Pencemaran perairan didefinisikan sebagai dampak negatif, pengaruh yang berbahaya terhadap kehidupan biota, sumberdaya 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).

Larangan berbuat kerusakan di muka bumi telah diterangkan dalam Al Qur'an surat Al Qashas ayat 77:

وَأَتَّبِعْ فِي مَآءِ آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ ۗ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا ۗ وَأَحْسِنَ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ ۗ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي الْأَرْضِ ۗ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ
 الْمُفْسِدِينَ ﴿٧٧﴾

Artinya: “Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan,”
 (Qs. Al Qashas:77).

Dalam ayat di atas, kata Al fasada mempunyai arti dasar kerusakan namun bila diartikan secara luas dapat juga diartikan sebagai tindakan yang menyalahi kaidah-kaidah yang ada dalam tatanan lingkungan hidup manusia. Akibatnya terjadi

pergeseran keseimbangan dalam tatanan lingkungan dari bentuk asal ke bentuk baru yang cenderung lebih buruk (Palar, 1994).

Sejumlah upaya telah dilakukan untuk menanggulangi luapan lumpur, diantaranya dengan membuat tanggul untuk membendung area genangan lumpur. Namun, jumlah lumpur yang terus bertambah setiap hari, telah merusak tanggul dan mengancam pemukiman di sekitarnya. Besarnya mudharat yang ditimbulkan karena adanya luapan lumpur ini, telah membuat pemerintah membuat kebijakan untuk menjadikan sungai Porong sebagai satu-satunya saluran pembuangan lumpur, meskipun keputusan ini juga berdampak besar pada kelestarian ekosistem sungai. Dasar dari keputusan ini juga telah disebutkan oleh Ad Kaeda dalam usul fiqh yang jika diterjemahkan berbunyi:

“Jika ada dua perkara yang merusak maka kita harus memilih yang lebih ringan bahayanya”

Menurut Pitrawijaya (1992), pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, 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 suatu baku mutu air tertentu (standar kualitas air). Untuk memperoleh gambaran yang nyata tentang karakteristik air baku, seringkali 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).

Karakteristik beserta parameter kualitas air bersih berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No 416/MENKES/PER/IX/1990, adalah sebagai berikut:

a. Jumlah zat padat tersuspensi *TSS (Total Suspended Solid)*

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih kecil dari pada molekul/ ion yang terlarut. Materi tersuspensi ini dapat digolongkan menjadi dua, yakni zat padat dan koloid. Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan materi ini dapat disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan (filter) air biasa.

Materi tersuspensi mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang dapat masuk ke dalam air. Oleh karenanya, manfaat air dapat berkurang, dan organisme yang butuh cahaya akan mati. Setiap kematian organisme akan menyebabkan terganggunya ekosistem akuatik. Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu dalam saluran, pendangkalan

cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dan bereaksi dengan air yang asin, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara dan proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta.

b. Kekeruhan

Kekeruhan air disebabkan oleh adanya zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun yang organik. Zat anorganik, biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan yang organik dapat berasal dari lapukan-lapukan tanaman atau hewan. Buangan industri dapat juga menyebabkan sumber kekeruhan. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung perkembangbiakannya. Bakteri ini juga merupakan zat tersuspensi, sehingga pertumbuhannya akan menambah pula kekeruhan air. Demikian pula dengan algae yang berkembang biak karena adanya zat hara N, P, K akan menambah kekeruhan air. Air yang keruh sulit didesinfeksi, karena mikroba terlindung oleh zat tersuspensi tersebut. Hal ini tentu berbahaya bagi kesehatan, bila mikroba itu patogen.

