

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. 02/MENKLH/1988 dalam Kristanto (2002), yang dimaksud dengan pencemaran adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat energi dan atau komponen lain ke dalam air atau udara, dan atau berubahnya komposisi air/udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara/air menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Menurut Effendi (2003), sumber pencemar (polutan) berasal dari suatu lokasi tertentu (*point source*) atau tak tentu/tersebar (*non-point diffuse source*). Sumber pencemar *point source* misalnya knalpot mobil, cerobong asap pabrik dan saluran limbah industri. Sumber pencemar *non-point source* dalam jumlah yang banyak. Misalnya: limpasan dari daerah pertanian yang mengandung pestisida dan pupuk, limpasan dari daerah pemukiman (domestik) dan limpasan dari daerah perkotaan. Beberapa pencemaran lingkungan dapat disebabkan oleh logam berat toksik yang muncul akibat peningkatan aktivitas manusia, industri yang pesat dan limbah yang berasal dari pertanian (Sheehan, 1997).

Air sering tercemar oleh komponen-komponen organik, diantaranya berbagai logam berat yang berbahaya. Beberapa logam berat tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan. Industri-industri logam berat tersebut seharusnya mendapat pengawasan yang ketat sehingga tidak membahayakan bagi pekerja-pekerjanya maupun lingkungan di sekitarnya (Fardiaz, 1992). Menurut Notodarmojo (2005), pencemaran air perlu dibatasi untuk menjaga agar lingkungan tetap bertahan. Teknologi absorpsi telah berkembang dan terus menerus dikembangkan untuk menjawab tantangan tersebut. Salah satu proses mentralkan lingkungan tercemar dengan menggunakan tumbuhan telah dikenal

luas, yaitu bio adsorben (Mangkoediharjo, 2005). Lingkungan yang telah tercemar oleh logam berat dapat dipulihkan secara kimia dan biologi. Salah satu pemulihan lingkungan yang tercemar logam berat secara biologi yaitu dengan menggunakan tanaman air Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*)

2.2 Tanaman Air

2.2.1 Kiambang (*Salvinia molesta*)

Menurut Safitri (2009), klasifikasi kiambang adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Pteridophyta
Kelas	: Pteridopsida
Ordo	: Salviniiales
Famili	: Salviniaceae
Genus	: <i>Salvinia</i>
Spesies	: <i>Salvinia molesta</i> D. mitch



Gambar 1. Kiambang (*Salvinia molesta*)

(sumber : http://en.academic.ru/pictures/enwiki/83/Salvinia_molesta.jpg)

Salvinia molesta termasuk tumbuhan air yang hidup mengapung. Daunnya terdiri dari 3 bagian, yaitu 2 bagian terapung yang berfungsi sebagai daun dan 1 bagian menggantung dalam air berbentuk serabut seperti akar. Pangkal daun berbentuk jantung, panjang dan lebar daun antara 1-2 cm dengan rambut-rambut pada permukaannya (Safitri, 2009). Menurut Cook *et al.*, (1974), batang dari *Salvinia* mengapung, cabangnya tidak beraturan. Daun yang mengapung melakukan proses fotosintesis sedangkan daun yang terendam tidak melakukan proses fotosintesis. Kotak spora terdapat pada segmen yang berkembang di daun yang terendam. Megasporangial yang berkembang terlebih dulu, menghasilkan hingga beberapa 25 megasporangia yang berisi 1 megaspora, mikrosporangial yang berkembang setelahnya, memproduksi sejumlah mikrosporangia yang biasanya berisi 64 mikrospora. Protali berkembang di dalam spora yang terendam. Perkembangbiakan *Salvinia molesta* dapat terjadi pada saat terputusnya tunas-tunas lateral yang terpisah dari induknya dan menjadi tumbuhan baru dengan cepat (Moenandir, 2010).

2.2.2 Kayu apu (*Pistia stratiotes*)

Menurut Marianto (2002), klasifikasi Kayu apu adalah sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Liliopsida (berkeping satu / monokotil)
Sub Kelas	: Arecidae
Ordo	: Arales
Famili	: <u>Araceae</u>
Genus	: Pistee
Spesies	: <i>Pistia stratiotes</i> L.



