

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biologi *Chlorella* sp.

#### 2.1.1 Deskripsi dan Klasifikasi *Chlorella* sp.

*Chlorella* sp. merupakan mikroalga yang termasuk dalam kelas alga hijau atau *Chlorophyceae*. Mikroalga ini belum memiliki akar, batang, dan daun sejati, tetapi telah memiliki pigmen klorofil sehingga bersifat fotoautotrof. Tubuhnya terdiri atas satu sel (uniselular) dan ada juga yang bersel banyak (multiseluler) dengan sifat yang cenderung membentuk koloni. Mikroalga hijau ini banyak tersebar di habitat air maupun tanah dan diduga sebagai asal mula tumbuhan. Selnya berbentuk bulat, bulat lonjong dengan diameter antara 2-8  $\mu\text{m}$ . *Chlorella* sp. hanya melakukan reproduksi tipe aseksual, yaitu dengan pembelahan diri tipe mitosis. Selnya bereproduksi dengan membentuk dua sampai delapan sel yang terdapat dalam sel induk dan akan dilepaskan jika kondisi lingkungan mendukung (Kawaroe dkk, 2010). Warna hijau dari klorofil pada *Chlorella,sp* disebut darah hijau (*green blood*) mempunyai kandungan zat besi pembentuk hemoglobin.

Klasifikasi *Chlorella* sp. (Bold & Wynne 1985) adalah sebagai berikut :

Filum : Chlorophyta

Kelas : Chlorophyceae

Ordo : Chlorococcales

Famili : Oocystaceae

Genus : *Chlorella*

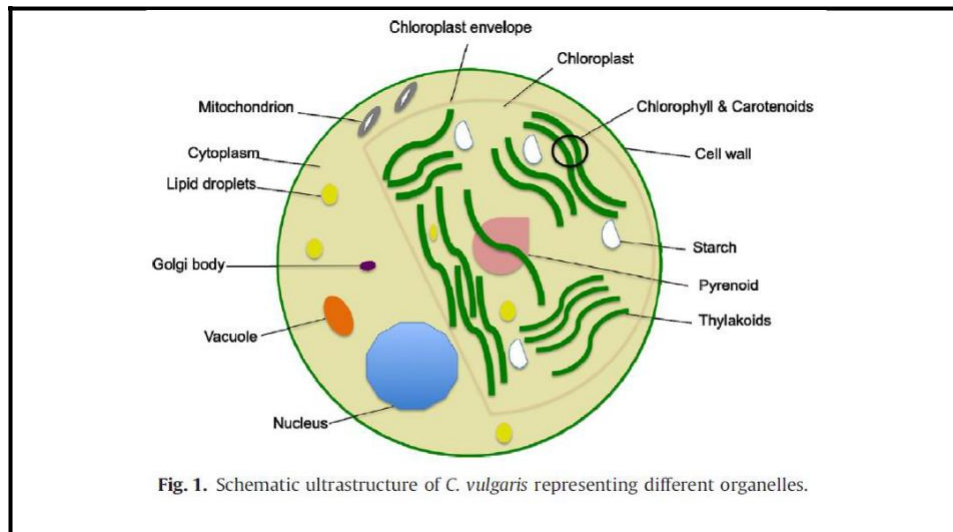
Spesies : *Chlorella* sp.

Mikroalga *Chlorella* sp. merupakan organisme fotosintetik yang mempunyai kemampuan fiksasi CO<sub>2</sub> yang baik karena kandungan klorofilnya yang sangat tinggi dibandingkan dengan seluruh alga hijau bahkan seluruh tanaman tingkat tinggi di dunia (28,9 g/kg). Mikroalga ini merupakan mikroalga primitif yang telah ada sejak 2,5 miliar tahun yang lalu, namun populasinya masih dapat bertahan sampai sekarang dikarenakan kestabilan sifat genetik dari pengaruh luar, *Chlorella* sp memiliki daya dan mekanisme perbaikan DNA yang tinggi untuk beradaptasi dengan lingkungannya yang baru, serta bentuk dan sifat

dinding sel yang sangat kuat sehingga tahan terhadap pengaruh luar (Suriawiria, 2005).