Sungai pada umumnya akan membawa zat-zat padat yang berasal dari erosi, penghancuran zat-zat organik, garam-garam mineral sesuai dengan jenis tanah yang dilalui. Dan pada sungai-sungai yang melalui daerah-daerah pemukiman yang padat akan mengalami pencemaran akibat buangan rumah tangga yang dapat mengakibatkan perubahan warna, peningkatan kekeruhan, rasa, bau dan lain-lain. Agar air permukaan dapat digunakan sebagai sumber air bersih perlu dilakukan pengolahan air untuk perbaikan kualitas fisika air bersih dapat dilakukan misalnya dengan penyaringan (filtrasi) (Slamet,1994).

Warna akibat suatu bahan terlarut atau tersuspensi dalam air, disamping adanya bahan pewarna tertentu yang kemungkinan mengandung logam berat. Warna air permukaan menunjukkan kualitasnya, yang dimaksud zat warna adalah senyawa yang dapat dipergunakan dalam bentuk larutan sehingga penampangnya berwarna. Warna perairan dapat dibedakan menjadi dua yaitu warna sesungguhnya (*true color*) dan warna tampak (*apparent color*). Warna yang disebabkan oleh warna organik yang mudah larut dan beberapa ion logam ini disebut warna sesungguhnya, jika air tersebut mengandung kekeruhan atau adanya bahan tersuspensi dan juga oleh penyebab warna sesungguhnya maka warna tersebut dikatakan warna tampak (Chatib, 1990).

Dalam Santanniello (1971), menyatakan bahwa industri-industri yang mengeluarkan warna adalah industri kertas dan pulp, tekstil, petrokimia dan kimia, air yang digunakan oleh masyarakat umum diijinkan dengan kriteria bahwa air tersebut mengandung tidak lebih dari 75 unit warna (Standar kobal-platinum), sedangkan yang disarankan tidak lebih dari 10 warna. Hal ini penting mengingat zat-zat warna banyak mengandung logam-logam berat yang bersifat toksik. Disamping bersifat toksik, fotosintesis juga terhambat di perairan yang mengandung 50 warna.

2.3 Logam Berat

Menurut Raskin (1994), logam berat dideskripsikan sebagai logam yang mempunyai ciri khas (konduktivitas, kerapatan, stabilitas sebagai kation, dan spesifikasi ligan) tersendiri, 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:19)

Ditambahkan Hutagulung dan Razak (1982), 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 ke dalam 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. Manifestasi dari keracunan logam berat adalah diare denan, 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 (Tewari et al, 1987).

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 Cadmium (Cd)

Cadmium merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi. Cadmium murni berupa logam berwarna putih perak dan lunak, namun bentuk ini tak lazim ditemukan di lingkungan. Umumnya cadmium terdapat dalam kombinasi dengan elemen lain seperti Oksigen (Cadmium Oxide), Klorin (Cadmium Chloride) atau belerang (Cadmium Sulfide). Kebanyakan Cadmium (Cd) merupakan produk samping dari pengecoran seng, timah atau tembaga cadmium yang banyak digunakan berbagai industri, terutama plating logam, pigmen, baterai dan plastik. Cadmium dalam air laut berbentuk senyawa klorida (CdCl_2), sedangkan dalam air tawar berbentuk karbonat (CdCO_3). Pada air payau yang biasanya terdapat di muara sungai kedua senyawa tersebut jumlahnya seimbang (Achmad, 2004).

Cadmium dalam air berasal dari pembuangan industri dan limbah pertambangan. Logam ini sering digunakan sebagai pigmen pada keramik, dalam penyepuhan listrik, pada pembuatan alloy, dan baterai alkali. Keracunan cadmium dapat bersifat akut dan kronis. Efek keracunan yang dapat ditimbulkannya berupa penyakit paru-paru, hati, tekanan darah tinggi, gangguan pada sistem ginjal dan kelenjer pencernaan serta mengakibatkan kerapuhan pada tulang (Saeni, 1997). Cadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini

beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. Cadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal. Cadmium lebih mudah diakumulasi oleh tanaman dibandingkan dengan ion logam berat lainnya seperti timbal. Logam berat ini bergabung bersama timbal dan merkuri sebagai *the big three heavy metal* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi pada kesehatan manusia. Menurut badan dunia FAO/WHO, konsumsi per minggu yang ditoleransikan bagi manusia adalah 400-500 g per orang atau 7 g per kg berat badan.

