

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Bioselulosa *Nata de coco*

Bioselulosa adalah selulosa yang dihasilkan oleh bakteri. Salah satu bioselulosa yang terus dikembangkan saat ini adalah *nata de coco*. *Nata de coco* merupakan selulosa murni yang dihasilkan dari fermentasi bakteri *Acetobacter xylinum* pada media air kelapa (Piluharto, 2003; Ansori, 1992). *Acetobacter xylinum* merupakan bakteri asetat yang digolongkan dalam famili *pseudomonas* dan genus *acetobacter* (Brown, 1996). *Acetobacter xylinum* mampu memfermentasi media pertumbuhannya. Fermentasi adalah metabolisme yang mengoksidasi glukosa tanpa bantuan oksigen yang menghasilkan etanol (fermentasi alkohol) atau asam laktat (fermentasi laktat) (Wilbraham dan Matta, 1992).

Air kelapa dapat digunakan sebagai media fermentasi karena mengandung beberapa vitamin yang berfungsi sebagai binutrisi bakteri serta merupakan media pertumbuhan bakteri yang paling baik (Margaretha, 1993). Gula yang terdapat di dalam air kelapa mudah terfermentasi menjadi alkohol maupun asam asetat. Air kelapa memiliki komposisi seperti pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 (Endang dan Indrati, 1993).

Tabel 2.1 Komposisi air kelapa (Endang dan Indrati, 1993).

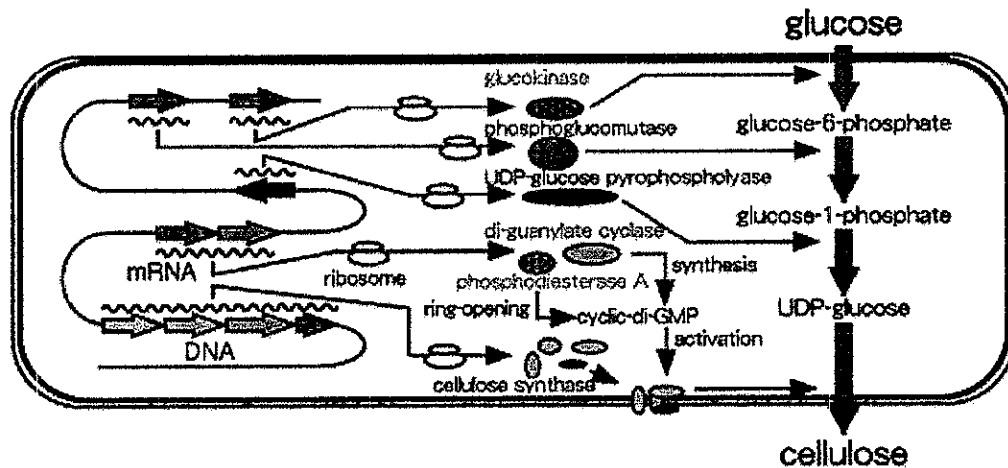
Komposisi	Kadar Maksimum (%)
Air	95,50
Kalium	6,60
Zat Padat total	4,71
Gula total	2,08
Gula reduksi	0,80
Kalium Oksida	0,69
Mineral (abu)	0,62
Asam fosfat	0,56
Fe	0,50
Nitrogen	0,05

Tabel 2.2 Komposisi vitamin dalam air kelapa (Endang dan Indrati, 1993).

Vitamin	Kadar ( $\mu\text{g/mL}$ )
Asam nikotinat (vitamin B1)	0,01
Biotin (vitamin B6)	0,02
Asam pantotenat (vitamin B12)	0,52
Riboflavin (vitamin B6)	0,01
Asam folat (vitamin B12)	0,03

Bioselulosa terbentuk dari glukosa yang terikat dalam bentuk  $\beta$ . Jika pada media terdapat glukosa dalam bentuk  $\alpha$  akan diubah dalam bentuk  $\beta$  dengan bantuan enzim *isomerase* dalam bakteri *Acetobacter xylinum*. Setelah semua glukosa ada dalam bentuk  $\beta$  maka akan diikat menjadi bioselulosa dengan ikatan

1,4-β-glikosida dengan bantuan enzim *polimerase* pada bakteri *Acetobacter xylinum* (Piluharto, 2003).