### 2.1.2. Biologi dan Morfologi *Chlorella* sp.

*Chlorella* sp. merupakan alga uniselular. Jenis selnya adalah eukariotik dengan kemampuan fotosintetis untuk menghasilkan makanannya. Struktur sel mikroalga *Chlorella* sp



**Gambar 2.** Struktur *Chlorella* sp. (Sumber : Renewable and Sustainable Energy Reviews 35((2014) 265–278)

Mikroalga *Chlorella* sp. memiliki potensi sebagai pakan alami, pakan ternak, suplemen, penghasil komponen bioaktif, bahan farmasi dan kedokteran. Hal tersebut disebabkan *Chlorella* sp. mengandung berbagai nutrisi seperti protein, karbohidrat, asam lemak tak jenuh, vitamin, klorofil, enzim, dan serat yang tinggi (Kawaroe, 2010). *Chlorella* sp. juga menghasilkan suatu antibiotik yang disebut Chlorellin, yaitu suatu zat yang dapat melawan penyakit-penyakit yang disebabkan oleh bakteri (Vashista, 1979 dalam Rostini, 2007). Protoplas sel dikelilingi oleh membran yang selektif, sedangkan di luar membran sel terdapat dinding yang tebal terdiri dari selulosa dan pektin. Di dalam sel terdapat suatu protoplas yang tipis berbentuk seperti cawan atau lonceng dengan posisi menghadap ke atas. Pineroid-pineroid stigma dan vakuola kontraktil tidak ada (Vashista, 1979 dalam Rostini, 2007).

Secara umum mikroalga dikenal sebagai organisme mikroskopik yang hidup dari nutrisi anorganik dan produksi zat organik yang berasal dari proses fotosintesis. Mikroalga dapat mengubah nutrisi anorganik menjadi bahan organik

sehingga dapat menghasilkan oksigen yang diperlukan oleh makhluk hidup yang tingkat tropiknya lebih tinggi, sehingga mikroalga berperan sebagai produsen tingkat pertama dalam rantai makanan (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

### **2.1.3. Habitat dan Ekologi**

Umumnya *Chlorella* sp. bersifat planktonis yang melayang di dalam perairan, namun beberapa jenis *Chlorella* sp. juga ditemukan mampu bersimbiosis dengan hewan lain misalnya *Hydra* dan beberapa *ciliata* air tawar seperti *Paramaecium bursaria* (Dolan, 1992 dalam Prabowo, 2009).

*Chlorella* sp. dapat tumbuh pada salinitas 25 ‰. Alga tumbuh lambat pada salinitas 15 ‰, dan hampir tidak tumbuh pada salinitas 0 ‰ dan 60 ‰. *Chlorella* sp. tumbuh baik pada suhu 20°C, tetapi tumbuh lambat pada suhu 32°C. Tumbuh sangat baik sekitar 20-23°C (Hirata, 1981 dalam Rostini, 2007).

Penyebaran habitat mikroalga biasanya di air tawar (limnoplankton) dan air laut (haloplankton), sedangkan sebaran berdasarkan distribusi vertikal di perairan meliputi plankton yang hidup di zona euphotik (ephiplankton), hidup di zona disphotik (mesoplankton), hidup di zona aphotik (bathoplankton) dan yang hidup di dasar perairan bentik (hypoplankton). *C. vulgaris* memiliki potensi sebagai pakan alami, pakan ternak, suplemen, penghasil komponen bioaktif bahan farmasi dan kedokteran. Hal tersebut disebabkan *C. vulgaris* mengandung berbagai nutrisi seperti protein, karbohidrat, asam lemak tak jenuh, vitamin, klorofil, enzim, serat yang tinggi. *C. vulgaris* merupakan mikroalga kosmopolit yang sebagian besar hidup di lingkungan akuatik baik perairan tawar, laut maupun payau, juga ditemukan di tanah dan di tempat lembab. Sel *C. vulgaris* memiliki tingkat reproduksi yang tinggi, setiap sel *C. vulgaris* mampu berkembang menjadi 10.000 sel dalam waktu 24 jam (Nining, 2005 dalam Soeprbowati dkk, 2013).