Logam ini masuk ke dalam tubuh organisme hidup bersama makanan yang dikonsumsi dan telah terkontaminasi oleh logam cadmium dan atau persenyawaannya. Dalam tubuh biota perairan jumlah logam yang terakumulasi akan terus mengalami peningkatan dengan adanya proses biomagnifikasi di badan perairan (Palar, 1994).

2.2.2 Plumbum atau timah hitam (Pb)

Timbal (Pb) secara alami terdapat sebagai sulfida, timbal karbinat, timbal sulfat, dan timbal Klorosfosfat (Faus dan Aly, 1981). Kandungan timbal dalam beberapa batuan kerak bumi sangat beragam. Batuan eruptif seperti granit dan riolit memiliki kandungan timbal kurang lebih 200 ppm, sedangkan kandungan rata-rata dalam batu pasir dan batu kapur antara 7-10 ppm (Aubert dan Pinta, 1981).

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 dan bobot 207,2. 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).

Menurut Faus dan Aly (1981), timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena sifatnya yaitu:

1. Timbal mempunyai titik cair yang rendah sehingga jika digunakan dalam bentuk cair dibutuhkan tehnik sederhana dan tidak mahal
2. Timbal merupakan logam yang lunak sehingga mudah dibentuk
3. Sifat kimia timbal dapat berfungsi sebagai pelindung jika kontak dengan udara lembab

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).

2.3 Dampak Cadmium (Cd) dan Plumbum (Pb) Terhadap Morfologi dan Fisiologi Tumbuhan

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 (Wedlling *et al*, 1977 dalam Flanagan *et al*.1980).

Penelitian Sembiring dan Sulistyawati (2006), menunjukkan terjadi penurunan kadar klorofil pada daun *Swietenia macrophylla* yang terjadi bersamaan dengan peningkatan kadar Pb. Perubahan kandungan klorofil akibat meningkatnya konsentrasi Pb terkait dengan rusaknya struktur kloroplas. Pembentukan struktur kloroplas sangat dipengaruhi oleh nutrisi mineral seperti Mg dan Fe. Masuknya logam berat secara berlebihan dalam tumbuhan, misalnya logam berat Pb akan mengurangi asupan Mg dan Fe sehingga menyebabkan perubahan pada volume dan jumlah kloroplas (Kovacs, 1992).

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.

Menurut Kozlowski *et al* (1991) dalam Siregar (2005) kebanyakan pencemaran udara menyebabkan kerusakan dan perubahan fisiologi tanaman yang kemudian diekspresikan dalam gangguan pertumbuhan. Konsentrasi Pb di udara bervariasi dan berfluktuasi tergantung dari kondisi cuaca dan iklim setempat. Adanya awan dan hujan dapat berfungsi membersihkan udara, namun peningkatan kadar logam berat yang terlarut dalam air hujan mengindikasikan kemungkinan terjadinya polusi logam berat pada tanaman melalui larutan tersebut

Cadmium merupakan elemen yang berbahaya bagi tumbuhan dan hewan karena bersifat racun meskipun dalam konsentrasi rendah. Berdasarkan penelitian Yang, dkk (1986), umumnya cadmium berefek negatif dalam metabolisme yang melibatkan kerja enzim. Berdasarkan hasil beberapa penelitian lain cadmium dapat menghambat pertumbuhan benih, perkembangan akar dan organ tumbuhan, dan menyebabkan mutasi kloroplas pada konsentrasi yang sangat tinggi, selain itu cadmium juga menyebabkan berkurangnya indeks mitosis sel akar tumbuhan.