Gambar 2 Kayu apu (*Pistia stratiotes*)

(sumber : <http://ridiah.files.wordpress.com/2010/10/pistia.html>)

Menurut Emir *et al.*, (2000), karena kemiripannya dengan *lettuce*, tanaman air ini dijuluki *water lettuce* atau di Indonesia disebut kayu apu. Bentuknya memang unik, menyerupai kol yang mengapung di permukaan air. Keluarga Araceae ini berasal dari sebelah barat Afrika, dan banyak tumbuh di sungai Nil. Termasuk jenis *floating plant* yang banyak ditanam sebagai penyemarak bagian tengah kolam atau sebagai *cover ground*. Daunnya hijau terang muncul bergelombang dari akarnya, mirip kelopak bunga mawar. Bila tempat tumbuhnya cocok, garis tengah Kayu apu bisa mencapai 15-20 cm. Menurut Marianto (2002), Kayu apu memiliki akar yang menyerupai rambut tumbuh menggantung tepat di bawah roset daunnya. Cara perbanyak kol air ini sangat mudah, tinggal memotong batang kecilnya yang menjalar (stolon) yang sudah ditumbuhi roset baru. Apungkan potongan tersebut dalam air, tanaman baru pun akan tumbuh dengan sendirinya.

Menurut Nuriasmita (2012), tumbuhan *Pistia stratiotes* diketahui berasal dari Afrika selatan dan Amerika selatan. Namun tumbuhan tersebut ditemukan juga hampir diseluruh negara beriklim tropis. Hal ini disebabkan karena Kayu apu atau yang lebih dikenal dengan *water lettuce* ini bisa bertahan dikondisi

lingkungan yang kotor dan basah karena mempunyai kemampuan akumulasi senyawa logam di dalam sistem perakarannya.

Menurut Rahmatullah (2008) dalam Ginting (2012), menyebutkan bahwa faktor lingkungan yang menjadi syarat untuk pertumbuhan Kayu apu adalah:

a. Ketersediaan air

Ketersediaan air harus menjamin dan mencukupi selama pertumbuhan Kayu apu, karena Kayu apu merupakan tumbuhan air yang tumbuh dan berkembang di atas permukaan air. Ketinggian air minimum 3-5 cm agar laju pertumbuhan, akumulasi dan konsentrasi N Kayu apu meningkat. Hidup pada daerah tropis dan pada air tawar yang menggenang atau mengalir lambat.

b. Unsur hara

Unsur hara sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan Kayu apu, terutama unsur C,H,O,N,S,Ca,K,Mg, dan Fe.

c. Derajat keasaman (pH air)

Kayu apu dapat hidup di lahan yang mempunyai pH air 3,5-10 agar pertumbuhan Kayu apu menjadi baik. pH optimum berkisar antara 4,5-7.

d. Cahaya

Intensitas cahaya dapat mempengaruhi pertumbuhan Kayu apu. Apabila cahaya matahari terhalang maka pertumbuhan Kayu apu akan terhambat.

e. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor lingkungan penting bagi pertumbuhan Kayu apu, suhu optimum berkisar 20-30°C.

f. Kelembaban

Kelembaban relatif optimum yang dikehendaki untuk pertumbuhan Kayu apu antara 80%-90%. Kelembaban relatif di bawah 60% dapat menyebabkan daun Kayu apu mengering.

g. Angin

Populasi Kayu apu yang tumbuh di atas air akan mudah terdorong oleh angin yang keras dan berkumpul di ruang tertentu. Akibatnya Kayu apu menjadi padat. Hal ini dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangannya

2.3 Habitat *Salvinia molesta* dan *Pistia stratiotes*

Habitat dari *Salvinia molesta* adalah perairan tenang seperti danau, kolam, parit, sungai yang berarus lambat, rawa-rawa dan sawah (Flores dan Wendel, 2001). Menurut Soerjani *et al.*, (1987) dalam Laela (2002), *Salvinia molesta* hidup pada genangan air atau air dangkal dengan aliran lambat, kolam, danau, air payau, saluran irigasi dan sawah, kadang-kadang sangat banyak dan menutupi permukaan air yang lambat. *Salvinia* dapat dijumpai mulai dari dataran rendah sampai ketinggian 1800 m di permukaan laut, di Indonesia banyak terdapat di Pulau Sumatera, Jawa dan Kalimantan.