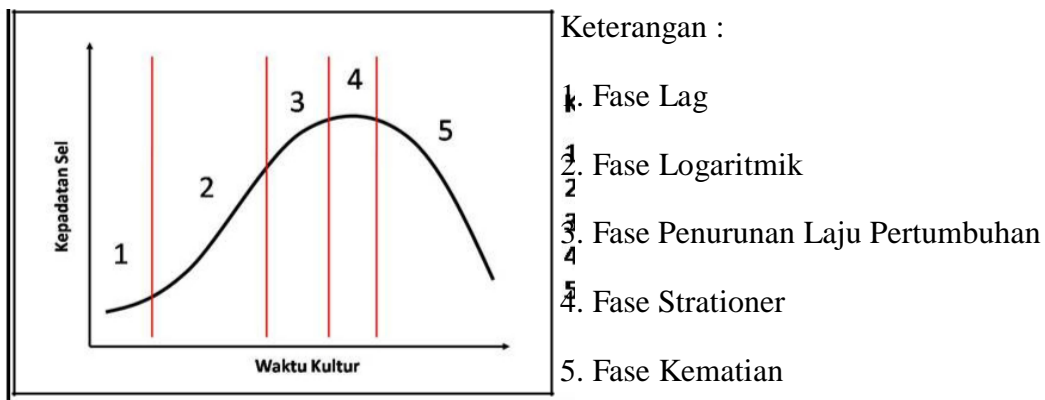
### **2.1.4. Reproduksi**

*Chlorella* sp. bereproduksi secara aseksual dengan pembentukan autospora yang merupakan bentuk miniatur dari sel induk. Tiap satu sel induk (*parent cell*) akan membelah menjadi 4, 8, atau 16 autospora yang kelak akan menjadi sel-sel anak (*daughter cell*) dan melepaskan diri dari induknya (Bold dan Wynne, 1985 dalam Prabowo, 2009). Proses reproduksi *Chlorella* sp. dapat dibagi menjadi 4

tahap (Kumar dan Singh, 1979 dalam Zahara, 2003) yaitu tahap pertumbuhan, tahap pemasakan awal tahap pemasakan akhir, tahap pelepasan autospora. Pada tahap pertumbuhan sel *Chlorella* sp. tumbuh membesar, kemudian pada tahap pemasakan awal saat terjadi peningkatan aktivitas sintesa yang merupakan persiapan awal pembentukan autospora, tahap pemasakan akhir autospora terbentuk, kemudian diikuti tahap pelepasan autospora, dinding sel induk akan pecah dan diikuti oleh pelepasan autospora yang akan tumbuh menjadi sel induk muda.

### 2.1.5. Siklus Hidup

Pertumbuhan mikro alga pada saat budidaya secara visual ditandai dengan adanya perubahan warna air dari awalnya bening menjadi berwarna lebih pekat, perubahan ini disertai dengan menurunnya transparansi. Kejadian tersebut merupakan indikasi dari meningkatnya ukuran sel dan bertambah banyaknya jumlah sel yang secara langsung akan berpengaruh terhadap kepadatan plankton. (Edhy, 2003). Dalam pertumbuhannya, mikro alga mengalami beberap fase yang akan disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Kurva pertumbuhan mikroalga (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995)

Fase lag (istirahat) terjadi sejak dari penambahan inokulum ke media kultur hingga beberapa saat sesudahnya, fase ini terjadi peningkatan paling signifikan ukuran selnya karena secara fisiologis mikroalga menjadi sangat aktif. Pada fase ini terjadi sintesis protein dan metabolisme berjalan tetapi pembelahan sel belum terjadi sehingga kepadatan sel belum meningkat karena mikroalga

sedang beradaptasi dengan lingkungan barunya. (Bold & Wynne, 1985 *dalam* Prabowo, 2009)

Fase logaritmik (log) atau eksponensial, fase ini terjadi pembelahan sel sehingga laju pertumbuhan meningkat secara intensif. Dalam kondisi yang optimum, laju pertumbuhan dapat mencapai nilai maksimal sehingga dapat dilakukan pemanenan untuk keperluan pakan ikan dan industri. (Bold & Wynne, 1985 *dalam* Prabowo, 2009)