Beberapa penelitian cadmium dalam Kiran dan Sahin (2006), melaporkan cadmium menyebabkan abnormalitas kromosom dan formasi mikronukleus, ketidakaturan struktur nukleus, dan abnormalitas sintesis DNA dan RNA. Semua data menunjukkan bahwa cadmium menghambat pertumbuhan normal tumbuhan. Selain itu juga menyebabkan gangguan potensi genetik hasil pertanian. Berkurangnya produksi biomassa karena keracunan cadmium berhubungan langsung dengan

berkurangnya sintesis klorofil dan fotosintesis. Beberapa penelitian menunjukkan pengurangan laju fotosintesis untuk tumbuhan yang berbeda karena perlakuan dengan cadmium. Konsentrasi cadmium yang tinggi pada media tumbuh, menghambat pertumbuhan sayuran, dan mengganggu beberapa kerja enzim, serta reaksi fotokimia.

Penelitian Dong, dkk (2005), menunjukkan bahwa perlakuan dengan cadmium telah mengurangi jumlah daun, luas daun, berat basah tumbuhan dan membahayakan formasi jaringan, serta mengurangi panjang akar tumbuhan. Pada konsentrasi 1 and 10 $\mu\text{mol/L}$, cadmium telah mengurangi berat basah tumbuhan sampai 46,4%, mengurangi panjang akar sampai 41% dan volume akar sampai 63,7%. Cadmium juga berpengaruh pada laju fotosintesis sebesar 62% dan konsentrasi CO_2 .

2.4 Tinjauan Tentang Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

2.4.1 Klasifikasi dan Morfologi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Menurut sistem klasifikasi Cronquist dalam Dasuki (1991), tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) termasuk:

Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledoneae
Suku	: Pontederiaceae
Marga	: Eichhornia
Spesies	: <i>Eichhornia crassipes</i> Solms

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.



**Gambar 2.1. Tumbuhan eceng gondok
(Rudy, 2003)**

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 O₂ dari proses fotosintesis. Oksigen hasil dari fotosintesis ini digunakan untuk respirasi tumbuhan di malam hari dengan menghasilkan CO₂ yang akan terlepas ke dalam air (Pandey, 1980).

c) Batang

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

d) Bunga

Eceng gondok berbunga bertangkai dengan warna mahkota lembayung muda. Berbunga majemuk dengan jumlah 6 - 35 berbentuk karangan bunga bulir dengan putik tunggal.

Eceng gondok juga memiliki ciri-ciri morfologi sebagai berikut, eceng gondok merupakan tumbuhan perennial yang hidup dalam perairan terbuka, yang mengapung bila air dalam dan berakar didasar bila air dangkal. Perkembangbiakan eceng gondok terjadi secara vegetatif maupun secara generatif, perkembangan secara vegetatif terjadi bila tunas baru tumbuh dari ketiak daun, lalu membesar dan akhirnya menjadi tumbuhan baru.

2.4.2 Ciri-ciri Fisiologis Eceng 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 kwantitas 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_2 dan H_2O dan 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 (Sastroutomo, 1991).

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 ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) diubah menjadi zat-zat sederhana yang disertai dengan pelepasan energi (Tjitrosomo, 1983).

2.4.3 Syarat Tumbuh Eceng Gondok

Setiap 10 tanaman eceng gondok mampu berkembang biak menjadi 600.000 tanaman baru dalam waktu 8 bulan, hal inilah 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 :

1. 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).

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:12).

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. 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.

2.4.4 Manfaat Eceng Gondok

Menurut Moenandir (1990), eceng gondok banyak menimbulkan masalah pencemaran sungai dan waduk, tetapi mempunyai manfaat sebagai berikut :

- a. Mempunyai sifat biologis sebagai penyaring air yang tercemar oleh berbagai bahan kimia buatan industri.
- b. Sebagai bahan penutup tanah dan kompos dalam kegiatan pertanian dan perkebunan.
- c. Sebagai sumber gas yang antara lain berupa gas ammonium sulfat, gas hidrogen, nitrogen dan metan yang dapat diperoleh dengan cara fermentasi.
- d. Bahan baku pupuk tanaman yang mengandung unsur NPK yang merupakan tiga unsur utama yang dibutuhkan tanaman.
- e. Sebagai bahan industri kertas dan papan buatan.
- f. Sebagai bahan baku karbon aktif.

