

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Alga *Chlorella* <sup>[5]</sup>

##### 2.1.1 Alga *Chlorella sp*

*Chlorella sp* merupakan salah satu jenis alga uniseluler. Alga ini dalam klasifikasinya termasuk dalam divisio *Chlorophyta*. Klasifikasi selengkapnya adalah sebagai berikut:

Devisi : *Chlorophyta*  
Kelas : *Chlorophyceae*  
Ordo : *Chlorococcales*  
Sub Ordo : *Autosporinae*  
Famili : *Chlorellaceae*  
Genus : *Chlorella*  
Spesies : *Chlorella sp*

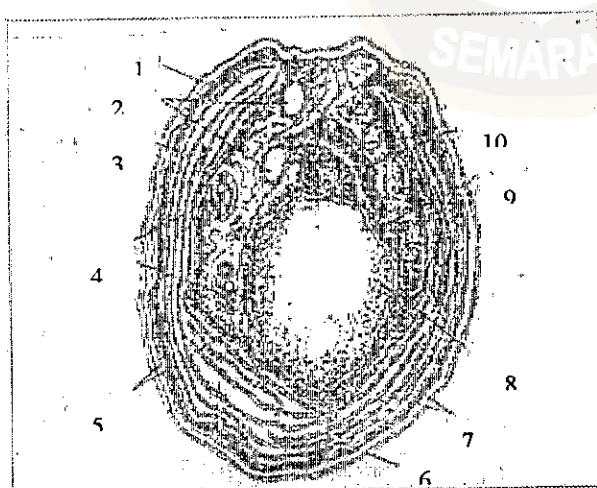
Kata *Chlorella* berasal dari kata latin *Chlor* yang artinya hijau dan *ella* yang artinya kecil.

*Chlorella* merupakan alga uniseluler yang bentuk selnya seperti bola atau bulat telur, tetapi ada juga yang berbentuk ellips. *Chlorella sp* mempunyai diameter 5-10 mikron, hidup bebas tetapi ada juga yang hidup berkelompok seperti *Chlorella conglomerata* yang terdiri atas 4-16 sel.

*Chlorella* berwarna hijau karena banyak mengandung klorofil a dan b, juga mengandung karotin dan santhofil. Kandungan pigmen pada *Chlorella sp* lebih tinggi dibandingkan tumbuhan lainnya. Bentuk klorofilnya bervariasi, ada yang seperti topi, mangkuk dan ada yang berbentuk seperti pipa melengkung.

Sel *Chlorella sp* diselubungi oleh dinding sel yang terdiri dari selulosa. Dengan menggunakan mikroskop elektron terlihat bahwa permukaan sel terbungkus dengan dinding sel yang halus yang tersusun atas selulosa. *Chlorella sp* memiliki satu inti sel yang kecil, juga cadangan makanan yang terbuat dari polisakarida. Organ sel yang lain adalah badan golgi dan mitokondria sebagai sumber energi. Selain itu dalam sitoplasma sel *Chlorella* terdapat pirenoid dan lamella kloroplas. *Chlorella sp* dapat hidup dimana mana seperti di perairan air tawar, air payau dan air laut.

Secara lengkap struktur dari sel *Chlorella sp* nampak pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Dinding sel *Chlorella sp*

Keterangan:

1. Dinding sel
2. Vakuola
3. Kloroplas
4. Mitokondria
5. Sitoplasma
6. Membran Kloroplas
7. Dinding Kloroplas
8. Nukleus
9. Membran Nukleus
10. Badan golgi

### 2.1.2 Sifat sifat *Chlorella sp*

1. Intensitas cahaya yang diperlukan untuk pertumbuhan adalah 3000– 30000 lux.
2. Suhu optimal adalah 25 - 35° C
3. Alga *Chlorella sp* dapat tumbuh dengan baik pada pH 7-8.
4. Alga *Chlorella sp* memerlukan nutrien–nutrien untuk pertumbuhannya seperti unsur N, Si dan P yang berguna untuk pembentukan protein, unsur K dalam metabolisme karbohidrat, unsur Mg dalam pembentukan klorofil dan unsur Fe untuk merangsang pembentukan klorofil tersebut serta unsur makro dan mikro lainnya.