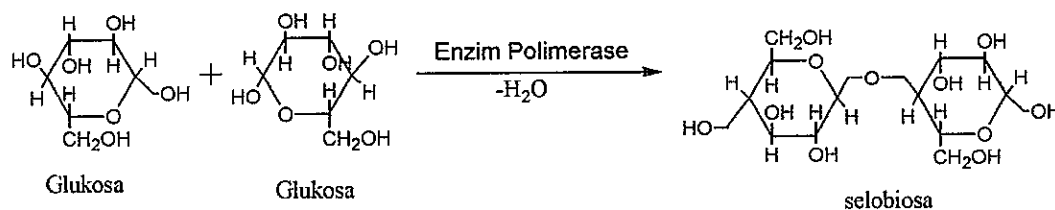


Gambar 2.1 Sintesis selulosa dalam sel *Acetobacter xylinum* (Wankei, 2001).

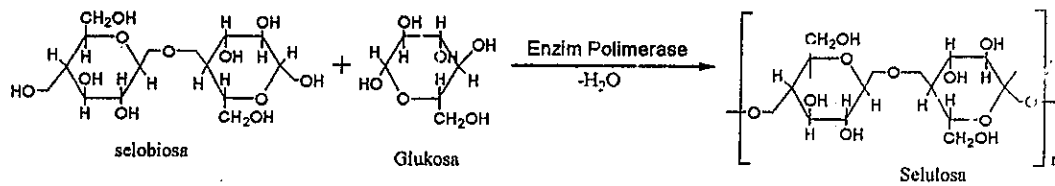
Dalam sel bakteri *Acetobacter xylinum* pembentukan bioselulosa tersebut melalui beberapa tahap. Tahap pertama, glukosa diubah menjadi glukosa 6-fosfat dengan bantuan enzim glukokinase. Tahap kedua, glukosa-6-fosfat dirombak menjadi glukosa-1-fosfat dengan bantuan enzim fosfoglukomutase. Tahap ketiga glukosa-1-fosfat dengan bantuan enzim UDP-glukosa pirofosfoliase menghasilkan UDP-glukosa. Pada tahap keempat UDP-glukosa dengan bantuan enzim selulosasintase yang diaktifkan oleh siklik-di-GMP menghasilkan selulosa.

Mekanisme pembentukan bioselulosa sebagai berikut.

Tahap 1: Pembentukan selobiosa



## Tahap 2: Pembentukan bioselulosa dari selobiosa

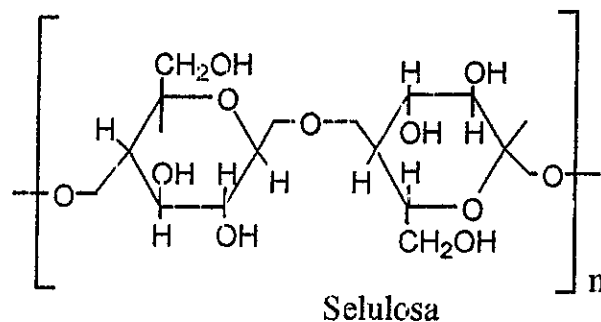


Semakin banyak perkembangbiakan *Acetobacter xylinum* maka selulosa yang dihasilkan semakin banyak (Ansori, 1992).



Gambar 2.2 Penampakan mikroskop elektron bioselulosa (Wankei, 2002).