Dalam Skousen *et al* (1996) disebutkan bahwa tumbuhan air pada lahan basah mempunyai beberapa fungsi atau manfaat penting, seperti

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

2.4.5 Peran Eceng Gondok Sebagai Biomonitor Bahan Pencemar Dalam Perairan

Tanaman bioindikator atau biomonitor umumnya adalah tanaman yang dalam suatu ekosistem berinteraksi dengan lingkungan dan menunjukkan perubahan pada morfologi, anatomi, biokimia maupun fisiologi. Perubahan yang terlihat dapat berupa nekrosis, perubahan bentuk daun, atau yang dapat secara cepat terlihat dan terukur tanpa mendeteksi keberadaan polutan di dalam jaringan tanaman. Dari perubahan

yang diperlihatkan, tanaman bioindikator dapat digunakan untuk memastikan adanya bahan pencemar di lingkungan tersebut (Juhaeti dan Syarif, 2003).

Lingkungan dengan kandungan logam berat, khususnya Zn, Pb, Ni, Co, Cr, Cu, Mr, Mg, Cd, Se bersifat toksik untuk kebanyakan tumbuhan. Kontaminasi logam berat juga terjadi di daerah industri, baik yang berbentuk debu ataupun garam dalam perairan di daerah industri tersebut. Kebanyakan tumbuhan sensitif terhadap logam berat dan dapat mempengaruhi membukanya stomata, turunnya fotosintesis, terganggunya respirasi dan akhirnya pertumbuhan terhambat. Sebagian besar logam berat ini merupakan deposit (zat yang terakumulasi) di dinding sel-sel perakaran dan daun. Beberapa tumbuhan metalofit (penyerap logam berat) dapat digunakan sebagai indikator untuk suatu deposit dekat dengan permukaan tanah, sehingga cocok untuk ditanam di daerah pertambangan atau industri. *Cardaminopsis halleri*, *Silene vulgaris*, *Agrotis tenuis*, *Minuartia verna*, *Eichornia crassipes*, *Astragalus racemosus*, *Thlaspi alpestre* merupakan tumbuhan metafolit logam berat (Hidayat dan Saefudin, 2003).

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 :

1. Organisme harus sensitif terhadap material beracun dan perubahan lingkungan
2. Penyebarannya luas dan mudah didapat dalam jumlah yang banyak
3. Mempunyai arti ekonomi, rekreasi dan kepentingan ekologi baik secara daerah maupun nasional
4. Mudah dipelihara dalam laboratorium
5. Mempunyai kondisi yang baik, bebas dari penyakit dan parasit
6. Sesuai untuk kepentingan uji hayati

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).

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).

Menurut Price (1979), tanaman tertentu yang bekerjasama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air) dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. Hal ini sesuai dengan Al Qur'an yang telah menjelaskan dalam surat Ali Imron ayat 191, bahwa semua makhluk di muka bumi ini, diciptakan dengan manfaat khusus dan bukanlah sesuatu yang sia-sia:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ
وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya: "(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. Ali Imron:191).

Proses dalam sistem ini berlangsung secara alami dengan enam tahap proses secara serial yang dilakukan tumbuhan terhadap zat kontaminan atau pencemar yang berada di sekitarnya, yaitu:

1. *Phytoaccumulation (phytoextraction)*

Proses tumbuhan menarik zat kontaminan dari media sehingga terakumulasi di sekitar akar tumbuhan.

2. *Rhizofiltration (rhizo: akar)*

Proses adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan oleh akar untuk menempel pada akar. Proses ini telah dibuktikan dengan percobaan menanam bunga matahari pada kolam mengandung zat radio aktif di Chernobyl Ukraina.