Fase penurunan laju pertumbuhan, dimana pembelahan sel masih terjadi pada fase ini meskipun tidak seintensif fase log, sehingga laju pertumbuhan menurun dibandingkan fase sebelumnya. (Bold & Wynne, 1985 *dalam* Prabowo, 2009). Penurunan laju pertumbuhan disebabkan karena tidak ada penambahan nutrisi sedangkan pemanfaatan nutrisi oleh mikroalga terus berlanjut, sehingga terjadi persaingan antar sel untuk mendapatkan nutrisi yang semakin berkurang. Intensitas cahaya yang diterima sel semakin berkurang akibat jumlah sel yang semakin tinggi sehingga terjadi pembentukan bayangan dari sel itu sendiri juga dapat menyebabkan penurunan laju pertumbuhan. Faktor lain yang dapat menyebabkan penurunan laju pertumbuhan adalah menurunnya konsentrasi CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>, dan terjadinya proses *autoinhibition*, yaitu proses menghasilkan senyawa penghambatan pertumbuhan oleh sel itu sendiri (Fogg, 1975 *dalam* Sartika, 2010).

Fase stasioner merupakan laju reproduksi dan laju kematian relatif seimbang pada fase ini. Kepadatan mikroalga relatif tetap karena penambahan dan pengurangan jumlah mikroalga seimbang. Peningkatan ukuran populasi tidak terjadi, jumlah sel terlihat cenderung konstan, karena laju pertumbuhan seimbang dengan laju kematian pada fase stasioner (Fogg, 1975 *dalam* Sartika, 2010). Ukuran sel pada fase stasioner menjadi lebih kecil, karena sel tetap membelah meskipun zat nutrisi sudah mulai habis. Sel dimungkinkan mempunyai komposisi berbeda dengan sel yang tumbuh pada fase logaritmik karena kekurangan nutrisi, sehingga sel menjadi lebih tahan dalam keadaan ekstrim seperti panas, dingin, radiasi dan bahan kimia. Sel memiliki cadangan energi sehingga masih dapat menggunakan komponen tersebut untuk melakukan pertumbuhan dan mempertahankannya walaupun kecepatannya sangat rendah (Fardiaz, 1989 *dalam* Sartika, 2010).

Fase kematian merupakan fase dimana jumlah sel mengalami penurunan karena laju kematian lebih besar daripada laju reproduksi. Fase kematian ditandai dengan kepadatan populasi sel yang terus berkurang. (Bold dan Wynne, 1985 *dalam* Prabowo, 2009) Kematian sel disebabkan oleh kehabisan nutrisi dan akumulasi sisa metabolisme atau bahan toksik spesifik. Laju pertumbuhan menurun sampai akhirnya tidak ada lagi pertumbuhan dan sel mengalami lisis karena tidak mendapat suplai nutrisi lagi. (Fogg, 1975 *dalam* Sartika, 2010)

## **2.2. Kultivasi *Chlorella* sp.**

Pemanfaatan *Chlorella* dilakukan menggunakan teknik kultur. Keberhasilan teknik kultur bergantung pada kesesuaian antara jenis mikroalga yang dibudidayakan dan beberapa faktor lingkungan, salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah faktor derajat keasaman (pH) agar metabolisme sel mikroalga tidak terganggu. Derajat keasaman (pH) media menentukan kelarutan dan ketersediaan ion mineral sehingga mempengaruhi penyerapan nutrisi oleh sel. Perubahan nilai pH yang drastis dapat mempengaruhi kerja enzim serta dapat menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan beberapa mikroalga. (Prihantini dkk, 2005)

### **2.2.1. Syarat Kultivasi *Chlorella* sp.**

Pemanfaatan *Chlorella* sp. dilakukan menggunakan teknik kultur. Keberhasilan teknik kultur bergantung pada kesesuaian antara jenis mikroalga yang dibudidayakan dan beberapa faktor lingkungan. Salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah faktor derajat keasaman (pH) agar metabolisme sel mikroalga tidak terganggu. Derajat keasaman (pH) media menentukan kelarutan dan ketersediaan ion mineral sehingga mempengaruhi penyerapan nutrisi oleh sel. Perubahan nilai pH yang drastis dapat mempengaruhi kerja enzim serta dapat menghambat proses fotosintesis dan pertumbuhan beberapa mikroalga. (Fachrullah, 2011).