## 2.2 Biomassa Alga <sup>[4,6]</sup>

Biomassa alga dalam penelitian ini adalah sel alga mati yang diperoleh dengan cara pengeringan beku dari sel hidupnya. Hasil penelitian terdahulu telah menyatakan bahwa gugus–gugus fungsional yang terdapat dalam biomassa alga dapat berperan dalam adsorpsi logam seperti pengikatan kation logam dengan *Vaucheria sp* terjadi dengan mekanisme ion exchange dan ditemukan ion hidrogen digantikan oleh kation logam yang terserap alga.

Adsorpsi pasif ion logam terjadi karena terdapatnya berbagai jenis gugus fungsional yang terdapat dalam sel mikrobial hidup atau mati yaitu gugus karboksil, hidroksil, sulfhidril, amino, imino, imidazol, sulfat dan sulfonat di dalam dinding sel dan didalam sitoplasma.

Biomassa yang digunakan didalam penelitian ini adalah biomassa alga *Chlorella sp* kelas *Chlophyceae*.

### 2.3 Silika Gel<sup>[6,7]</sup>

Silika gel dibuat dengan cara presipitasi larutan silikat misalnya natrium silikat atau sol silikat (misalnya dengan menambahkan asam, mineral, atau zat koagulan). Silika gel merupakan silika amorf yang beragregasi membentuk partikel yang lebih besar (1-25  $\mu\text{m}$ ) atau beragregasi membentuk kerangka tiga dimensi. Silika amorf dapat memiliki densitas rendah seperti silika gel, asam silikat. Silika amorf dapat digunakan sebagai adsorben dan pendukung katalis karena luas permukaan yang besar dan porositasnya tinggi.

Silika tidak larut pada pH rendah, kelarutannya tidak meningkat jika pH dinaikkan dari pH 2-9. Hanya diatas pH 9 silika akan melarut. Dalam rentang pH 2-9 kelarutan silika konstan yaitu 140 mg/L. Silika yang larut dikenal sebagai asam monosilikat. Umumnya ditulis  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ,  $\text{Si}(\text{OH})_4$  atau  $\text{SiO}_2(\text{OH}_2)_2$  atau dikenal sebagai asam orthosilikat. Konsentrasi silika yang larut diperairan alam sangat kecil yaitu 1-30 mg  $\text{SiO}_2/\text{L}$ .

Sifat adsorpsi silika tergantung pada orientasi permukaan tetrahedral  $\text{SiO}_4$  dalam mengikat gugus hidroksil. Karena penataan yang tidak beraturan terhadap permukaan  $\text{SiO}_4$ , maka permukaan gugus -OH yang terikat pada atom silika ( $\equiv\text{Si-OH}$ , gugus silanol) tidak sama adsorptivitasnya.

## 2.4 Tembaga<sup>[8]</sup>

Tembaga dengan nama kimia *cuprum* dilambangkan dengan Cu. Unsur tersebut berbentuk kristal dengan warna kemerahan. Dalam tabel periodik unsur-unsur kimia, tembaga mempunyai nomor atom 29 dan mempunyai berat atom 63,54.

Unsur tembaga di alam, dapat ditemukan dalam bentuk logam bebas. Akan tetapi lebih banyak ditemukan dalam bentuk persenyawaan atau sebagai senyawa padat dalam bentuk mineral.

Sesuai dengan sifatnya sebagai logam berat beracun, Cu dapat mengakibatkan keracunan secara akut dan kronis. Keracunan akut dan kronis tersebut terjadinya ditentukan oleh besarnya dosis yang masuk dan kemampuan organisme untuk menetralkan dosis tersebut.