3. *Phytostabilization*

Penempelan zat-zat kontaminan tertentu pada akar yang tidak mungkin terserap ke dalam batang tumbuhan. Zat-zat tersebut menempel erat (stabil) pada akar sehingga tidak akan terbawa oleh aliran air dalam media.

4. *Rhizodegradation* disebut juga *enhanced rhizosphere biodegradation*

Penguraian zat-zat kontaminan oleh aktivitas mikroba yang berada disekitar akar tumbuhan, misalnya ragi, fungi dan bakteri.

5. *Phytodegradation (phytotransformation)*

Proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan zat kontaminan yang mempunyai rantai molekul yang kompleks menjadi bahan yang tidak berbahaya dengan susunan molekul yang lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu sendiri. Proses ini dapat berlangsung pada daun, batang, akar atau di luar sekitar akar dengan bantuan enzim yang dikeluarkan oleh tumbuhan itu sendiri. Beberapa tumbuhan mengeluarkan enzim berupa bahan kimia yang mempercepat proses degradasi

6. *Phytovolatilization*

Proses menarik dan transpirasi zat kontaminan oleh tumbuhan dalam bentuk yang telah menjadi larutan terurai sebagai bahan yang tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya di uapkan ke atmosfer. Beberapa tumbuhan dapat menguapkan air 200 sampai dengan 1000 liter perhari untuk setiap batang

Sel-sel akar tanaman umumnya mengandung ion dengan konsentrasi yang lebih tinggi dari pada medium sekitarnya yang biasanya bermuatan negatif. Penyerapan ini melibatkan energi, sebagai konsekuensi dan keberadaannya, kation memperlihatkan

adanya kemampuan masuk ke dalam sel secara pasif ke dalam gradient elektrokimia, sedangkan anion harus diangkut secara aktif ke dalam sel akar tanaman sesuai dengan keadaan gradient konsentrasi melawan gradient elektrokimia (Salt, 2000).

Di dalam akar, tanaman biasa melakukan perubahan pH kemudian membentuk suatu zat khelat yang disebut fitosiderofor. Zat inilah yang kemudian mengikat logam kemudian dibawa ke dalam sel akar. Agar penyerapan logam meningkat, maka tumbuhan ini membentuk molekul rediktase di membran akar. Sedangkan model tranportasi di dalam tubuh tumbuhan adalah logam yang dibawa masuk ke sel akar kemudian ke jaringan pengangkut yaitu xylem dan floem, ke bagian tumbuhan lain. Sedangkan lokalisasi logam pada jaringan bertujuan untuk mencegah keracunan logam terhadap sel, maka tanaman akan melakukan detoksifikasi, misalnya menimbun logam ke dalam organ tertentu seperti akar (Salt, 2000).

Dalam pengambilan ion ada dua hal penting, yaitu pertama, energi metabolik yang diperlukan dalam penyerapan unsur hara sehingga apabila respirasi akan dibatasi maka pengambilan unsur hara sebenarnya sedikit. Kedua, proses pengambilan bersifat selektif, tanaman mempunyai kemampuan menyeleksi penyerapan ion tertentu pada kondisi lingkungan yang luas (Salt, 2000).

Tanaman dapat memperluas daerah perakaran menuju ke daerah yang terkena polutan (EPA, 2000). Beberapa bahan kimia dimineralisasi oleh tanaman dengan bantuan air dan CO₂. Tanaman mengeluarkan sekret sebesar 10 – 20% dari hasil fotosintesis melalui eksudat akar. Hal ini dapat membantu proses pertumbuhan dan metabolisme mikroba maupun fungi yang hidup disekitar rizosfer. Beberapa senyawa organik yang dikeluarkan melalui eksudat akar (misalnya phenolik, asam organik,

alkohol, protein) dapat menjadi sumber karbon dan nitrogen sebagai sumber pertumbuhan mikroba yang dapat membantu proses degradasi senyawa organik. Sekret berupa senyawa organik dapat membantu pertumbuhan dan meningkatkan aktivitas mikroba rhizosfer (Salt, 1998).