Kultivasi mikroalga dipengaruhi oleh beberapa faktor umum seperti faktor eksternal (lingkungan) yang biasa dikenal. Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap laju pertumbuhan dan metabolisme dari makhluk hidup mikro tersebut terbagi atas faktor kimia antara lain ; Derajat Keasaman (pH),

karbondioksida dan nutrien. Faktor fisika dipengaruhi oleh; salinitas, suhu, cahaya, dan aerasi

Derajat keasaman atau pH digambarkan sebagai keberadaan ion hidrogen. Variasi pH dalam media kultur dapat mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan kultur mikroalga antara lain mengubah keseimbangan karbon anorganik, mengubah ketersediaan nutrien dan mempengaruhi fisiologi sel. (Fachrullah, 2011)

Derajat keasaman (pH) media kultur merupakan faktor pengontrol yang menentukan kemampuan biologis mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara. Prihantini dkk, 2005 dalam Prabowo (2009) pendapat lain dikemukakan oleh Fachrullah (2011), bahwa pH yang sesuai untuk pertumbuhan *Chlorella* berkisar antara 4,5 - 9,3. Kisaran pH untuk kultur alga biasanya antara 7-9, kisaran optimum untuk alga laut berkisar antara 7,8-8,5. Secara umum kisaran pH yang optimum untuk kultur mikroalga adalah antara 7-9.

Karbondioksida diperlukan oleh mikroalga untuk membantu proses fotosintesis. Karbondioksida dengan kadar 1-2% biasanya sudah cukup digunakan dalam kultur mikroalga dengan intensitas cahaya yang rendah. Kadar karbondioksida yang berlebih dapat menyebabkan pH kurang dari batas optimum sehingga akan berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga (Taw, 1990 dalam Fachrullah 2011). Sumber karbon yang dapat dimanfaatkan *phytoplankton* sebagian besar adalah karbon anorganik dalam bentuk CO<sub>2</sub> dan bicarbonat HCO<sub>2</sub> di perairan tambak berasal dari difusi udara dan proses respirasi organisme heterotrof decomposer (bakteri pengurai), maka biasanya CO<sub>2</sub> tersedia dalam konsentrasi yang mencukupi dan bukan sebagai faktor pembatas bagi pertumbuhan *phytoplankton*. Karbon anorganik tersebut akan diubah menjadi karbohidrat dalam proses fotosintesis. (Edhy, 2003)

Defisiensi nutrien yang diberikan pada mikroalga akan mempengaruhi kandungan protein, pigmen fotosintesis, karbohidrat dan lemak yang terkandung. Setiap nutrien yang diberikan mempunyai fungsi yang khusus, seperti N, P, dan S yang berfungsi untuk pembentukan protein, sedangkan Na dan Fe berperan untuk pembentukan klorofil. Nutrien yang diberikan pada mikroalga bergantung pada jenis mikroalga yang dikultivasi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemilihan

medium yang tepat untuk kultivasi *C. vulgaris*. Ada beberapa jenis medium yang digunakan dalam kultivasi *C. vulgaris* seperti N-8 medium, *Benneck*, BG - 11, Fitzgerald medium dan lain sebagainya. Semua medium yang telah disebutkan tersebut telah sesuai dengan kebutuhan nutrisi *C. vulgaris*. (Harnadiemas, 2011). Pemberian nutrisi yang benar akan sangat mempengaruhi terhadap pertumbuhan mikroalga maupun juga terhadap kandungan esensial yang dimiliki. Secara garis besar kebutuhan nutrisi mikroalga dapat dikelompokkan menjadi dua hal yakni mikronutrien dan makronutrien. Makronutrien antara lain C, H, N, P, K, S, Mg, dan Ca. Sedangkan mikronutrien yang dibutuhkan antara lain adalah Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Bo, Vn, dan Si (Kawaroe dkk, 2010).