Menurut Backer (1968), tumbuhan hijau Kayu apu ini dapat menjadi hama serius di daerah tropis. Tumbuhan ini di daerah Kalimantan Selatan sering tidak digubris oleh orang karena tumbuhnya yang biasanya di sawah, rawa-rawa, selokan dan kolam. Tumbuhan ini sering dianggap sebagai tumbuhan pengganggu atau gulma yang perlu dibasmi. Parameter kualitas air pendukung perkembangannya antara lain suhu, pH, oksigen terlarut, karbondioksida dan alkalinitas.

2.3.1. Suhu

Menurut Nxawe *et al.*, (2010), suhu air dapat mempengaruhi proses fisiologis selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Suhu di bawah atau di atas tingkat optimal dapat mempengaruhi aktivitas metabolisme tumbuhan.

Selain itu, peningkatan suhu di atas optimum juga dapat meningkatkan aktivitas enzim. Menurut Tirta (2012), ada beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman, seperti faktor lingkungan, antara lain sinar matahari, kelembaban dan suhu serta pemeliharaan seperti : pemupukan, penyiraman serta pengendalian hama dan penyakit.

Menurut Fardiaz (1992), kenaikan suhu air akan menimbulkan beberapa akibat sebagai berikut:

1. Jumlah oksigen terlarut di dalam air menurun.
2. Kecepatan reaksi kimia meningkat.
3. Kehidupan biota akan terganggu.
4. Jika batas suhu yang mematikan terlampaui, biota mungkin akan mati.

Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman air berkisar antara 20-32°C. Pertumbuhan dari tumbuhan air ini cukup mudah, yaitu setelah cukup dewasa, dari ketiak daun muncul batang kecil yang tumbuh menjulur dan pada ujungnya muncul anak tumbuhan air tersebut (*runner*). Anak tumbuhan air ini memiliki akar sendiri dan akan tumbuh sebagai tumbuhan air baru (Ismanto, 2005).

Pistia stratiotes dapat beradaptasi pada daerah dengan kondisi iklim yang panjang. Kebutuhan utama *Pistia* untuk bertahan hidup adalah habitat air, sangat sensitive terhadap kekeringan. *Pistia* akan mati dalam beberapa jam jika berada pada kondisi kering. Untuk hidup yang baik *Pistia* membutuhkan temperatur antara 20 – 25 °C. Menurut Moenandir (2010), kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan Kiambang (*Salvinia molesta*) yaitu berkisar antara 25-28°C. Ketersediaan nitrogen juga sangat berpengaruh pada pertumbuhan Kiambang (*Salvinia molesta*).

Menurut Salisbury (1995), tidak ada batas suhu terendah bagi kelangsungan hidup spora, biji dan bahkan lumut kerak dan lumut daun tertentu

pada kondisi kering. Batas suhu terendah untuk bertahan hidup pada keadaan yang lebih normal sangat tergantung pada spesies. Tumbuhan yang sedang tumbuh aktif sering dapat bertahan hidup hanya pada beberapa derajat di bawah 0°C, sedangkan banyak yang dapat bertahan pada sekitar 40°C

2.3.2 pH

Nilai pH berpengaruh terhadap toksisitas suatu senyawa kimia. Toksisitas logam berat memperlihatkan peningkatan pH dan berkurang dengan meningkatnya pH. Nilai pH berkaitan erat dengan karbondioksida dan alkalinitas. Pada $\text{pH} < 5$, alkalinitas dapat mencapai nol. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi pula nilai Alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida bebas. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan. Toksisitas logam dapat memperlihatkan peningkatan pH, jika nilai pH rendah maka kelarutan logam berat meningkat (Effendi, 2003). Untuk pertumbuhan tanaman air, pH yang sesuai 5,0-6,5. Sedangkan bila pH terlalu rendah ($< 4,5$) atau pH terlalu tinggi ($> 7,0$) dapat menghambat atau menghentikan pertumbuhan (Pierik, 1987 dalam Widiastoety *et al.*, 2005). pH air juga memiliki pengaruh pada pertumbuhan tanaman. Menurut Barus (2002), organisme akuatik dapat hidup dalam suatu perairan nilai pH netral.