Tumbuhan eceng gondok merupakan jenis tumbuhan air yang mampu menyerap bahan pencemar seperti logam Cu dan Zn dan mengakumulasi logam pada organ akar, batang dan daun. Tumbuhan eceng gondok mempunyai potensi sebagai agensia pembersih perairan dari limbah logam dan menurunkan tingkat toksisitas bahan pencemar yang terdapat di dalam limbah tersebut. Kemampuan Eceng gondok untuk menyerap logam disebabkan eceng gondok mempunyai akar yang bercabang-cabang halus yang berfungsi sebagai alat untuk menyerap senyawa logam, sehingga toksisitas logam yang terlarut semakin berkurang (Kirkby dan Mengel, 1987).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Suwondo, dkk (2005) dapat diketahui bahwa akar eceng gondok dapat menyerap logam berat yaitu Cu dan Zn serta mengakumulasinya dalam organ tumbuhan yang lain yaitu batang dan daun eceng gondok. Akar berfungsi sebagai organ penyerap dan penyalur unsur hara ke bagian yang lain. Sesuai dengan fungsinya, maka akar akan banyak menyerap unsur hara sehingga akumulasi logam akan lebih tinggi di akar dibandingkan dengan organ tumbuhan yang lain.

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, misalnya *Ipomoea* sp. yang mampu menyerap plumbum (Pb) hingga 44,00 ppm, sianida (Cn) hingga 35,70 ppm dan Cd 1,4 ppm, serta *Micania cordata* yang mampu menyerap hingga 11,65 ppm Pb dan 3,66 ppm Cn. *Azolla* yang tumbuh pada air limbah mengandung 94 ppm Pb; sedangkan genjer dan eceng gondok masing-masing mengandung 167 dan 196 ppm (Juhaeti dan Syarif, 2003).

Eceng gondok dapat tumbuh dengan sangat cepat. Hal ini berpengaruh terhadap penyerapan unsur hara, seperti nitrat (NO_3) dan orthofosfat (PO_4^{3-}). *Eichhornia crassipes* (Mart). Solms 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 atau *Eichhornia crassipes* (Mart). Solms 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 makrofit seperti *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, *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

PO4-P sebesar 68,50%. Sistem ini juga dapat mengurangi padatan dalam air (Juhaeti, 2005).

2.5 Tinjauan tentang Sungai Porong

Pembuangan lumpur ke sungai Porong akan mengancam kualitas perikanan di Pesisir Porong. Berdasarkan kebijakan pemerintah, Lapindo Brantas Inc, telah mengabaikan faktor lingkungan dan memakai skenario yang paling sedikit mengeluarkan biaya, dengan membuang lumpur langsung ke sungai maka LBI tidak mengeluarkan biaya untuk perlakuan air lumpur. Padahal air lumpur menebar potensi degradasi kualitas air di Perairan, dampaknya adalah kematian biota air tawar yang rentan terhadap perubahan kualitas perairan(Diposaptono, 2006).

Menurut Diposaptono (2006), pembuangan lumpur ke sungai sangat membahayakan kelestarian ekosistem dan bahkan akan memperluas wilayah yang terkena dampak luapan lumpur. Berikut adalah dampak lingkungan yang mungkin akan timbul jika lumpur dibuang ke sungai Porong :

1. Karakter lumpur yang mengandung zat berbahaya seperti logam berat, akan membunuh tumbuhan dan hewan di sepanjang alirannya hingga ke muara Kali Porong. Pembuangan lumpur ke Kali Porong akan menyebabkan perubahan kualitas air yang sangat ekstrim pada air sungai. Ikan air tawar dan serangga air juga tidak dapat bertahan hidup pada perairan dengan perubahan yang ekstrim, sehingga akan terjadi kepunahan biota sungai yang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan rantai makanan ekosistem sungai dan menjaga kelestarian fungsi sungai.