Beberapa mikroalga dapat tumbuh dalam kisaran salinitas yang tinggi tetapi ada juga yang dapat tumbuh dalam kisaran salinitas yang rendah. Namun, hampir semua jenis mikroalga dapat tumbuh optimal pada salinitas sedikit dibawah habitat asal. Kisaran salinitas yang berubah-ubah dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Pengaturan salinitas pada media yang diperkaya dapat dilakukan dengan pengenceran dengan menggunakan air tawar. Kisaran salinitas yang paling optimum untuk pertumbuhan mikroalga adalah 25-35 ‰ (Sylvester dkk, 2002). *Chlorella* sp memiliki toleransi kisaran salinitas yang tinggi. *Chlorella* air laut dapat tumbuh baik pada salinitas 15-35 ppt (Hirata, 1981 dalam Prabowo, 2009), salinitas optimal 25-28 ppt (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Suhu merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses kimia, biologi dan fisika, peningkatan suhu dapat menurunkan suatu kelarutan bahan dan dapat menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi mikroalga di perairan. (Fachrullah 2011). Kisaran temperatur optimal bagi pertumbuhannya berada pada rentang suhu 25 – 30 °C. Temperatur ini mempengaruhi proses-proses fisika kimia dan biologi yang berlangsung dalam sel mikroalga. Peningkatan temperatur hingga batas tertentu akan merangsang aktifitas molekul, meningkatnya laju difusi dan juga laju fotosintesis (Sachlan, 1982 dalam Purnamawati dkk, 2013). Suhu dalam kultur diatur sedemikian rupa bergantung pada media yang digunakan. Suhu di bawah 16 °C dapat menyebabkan kecepatan



pertumbuhan turun, sedangkan suhu diatas 36 °C dapat menyebabkan kematian (Taw, 1990 dalam Fachrullah 2011).

Cahaya merupakan sumber energi dalam proses fotosintesis yang berguna untuk pembentukan senyawa karbon organik. Intensitas cahaya sangat menentukan pertumbuhan mikroalga yaitu dilihat dari lama penyinaran dan panjang gelombang yang digunakan untuk fotosintesis. Cahaya berperan penting dalam pertumbuhan mikroalga, tetapi kebutuhannya bervariasi yang disesuaikan dengan kedalaman kultur dan kepadatannya. Fachrullah (2011). Kawaroe dkk, (2010) mengemukakan sebagai organisme yang bersifat fotoautotrof, cahaya memegang peranan penting dalam pertumbuhan *C. vulgaris*. Cahaya yang dibutuhkan *C. vulgaris* sebagai energi untuk melakukan proses fotosintesis berkisar antara 2-3 klux. Oleh karena itu intensitas cahaya yang tepat sangat penting, namun intensitas cahaya yang diperlukan tiap alga yang diperlukan untuk tumbuh secara maksimum berbeda-beda. Misalnya pada alga biru hijau yang akan melimpah pada intensitas cahaya rendah dan suhu tinggi

Aerasi dalam kultivasi mikroalga digunakan dalam proses pengadukan media kultur. Pengadukan sangat penting dilakukan bertujuan untuk mencegah terjadinya pengendapan sel, nutrisi tersebar dengan baik sehingga mikroalga dalam kultur mendapatkan nutrisi yang sama, mencegah stratifikasi suhu, dan meningkatkan pertukaran gas dari udara ke media mikroalga (Taw, 1990 dalam Fachrullah 2011).

### **2.3 Logam Berat**

Logam berat merupakan salah satu komponen pencemar perairan yang cukup mendapat perhatian saat ini. Beberapa jenis logam berat berguna untuk metabolisme makhluk hidup dalam kadar rendah namun tidak demikian dalam kadar tinggi. Kadar logam berat yang tinggi bersifat toksik dan berbahaya bagi makhluk hidup. Logam berat sukar terdegradasi bahkan cenderung terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup yang terpapar.