Menurut Sudarwin (2003), banyak tanaman air yang dapat bertahan hidup dengan pH berkisar antara 6,5-7,4. Tetapi tidak semua tanaman air hidup pada kisaran itu melainkan tergantung dari jenis tanaman air. Air dapat bersifat asam atau basa, tergantung pada besar kecilnya pH air atau besarnya konsentrasi ion hidrogen di dalam air. Air yang mempunyai pH lebih kecil dari pH normal akan bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH lebih besar dari normal akan bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan dari kegiatan industri yang dibuang

ke sungai akan mengubah pH air yang pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 2004).

Nilai pH berbanding terbalik dengan kelarutan logam berat. Nilai pH rendah toksisitas logam berat meningkat. Sehingga nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan.

2.3.3 Oksigen Terlarut

Menurut Kaban *et al.*, (2010), keberadaan oksigen di perairan biasanya diukur dalam jumlah oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) yaitu jumlah milligram gas oksigen yang terlarut dalam satu liter air. Pada ekosistem perairan, keberadaan oksigen dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain distribusi suhu, keberadaan produsen autototrof yang mampu melakukan fotosintesis serta proses difusi oksigen dari udara. Kandungan gas oksigen dalam air merupakan salah satu karakteristik kualitas air yang terpenting dalam kehidupan akuatis. Konsentrasi oksigen dalam air mewakili status kualitas air pada tempat dan waktu tertentu (saat pengambilan sampel air). Keberadaan dan besar kecilnya muatan oksigen di dalam air dapat dijadikan indikator ada atau tidaknya pencemaran di suatu perairan (Asdak, 2004 dalam Rakhmanda, 2011).

Pada siang hari, proses fotosintesis menghasilkan oksigen di perairan. Sebaliknya pada malam hari oksigen justru dimanfaatkan oleh makhluk hidup untuk keperluan respirasi. Perubahan suhu sangat mencolok menyebabkan kandungan oksigen turun drastis. Oksigen sangat penting bagi pernafasan dan komponen utama untuk metabolisme (Effendi, 2003). Menurut Izzati (2008), oksigen diproduksi oleh komunitas autotrof melalui proses fotosintesis dan dikonsumsi oleh semua organisme melalui pernapasan. Oksigen juga diperlukan untuk perombakan bahan organik dalam ekosistem.

Menurut PP nomor 82 tahun 2001 nilai oksigen terlarut untuk pertumbuhan tanaman air yaitu 3 mg/l. Nilai oksigen diperairan berbanding terbalik dengan toksisitas. Semakin tinggi nilai oksigen dalam suatu perairan, toksisitas dalam perairan tersebut semakin rendah.

2.3.4 Karbondioksida

Karbondioksida adalah gas yang diperlukan oleh tanaman sebagai bahan dasar berlangsungnya fotosintesis. Tanpa karbondioksida, tanaman tidak akan menghasilkan energi karena karbondioksida bersama air dan cahaya matahari merupakan bahan dasar proses pembentukan energi pada tanaman melalui fotosintesis tanaman.

Karbondioksida memegang peranan sebagai unsur makanan bagi semua tumbuhan – tumbuhan hijau yang mampu melakukan proses asimilasi. Sumber utama karbondioksida dari proses perombakan bahan – bahan organik oleh jasad – jasad renik dan proses pernapasan hewan serta tumbuh – tumbuhan dalam air pada malam hari. Menurut Cole (1988) dalam Yusriadi (2011), keberadaan karbondioksida diperairan terdapat dalam bentuk karbondioksida bebas (CO_2), ion bikarbonat (HCO_3^-), ion karbonat dan asam karbonat (H_2CO_3). Istilah karbondioksida bebas digunakan untuk menjelaskan CO_2 yang terlarut dalam air.