2. Menurunkan kandungan Oksigen Terlarut dalam air dan meningkatkan peningkatan bahan terlarut. Peningkatan salinitas dan terlarutnya bahan pencemar dari daratan yang tergenang luapan lumpur dapat meningkatkan nilai *Total Dissolved Solid* (TDS) dan *Dissolved Oxygen* (DO) di Kali Porong dan menurunkan kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*) yang berperan penting bagi kehidupan biota dan proses penguraian bahan pencemar organik di perairan. Hasil pemantauan parameter DO dan TDS Kali Porong menunjukkan terjadinya penurunan DO akibat pembuangan air lumpur Lapindo ke Kali Porong dan meningkatnya nilai TDS.

Perubahan salinitas dan DO mempengaruhi kehidupan biota perairan, termasuk komunitas makroinvertebrata benthos (biota perairan yang tidak bertulang belakang yang hidup di dasar sungai, berukuran > 1 mm). Hasil pemantauan menunjukkan adanya perbedaan komposisi jenis hewan yang menyusun komunitas makroinvertebrata sungai Porong pada lokasi sebelum dan sesudah pipa pembuangan. Komposisi jenis makroinvertebrata yang mendiami perairan dipengaruhi oleh kualitas air yang ditempati oleh makroinvertebrata. Makroinvertebrata sungai Porong sebelum pipa pembuangan didominasi oleh serangga dari Ordo Hemiptera seperti *Micronecta* sp dan remis (*Corbicula javanica*) dan beberapa jenis keong (Gastropoda), sedangkan pada perairan setelah pipa pembuangan tidak ditemukan serangga Hemiptera, dan hanya ditemukan kelompok kerang-kerangan dan keong (Gastropoda) (Diposaptono, 2006).

Manusia diciptakan oleh Allah sebagai kholifah di muka bumi, yang di anjurkan untuk memakmurkan (melestarikan) bumi Allah. Dengan upaya ini spesies tumbuh-tumbuhan dan hewan tidak punah serta bisa menjaga kemakmuran bumi, sehingga manusia dianjurkan untuk mencegah kerusakan di permukaan bumi. Sebagaimana firman Allah dalam surat Al-A'raf ayat 56 sebagai berikut:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya: “Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (Tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik” (QS.Al-A'raf : 56)

Ayat diatas menyatakan bahwa Allah Swt melarang manusia merusak bahkan memusnahkan sumber daya hayati yang ada. Karena sesungguhnya alam raya telah diciptakan Allah dalam keadaan harmonis, serasi dan memenuhi kebutuhan makhluk. Allah telah menjadikannya baik bahkan memerintahkan hamba-hamba-Nya untuk memperbaikinya. Salah satu upaya manusia dalam menjaga sumber daya hayati yang ada di bumi dengan cara pelestarian plasma nutfah, diantaranya berupa benih. Invigorasi benih merupakan upaya dalam melestarikan tumbuhan sehingga bisa dimanfaatkan bagi kehidupan dimuka bumi

Pemantau Ecoton melaporkan pada 5 November 2006 sudah tidak ditemukan tanda-tanda kehidupan serangga di sungai Porong. Coenagrion, Libellulidae, Micronecta dan Parathepalsa yang umum dijumpai kini menghilang. Perubahan

komunitas biota air, Perubahan salinitas, dan DO mempengaruhi kehidupan biota perairan. Kondisi air sungai Porong yang keruh dan menimbulkan bau sulfat membuat tanaman air yang ada di permukaan seperti enceng gondok (*Eichornia crassipes*), ganggang *Hydrilla verticillata* dan Selada air (*Pistia stratiotes*) mengalami gangguan. Ciri fisik yang ditunjukkan oleh tanaman ini adalah daun yang kekuningan seperti kering terbakar, akar mengering dan jarang (mudah rontok). Padahal di perairan tanaman air inilah beragam jenis serangga dan Dekapoda hidup termasuk komunitas makroinvertebrata benthos (biota perairan yang tidak bertulang belakang yang hidup di dasar sungai, berukuran > 1 mm) (Djajadiningrat, 2006).