Logam berat menjadi polutan di udara, tanah dan perairan. Logam berat di udara berasal dari hasil pembakaran. Logam berat di tanah berasal dari hasil kegiatan antropogenik yang menggunakan bahan-bahan kimia seperti pupuk, pestisida, dan sebagainya. Kehadiran logam berat di perairan berasal dari buangan

limbah rumah tangga, serapan air tanah, dan limbah industri. Penggunaan pupuk dan pestisida yang mengandung logam berat secara berlebihan serta lumpur-lumpur hasil pengolahan limbah industri meningkatkan kandungan logam berat di perairan. Logam berat yang telah teridentifikasi sebagai polutan dalam badan air antara lain adalah arsenik (Ar), copper (Cu), kadmium (Cd), timbal (Pb), kromium (Cr), nikel (Ni), merkuri (Hg), dan seng (Zn). Kurang lebih 20 jenis logam dikelompokkan sebagai senyawa toksik dalam konsentrasi tinggi dan berbahaya bagi kesehatan manusia (Akpor & Muchie, 2010).

Pemerintah telah menentukan batas baku mutu lingkungan dengan beberapa peraturan. Berdasarkan PP MenLH 3/2010, nilai maksimal yang diijinkan sebagai ukuran baku mutu air limbah bagi kawasan Industri: Cd sebesar 0,1 mg/l; Cu 2 mg/l; Pb 1 mg/l; Ni 0,5 mg/l; Zn 10 mg/l. Logam berat Cd dan Pb merupakan 2 jenis logam yang kadar toksisitasnya cukup tinggi dan *non biodegradable*. Kedua logam ini dipilih karena sering digunakan secara luas dalam proses komersial, industri logam, industri cat, tekstil, keramik, dan baterai (Kadirvelu dkk, 2001).

Air sering tercemar oleh komponen-komponen anorganik antara lain berbagai logam berat yang berbahaya. Beberapa logam berat tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan sehari-hari dan secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemari lingkungan dan apabila sudah melebihi batas yang ditentukan berbahaya bagi kehidupan. Logam-logam berat yang berbahaya yang sering mencemari lingkungan antara lain merkuri (Hg), timbal (Pb), arsenik (As), kadmium (Cd), khromium (Cr), dan nikel (Ni). Logam-logam berat tersebut diketahui dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu mikroorganisme, dan tetap tinggal dalam jangka waktu lama sebagai racun.

### **2.3.1 Karakteristik Logam Berat (Pb), Sumber, dan Dampaknya**

Logam berat Pb termasuk logam transisi yang dalam perairan ditemui dalam bentuk ion-ion bebas, pasangan ion organik, dan ion kompleks. Kedua logam ini belum diketahui manfaatnya bagi tubuh organisme, sebaliknya justru menimbulkan penyakit (Slamet, 1996). Timbal (Pb) dalam perairan dapat berasal dari kontaminasi pipa, solder, dan kran air, serta dari limbah industri yang dibuang ke sungai. Jenis industri yang menggunakan timbal dalam prosesnya

antara lain industri pengolahan logam, kertas, batere, elektronik, dan sebagainya. Keracunan timbal berdampak pada gangguan sistem syaraf, sistem sirkulasi, ginjal dan sistem reproduksi (Tunali dkk, 2006).

Setiap lingkungan perairan alami dihuni oleh berbagai organisme hidup dan semua organisme hidup ini berada dalam suatu sistem trofik (trophic level). Masuknya bahan cemaran ke dalam perairan akan membunuh organisme yang paling sensitif. Bila bahan cemaran terus masuk, maka organisme yang paling sensitif berikutnya akan terbunuh. Demikian seterusnya, dan penambahan bahan cemaran terakhir akan membunuh moluska kelompok "filter feeder" pemakan serasah. Pemasukan bahan cemaran ke lingkungan perairan dapat juga mengganggu daur pakan (food cycle). Tumbuh-tumbuhan akan terbunuh oleh bahan cemaran. Terbunuhnya tumbuh-tumbuhan ini mengakibatkan hewan-hewan herbivora tidak dapat hidup dalam waktu yang lama. Hilangnya hewan-hewan herbivora ini akan mengganggu kehidupan hewan-hewan karnivora. Oleh karena itu organisme laut dapat dipakai sebagai bio-indikator pencemaran. Pemakaian organisme laut sebagai indikator pencemaran didasarkan pada kenyataan bahwa alam atau lingkungan yang tidak tercemar akan ditandai oleh kondisi biologis yang seimbang dan mengandung kehidupan yang beraneka ragam (Reish, 1972 dalam Hutagalung, 1984)