Kadar karbondioksida di perairan dapat mengalami pengurangan, bahkan hilang akibat proses fotosintesis, evaporasi dan agitasi (pergelokan massa air). Perairan yang diperuntukkan bagi kepentingan perikanan sebaiknya mengandung kadar karbondioksida bebas <5 mg/l (Boyd, 1988).

2.3.5 Alkalinitas

Alkalinitas atau kebasaaan adalah suatu pengukuran terhadap kapasitas suatu badan air untuk menetralkan suatu asam (Priyono, 1994). Penyusunan

utama alkalinitas dalam perairan tawar terdiri dari kalsium dan magnesium sebagai kation sedangkan anion terdiri dari bikarbonat dan karbonat. Alkalinitas dihasilkan dari karbondioksida dan air yang dapat melarutkan sedimen batuan karbonat menjadi bikarbonat (Effendi, 2003).

Alkalinitas secara umum menunjukkan konsentrasi basa atau bahan yang mampu menetralkan keasaman dalam air. Secara khusus, alkalinitas sering disebut sebagai besaran yang menunjukkan kapasitas pembufferan dari ion bikarbonat, dan sampai tahap tertentu ion karbonat dan hidroksida dalam air. Ketiga ion tersebut didalam air akan bereaksi dengan ion hidrogen sehingga menurunkan keasaman dan menaikkan pH. Alkalinitas biasanya dinyatakan dalam satuan ppm (mg/l) (Aswar, 2012). Alkalinitas yang terdapat dalam perairan secara langsung tidak mempengaruhi adanya organisme akuatik, karena alkalinitas dalam perairan berperan sebagai penetral keasaman pH dalam perairan.

Menurut Anang (1991) dalam Aswar (2012), Tinggi dan rendahnya alkalinitas dalam suatu perairan tidak lepas dari pengaruh parameter lain seperti pH, suhu, udara, cahaya dan sebagainya. Dimana semakin tinggi alkalinitas, maka semua parameter tersebut akan mengikuti. Alkalinitas karbonat – bikarbonat di air permukaan dihasilkan terutama dari interaksi CO_2 . Menurut Rosmarkam (2002) dalam Sinaga (2009), logam berat yang ada dalam air diserap oleh tumbuhan air melalui akar secara absorbs. Hara diserap tumbuhan dalam bentuk ion bermuatan positif dan bermuatan negatif. Ion ini berikatan dengan koloid. Fase awal, hara berpindah dari suatu tempat ke permukaan akar tumbuhan. Kemudian setelah sampai di permukaan akar (bulu akar), masuk ke dalam akar yang dari sini ditranslokasi ke jaringan pembuluh lalu disalurkan ke daun.

2.4 Bio absorben

Menurut Hardiani (2009), bio absorben adalah salah satu metode dengan mengandalkan pada peranan tumbuhan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar logam berat. Tumbuhan mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat yang bersifat esensial untuk pertumbuhan dan perkembangan. Keberhasilan bio absorben dengan menggunakan tanaman hiperakumulator sangat cocok digunakan dalam menurunkan kadar pencemar sampai memenuhi kriteria yang disyaratkan.

Bio absorben adalah penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi, tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi (Juhaeti *et al*, 2005). Menurut Wong (2003) dalam Widyati (2009), bio absorben adalah suatu proses untuk membuang, mengambil dan mengurangi bahaya kontaminan di alam.

Mekanisme tumbuhan air dalam menyerap polutan atau logam berat yang bersifat toksik yaitu *Biostabilization*: polutan distabilkan di dalam tanah oleh pengaruh tanaman. *Biostimulation*: akar tanaman menstimulasi penghancuran polutan dengan bantuan bakteri *rhizosfere*. *Biodegradation*: tanaman mendegradasi polutan dengan atau tanpa menyimpannya di dalam daun, batang, atau akarnya untuk sementara waktu. *Bioextraction*: polutan terakumulasi di jaringan tanaman, terutama daun. *Biovolatilization*: polutan oleh tanaman diubah menjadi senyawa yang mudah menguap sehingga dapat dilepaskan ke udara. *Rhizofiltration*: polutan diambil dari air oleh akar tanaman (Gerloff, 1975 dalam Safitri, 2009).