## 2.5 Imobilisasi alga<sup>[9]</sup>

Imobilisasi adalah proses pembatasan atau terlokalisirnya suatu enzim dan mikroorganisme sehingga dapat digunakan secara kontinu. Metoda imobilisasi antara biomassa *Chlorella sp* dengan silika gel termasuk dalam metoda adsorpsi yang merupakan metoda paling sederhana dan paling mudah.

## 2.6 Adsorpsi<sup>[10]</sup>

### 2.6.1 Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa menempelnya atom atau molekul suatu zat pada permukaan zat lain karena ketidakseimbangan gaya dalam permukaan. Adsorpsi pada permukaan zat padat dapat terjadi

karena adanya gaya tarik menarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tersebut. Molekul yang teradsorpsi dapat dianggap membentuk fasa dua dimensi dan terkonsentrasi pada permukaan. Dengan teradsorpsinya molekul pada antar muka maka terjadi pengurangan tegangan permukaan dan adsorpsi akan berlangsung terus sampai energi bebas permukaan menjadi minimum.

Adsorpsi oleh zat padat dibedakan menjadi dua yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisik disebabkan oleh gaya Van der Waals, adsorpsi ini bersifat dapat balik, berlangsung pada temperatur rendah dan tidak memerlukan energi aktivasi. Adsorpsi kimia mencakup pembentukan ikatan dan bersifat lebih spesifik karena tergantung jenis adsorben dan adsorbatnya, bersifat tidak dapat balik, berlangsung pada temperatur tinggi dan tergantung pada energi aktivasi.

### **2.6.2 Isoterm Adsorpsi Langmuir<sup>[10]</sup>**

Isoterm adsorpsi adalah suatu keadaan kesetimbangan dimana tidak ada perubahan konsentrasi adsorbat pada permukaan padatan dan laju adsorpsi-desorpsinya sama.

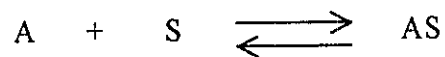
Langmuir menjelaskan bahwa pada permukaan adsorben terdapat sejumlah tertentu situs aktif yang sebanding dengan luas permukaan. Penerapan adsorpsi Langmuir berdasarkan pada asumsi bahwa:

- a) Adsorpsi hanya berlangsung pada monolayer.

b) Adsorpsi terlokalisasi yaitu pengikatan adsorbat pada permukaan adsorben dapat secara kimia atau fisika tetapi harus cukup kuat untuk mencegah perpindahan molekul teradsorpsi pada permukaan.

c) Panas adsorpsi tidak tergantung pada lapisan permukaan.

Panas adsorpsi-desorpsi bila molekul gas mengisi situs permukaan padatan adalah sebagai berikut:



Apabila A adalah atom atau molekul gas adsorbat, S adalah situs kosong pada permukaan adsorben dan AS adalah atom atau molekul A yang menempati situs permukaan adsorben.

Apabila  $\theta$  adalah fraksi situs yang terisi adsorbat dan  $\theta_0$  adalah fraksi situs yang belum terisi adsorbat, maka  $\theta + \theta_0 = 1$  atau  $\theta_0 = 1 - \theta$ . Laju adsorpsinya adalah  $r_{ads} = k_1 p(S) = k_1 p(1 - \theta)$ , sedangkan laju desorpsinya  $r_{des} = k_{-1} (AS) = k_{-1} \theta$ , sehingga pada kesetimbangan laju adsorpsi akan sama dengan laju desorpsinya yaitu:

$$r_{ads} = r_{des}$$

$$\frac{\theta}{1 - \theta} = \frac{k_1}{k_{-1}} p = K_p$$

dengan  $K = k_1/k_{-1}$  adalah suatu konstanta dan p adalah tekanan, sehingga dapat dituliskan:  $\theta = K.p / 1 + K.p$  karena  $\theta = a / a_m$  dengan a adalah konsentrasi situs permukaan yang terisi adsorbat dan  $a_0$  adalah konsentrasi situs permukaan yang belum terisi adsorbat.

Konsentrasi situs yang belum terisi adsorbat dan yang sudah terisi adsorbat adalah  $a + a_0 = a_m$ , maka persamaan diatas menjadi:

$$a = a_m \frac{K \cdot p}{1 + K \cdot p} \quad (2.1)$$

Untuk adsorpsi suatu zat dalam larutan maka persamaan diatas dikoreksi dengan mengkonversi  $p$  menjadi molar  $C$ , yaitu konsentrasi adsorbat saat setimbang sehingga diperoleh:

$$a = \frac{a_m \cdot K \cdot C}{1 + K \cdot C} \quad \text{atau} \quad \frac{C}{a} = \frac{C}{a_m} + \frac{1}{K \cdot a_m} \quad (2.2)$$

$a$  adalah jumlah logam yang teradsorpsi per gram adsorben pada konsentrasi  $C$ ,  $K$  adalah konstanta kesetimbangan.  $C$  adalah konsentrasi ion logam bebas saat setimbang dan  $a_m$  adalah jumlah logam yang teradsorpsi saat keadaan jenuh (kapasitas adsorpsi).

### 2.6.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi <sup>[10]</sup>

#### 1. Adsorben

Tiap jenis adsorben mempunyai karakteristik tersendiri. Adsorben yang baik mengadsorpsi zat yang satu belum tentu baik untuk mengadsorpsi zat yang lain.

#### 2. Adsorbat

Adsorbat dapat berupa zat elektrolit maupun zat non elektrolit. Untuk zat elektrolit adsorpsinya besar karena mudah untuk mengion sehingga antara molekul-molekulnya saling tarik-



menarik. Sedangkan untuk zat non elektrolit adsorpsinya kecil karena tidak mengalami ionisasi.

### 3. Luas permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka adsorpsi yang terjadi akan semakin besar karena kemungkinan adsorbat untuk teradsorpsi semakin besar. Jadi semakin halus suatu adsorben maka adsorpsinya akan semakin besar.

### 4. Konsentrasi

Semakin tinggi konsentrasi larutan, maka kontak antara adsorbat dengan adsorben semakin besar sehingga adsorbat yang teradsorpsi akan semakin besar juga.

### 5. Temperatur

Jika temperatur dinaikkan molekul adsorbat akan bergerak lebih cepat sehingga kemungkinan untuk menangkap atau mengadsorpsi molekul akan semakin sulit, sehingga jumlah adsorbat yang teradsorpsi akan semakin sedikit.

#### 2.6.4 Energi Adsorpsi<sup>(10)</sup>

Pada umumnya adsorpsi berlangsung secara spontan. Hal ini berarti bahwa dalam proses adsorpsi terjadi penurunan energi bebas Gibbs atau dengan kata lain  $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$ .

Pada temperatur rendah gerakan molekul lambat sehingga tidak memberikan perubahan entropi yang berarti, sedangkan pada suhu tinggi, gerakan molekul akan menjadi lebih cepat yang dapat menaikkan ketidakteraturan suatu sistem atau perubahan entropi yang

besar. Pada temperatur rendah,  $\Delta H$  merupakan factor yang dominan dan merupakan ukuran kekuatan ikatan antara adsorben dan adsorbat, sedangkan pada temperatur tinggi entropi menjadi faktor yang juga ikut menentukan arah suatu proses.

Besarnya energi adsorpsi pada suatu reaksi kesetimbangan adalah:

$$\Delta G = \sum \text{energi bebas produk} - \sum \text{energi bebas reaktan} = 0$$

Perubahan energi bebas reaksi dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln K \quad (2.3)$$

Pada saat kesetimbangan  $\Delta G = 0$ , maka

$$\Delta G^0 = -RT \ln K \quad (2.4)$$

Selanjutnya besarnya energi adsorpsi dinyatakan sebagai

$$E_{\text{ads}} = -\Delta G^0 = RT \ln K \quad (2.5)$$

Dengan demikian energi adsorpsi dihitung dari harga konstanta kesetimbangan (K) yang diperoleh dari persamaan linear isoterm adsorpsi Langmuir.