Menurut Chaney *et al.*, (1995) dalam Hidayati (2005), semua tumbuhan memiliki kemampuan menyerap logam tetapi dalam jumlah yang bervariasi.

Sejumlah tumbuhan memiliki sifat hipertoleran, yakni mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi tinggi sehingga disebut bersifat hiperakumulator. Karakteristik tumbuhan hiperakumulator adalah tahan terhadap unsur logam dalam konsentrasi tinggi pada jaringan akar dan tajuk, tingkat laju penyerapan unsur dari tanah yang tinggi dibandingkan pada tumbuhan lain dan memiliki kemampuan mentranslokasi dan mengakumulasi unsur logam dari akar ke tajuk dengan laju yang tinggi. Menurut Apriadi (2008), Kiambang (*Salvinia molesta*) dan Kayu apu (*Pistia stratiotes*) dapat digunakan untuk pengolahan air yang tercemar logam berat.

2.5 Definisi Logam Berat

Logam berat adalah unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm³, terletak di sudut kanan bawah daftar berkala, memiliki afinitas yang tinggi terhadap unsur S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92, dari periode 4 sampai 7 pada tabel periodik (Saeni, 1997 dalam Panjaitan, 2009). Logam berat di perairan terdiri atas logam berat esensial dan non esensial. Logam berat yang sering mencemari lingkungan atau non esensial adalah Hg, Zn, Cd, As dan Pb. Selain logam berat non esensial (Hg, Zn, Cd, As dan Pb) terdapat juga logam berat yang bersifat esensial dimana logam berat ini dibutuhkan dalam pembentukan haemosianin dalam sistem darah dan enzimatik, misalnya Cr, Ni, Cu dan Zn (Sanusi, 2006 dalam Astuty, 2011).

Logam-logam di alam umumnya ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain, sangat jarang ditemukan dalam elemen tunggal. Unsur ini dalam kondisi suhu kamar tidak selalu berbentuk padat melainkan ada yang berbentuk cair, misalnya merkuri (Hg). Logam dalam perairan umumnya berada dalam bentuk ion-ion, baik sebagai ion pasangan ataupun dalam bentuk ion-ion tunggal. Logam ditemukan dalam bentuk partikel pada lapisan atmosfer, unsur-

unsur logam tersebut ikut berterbangan dengan debu-debu yang ada di atmosfer (Palar, 2004 *dalam* Sembiring, 2009). Senyawa logam berat biasanya banyak terdapat di perairan berasal dari berbagai sumber, antara lain dari kegiatan pertambangan, rumah tangga, limbah pertanian dan buangan industri. Peningkatan konsentrasi logam berat pada air mengakibatkan logam berat yang semula dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme dapat berubah menjadi racun bagi organisme akuatik. Logam berat bersifat ionik, maka logam berat tidak dapat diurai dan terakumulasi dalam sedimen dan biota (Saputra *et al.*, 2010).

Sifat logam berat yang tetap tinggal di dalam jaringan makhluk hidup dalam waktu yang lama dapat menyebabkan gangguan metabolisme (Fardiaz, 1992). Logam berat dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan dapat menyebabkan berbagai jenis penyakit pada manusia (Sudarmaji *et al.*, 2006 *dalam* Sutarta dan Rahutomo, 2010). Menurut Ali dan Rina (2010), melalui berbagai perantara seperti udara, makanan maupun air yang terkontaminasi logam berat, logam tersebut dapat terdistribusi ke bagian tubuh manusia dan sebagian akan terakumulasi. Jika keadaan ini berlangsung terus menerus, dalam jangka waktu yang lama dapat mencapai jumlah yang membahayakan kesehatan manusia. Menurut Davis dan Cornwell (1988), beberapa logam berat penting untuk sistem biologis dan harus ada pada kisaran konsentrasi tertentu. Konsentrasi yang terlalu rendah dapat mengurangi aktivitas metabolik. Pada konsentrasi yang tinggi logam berat ini dapat bersifat toksik. Keberadaan logam non esensial diperbolehkan namun pada konsentrasi yang sangat rendah dan dapat menghambat aktivitas metabolik pada konsentrasi yang lebih tinggi.