## 2.7 Spektrometri Serapan <sup>[11,12]</sup>

### 2.7.1 Terminologi

Dalam spektrometri serapan, istilah yang sering digunakan antara lain sebagai berikut:

*Transmitansi.* Apabila suatu radiasi dengan intensitas  $I_0$  dilewatkan medium yang mengandung spesies yang menyerap radiasi, maka interaksi spesies dengan radiasi akan menurunkan intensitas radiasi tersebut. Apabila intensitas radiasi setelah melewati medium adalah  $I$ , maka transmitansi  $T$  dapat didefinisikan sebagai :

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (2.6)$$

Sedangkan Absorbansi “A” didefinisikan sebagai nilai logaritma transmitansi menurut persamaan berikut :

$$A = - \log T = \log ( I_0/I ) \quad (2.7)$$

### 2.7.2 Hukum Lambert – Beer

Hukum ini menyatakan hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi spesies dalam medium, secara matematis dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$A = \epsilon b c \quad (2.8)$$

Dengan A : Absorbansi, b : tebal medium dan c: konsentrasi spesies serta  $\epsilon$  dinyatakan sebagai koefisien ekstingsi molar.

### 2.7.3 Penyimpangan Hukum Lambert-Beer

Penyimpangan hukum Lambert-Beer pada prinsipnya dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu : penyimpangan konseptual dan penyimpangan ekperimental / instrumental.

Penyimpangan konseptual terjadi karena hukum Lambert-Beer hanya akan dipenuhi pada larutan yang sangat encer sedangkan penyimpangan ekperimental terjadi karena kondisi instrumen yang tidak normal seperti adanya radiasi polikromatis dan terjadinya hamburan radiasi.

## 2.8 Spektrometri Serapan Atom <sup>[11,12]</sup>

Spektrometri Serapan Atom (SSA) adalah salah satu metoda analisis yang dapat digunakan untuk menentukan unsur-unsur (terutama logam) dalam suatu bahan dengan kepekaan, ketelitian dan

selektivitas yang tinggi. Metoda ini berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Cahaya pada panjang gelombang tertentu mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Dengan absorpsi energi berarti memperoleh lebih banyak energi suatu atom pada keadaan dasar dinaikkan tingkat energinya ke tingkat eksitasi. Tingkat-tingkat eksitasi bermacam-macam, masing-masing sesuai dengan panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang dari tingkat eksitasi yang menghasilkan garis spektrum yang tajam dengan intensitas maksimum disebut sebagai garis resonansi.

Keberhasilan analisis tergantung pada proses eksitasi dan cara memperoleh garis resonansi yang tepat. Suhu nyala harus sangat tinggi. Hal ini dapat diterangkan dengan persamaan :

$$\frac{N_j}{N_0} = \frac{P_j}{P_0} \exp^{(-E_j/kT)} \quad (2.9)$$

Dengan  $N_j$  dan  $N_0$  masing-masing jumlah atom tereksitasi dan atom pada keadaan dasar,  $K$  tetapan Boltzman (  $1,38 \times 10^{-16}$  erg /K ),  $T$  suhu absolut (K),  $E_j$  perbedaan energi tingkat eksitasi dan tingkat dasar.  $P_j$  dan  $P_0$  faktor statistik yang ditentukan oleh banyaknya tingkat yang mempunyai energi setara dengan masing-masing tingkat kuantum.

Sebelum dideteksi, unsur diatomkan terlebih dahulu dengan cara pemanasan yang memanfaatkan nyala api dengan tungku dan

cara elektrotermal. Waktu pemanasan dengan pemanfaatan nyala api merupakan cara paling umum digunakan yaitu dengan penyemprotan larutan yang dianalisis ke dalam suatu nyala api tertentu. Berbagai nyala api dapat digunakan antara lain: udara-hidrogen, udara-asetilen dan  $N_2O$ -asetilen. Pemilihan nyala disesuaikan berdasarkan pada sifat-sifat unsur yang akan dianalisis. Logam tembaga menggunakan nyala udara - asetilen dengan panjang gelombang 304 nm.