Tingginya kandungan logam berat di suatu perairan dapat menyebabkan kontaminasi, akumulasi bahkan pencemaran terhadap lingkungan seperti biota, sedimen air dan sebagainya (Lu, 1995). Berdasarkan kegunaannya logam berat dapat dibedakan atas dua golongan, yaitu Laws *dalam* Bangun (2005) :

1. Golongan yang dalam konsentrasi tertentu berfungsi sebagai mikronutrien yang bermanfaat bagi kehidupan organisme perairan, seperti Zn, Fe, Cu, Co.
2. Golongan yang sama sekali belum diketahui manfaatnya bagi organisme perairan seperti Hg, Cd dan Pb.

2.6 Timbal (Pb)

Timbal merupakan salah satu unsur logam yang termasuk elemen mikro merupakan logam berat yang tidak mempunyai fungsi biologi sama sekali. Logam tersebut sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (Darmono, 1995). Pencemaran logam berat timbal (Pb) merupakan masalah yang sangat serius untuk ditangani, karena merugikan lingkungan dan ekosistem secara umum. Pb dapat mencemari udara, air, tanah, tumbuhan, hewan bahkan manusia. Masuknya Pb ke tubuh manusia dapat melalui makanan dari tumbuhan yang biasa dikonsumsi manusia seperti padi, teh dan sayur-sayuran. Logam Pb terdapat di perairan baik secara alamiah maupun sebagai dampak dari aktivitas manusia. Logam ini masuk ke perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan (Palar, 1994). Timbal (Pb) adalah logam berat yang secara alami terdapat di dalam kerak bumi dan tersebar melalui proses alami dan berasal dari kegiatan manusia (Widowati *et al.*, 2008). Timbal tidak termasuk unsur yang esensial bagi makhluk hidup, bahkan unsur ini bersifat toksik bagi hewan dan manusia karena dapat terakumulasi pada tulang. Toksisitas timbal terhadap tumbuhan relatif lebih rendah dibandingkan dengan unsur lain (Effendi, 2003).

Sumber alami logam Pb adalah *galena* (PbS), *gelesite* (PbSO₄), dan *crussite* (PbCO₃). Secara alamiah logam Pb masuk ke perairan melalui pengkristalan logam Pb di udara dengan bantuan air hujan, disamping itu proses korofikasi batuan mineral akibat hampasan gelombang dan angin yang

merupakan salah satu jalur sumber logam Pb yang akan masuk ke dalam badan perairan (Effendi, 2003). Timbal terdapat dalam air karena adanya kontak antara air dengan tanah atau udara tercemar timbal, air yang tercemar oleh limbah industri atau berakibat korosi pada pipa.

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam, dalam bahasa ilmiahnya dinamakan plumbum dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Penyebaran logam timbal di bumi sangat sedikit, jumlah timbal yang terdapat diseluruh lapisan bumi hanyalah 0,0002% dari jumlah seluruh kerak bumi, jumlah tersebut sangat sedikit jika dibandingkan dengan kandungan logam berat lainnya yang ada di bumi (Palar, 1994). Menurut peraturan penulisan ilmiah, timbal disimbolkan dg (Pb) yang merupakan logam lunak berwarna kebiruan atau kelabu keperakan, lazim terdapat pada kandungan endapan sulfid yang bercampur dengan mineral lainnya terutama seng dan tembaga (Sunu, 2001). Timbal Pb ,merupakan salah satu logam berat beracun bagi organisme, meskipun dalam konsentrasi yang rendah. Sedangkan bagi kehidupan organisme, logam ini tidak bermanfaat bahkan sangat berbahaya karena dapat terakumulasi dalam tulang belakang manusia (Fardiaz, 1992). Selain itu Suhendrayatna (2001) dalam Irmanika (2007), Pb secara praktis dapat dideteksi pada seluruh benda mati di lingkungan dan pada seluruh sistem biologis.

2.6.1 Sifat – Sifat Timbal

Purnomo dan Muchyiddin (2007) menyatakan, sifat – sifat dan kegunaan logam Pb adalah :

- a. Mempunyai titik lebur yang rendah sehingga mudah digunakan dan murah biaya operasionalnya
- b. Mudah dibentuk karena lunak

- c. Mempunyai sifat kimia yang aktif sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan
- d. Bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus dari pada logam murninya
- e. Kepadatannya melebihi logam lainnya

Menurut Fardiaz (1992), timbal banyak digunakan untuk berbagai keperluan karena sifat – sifatnya, yaitu sebagai berikut :

- a. Titik cairnya rendah sehingga jika akan digunakan dalam bentuk cair maka membutuhkan teknik yang sederhana dan murah.
- b. Timbal merupakan logam yang lunak sehingga mudah diubah ke berbagai bentuk.
- c. Sifat kimia menyebabkan logam ini dapat berfungsi sebagai lapisan pelindung jika kontak udara lembab.
- d. Timbal dapat membentuk ikatan (alloy) dengan logam lainnya dan alloy yang terbentuk mempunyai sifat yang berbeda dengan timbal yang murni.
- e. Densitas lebih tinggi dibandingkan dengan logam lainnya, kecuali bila dibanding dengan timbal yang murni.

Menurut Darmono (1996), Pb mempunyai sifat titik lebur rendah, mudah dibentuk mempunyai sifat kimia yang aktif, sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan. Bila dicampur dengan logam lain, membentuk logam campuran yang lebih bagus dari pada logam murninya, mempunyai kepadatan melebihi logam lain.

2.6.2 Sumber Timbal

Menurut Sudarmadji *et al.*, (2006), kadar Pb yang secara alami dapat ditemukan dalam bebatuan sekitar 13 mg/kg. Khusus Pb yang bercampur dengan batu fosfat dan terdapat di dalam batu pasir kadarnya lebih besar yaitu

100 mg/kg. Pb merupakan salah satu logam berat yang digolongkan pada zat pencemar beracun tingkat menengah karena menyebabkan keracunan kronis pada manusia. Tanah yang diolah secara anorganik menggunakan pestisida dapat mengandung komponen Pb arsenat yang bersifat stabil. Konsentrasi Pb di dalam tanah rata-rata adalah 16 mg/l, tetapi pada daerah-daerah tertentu dapat mencapai beberapa ribu mg/l. Konsentrasi Pb di udara lebih rendah dibandingkan dengan di tanah karena nilai tekanan uapnya rendah. Pencemaran Pb terbesar berasal dari hasil pembakaran bensin yang menghasilkan komponen-komponen Pb. Pencemaran Pb di air dapat berasal dari komponen – komponen Pb di udara yang berlarut ataupun tidak larut di dalam air seperti $PbCO_3$. Penggunaan lain Pb adalah untuk produk – produk logam seperti pipa, pelapis kabel, pewarna dan lain – lain. Pb juga digunakan sebagai bahan pelapis keramik (*glaze*) dan juga produk – produk pestisida (Suwarsito, 2009).

2.6.3 Dampak Timbal

Selain dalam bentuk logam murni, timbal dapat ditemukan dalam bentuk senyawa anorganik dan organik. Semua bentuk Pb tersebut berpengaruh sama terhadap toksisitas pada manusia (Darmono, 2001). Menurut Palar (2004), senyawa Pb dapat menyebabkan keracunan akut pada sistem saraf pusat. Meskipun jumlah Pb yang diserap oleh tubuh hanya sedikit, logam ini ternyata menjadi sangat berbahaya. Hal itu disebabkan senyawa-senyawa Pb dapat memberikan efek racun terhadap banyak fungsi organ yang terdapat dalam tubuh. Keracunan yang terjadi sebagai akibat kontaminasi dari logam Pb dapat menimbulkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Meningkatkan kadar ALA (d-Amino Levulinic Acid) dalam darah dan urine.
- b. Meningkatkan kadar proporphirin dalam sel darah merah.
- c. Memperpendek umur sel darah merah.

- d. Menurunkan jumlah sel darah merah.
- e. Menurunkan kadar retikulosit (sel-sel darah merah yang masih muda).
- f. Meningkatkan kandungan logam Fe dalam plasma darah.