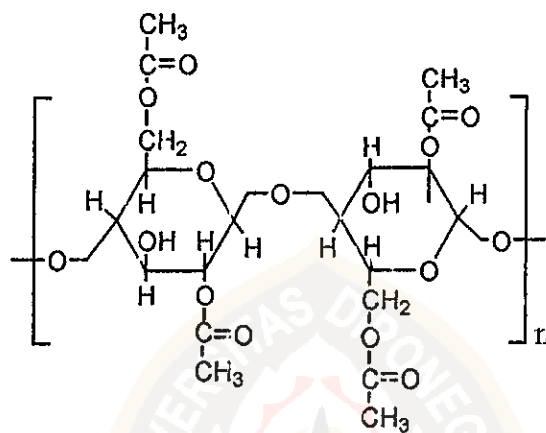
Selulosa tanaman dan bioselulosa mempunyai kesamaan struktur kimia, tetapi berbeda sifat fisika dan kimianya. Berdasarkan struktur kimia, selulosa merupakan polimer alam paling sederhana yang terdiri atas unit ulang 1,4- $\beta$ -D glukosida (D-glukosa yang terikat melalui karbon 1 dan 4 oleh ikatan-ikatan  $\beta$ ) (Stevens, 1998).



Gambar 2.3 Struktur selulosa (Wilbraham dan Matta, 1992).

## 2.2 Selulosa asetat

Selulosa asetat adalah padatan yang tidak beracun, tidak berbau, tidak berasa, dan berwarna putih (Sjöström, 1995). Pada umumnya selulosa asetat yang dihasilkan dari suatu reaksi sintesis lebih banyak membentuk selulosa diasetat dan sangat sedikit dalam bentuk selulosa triasetat. Struktur selulosa diasetat dilihat oleh gambar 2.4.



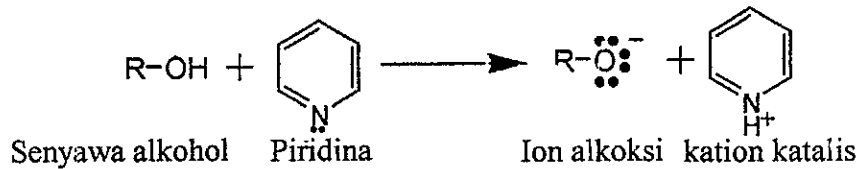
Gambar 2.4 Struktur selulosa diasetat (Yoshito dan Nagawa, 1992).

## 2.3 Asetilasi

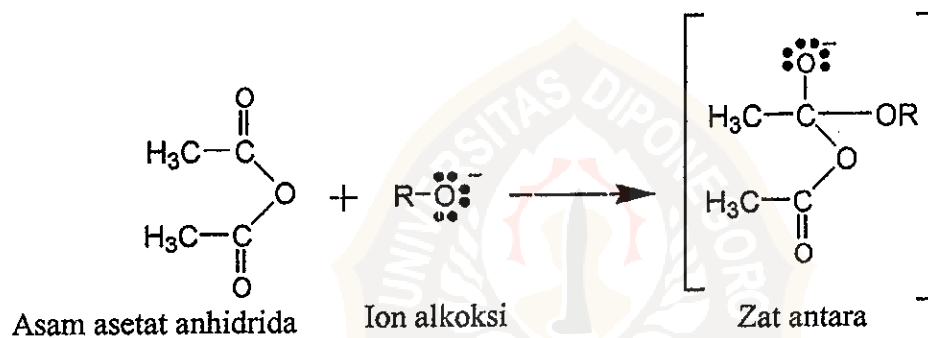
Reaksi asetilasi adalah reaksi yang mengalihkan gugus asil kepada gugus hidroksil dalam selulosa (Wibraham dan Matta, 1992). Asetilasi dapat dilaksanakan dengan memanaskan alkohol (alkoholisis) dengan asam asetat anhidrida saja atau ditambahkan zat pemercepat reaksi, seperti asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), barium flourida, dan piridina ( $C_5H_5N$ ) (Fieser dan Fieser, 1964; Fessenden dan Fessenden, 1997).

Menurut Fieser dan Fieser (1964) reaksi asetilasi dengan katalis basa dapat dilakukan melalui beberapa tahap berikut.

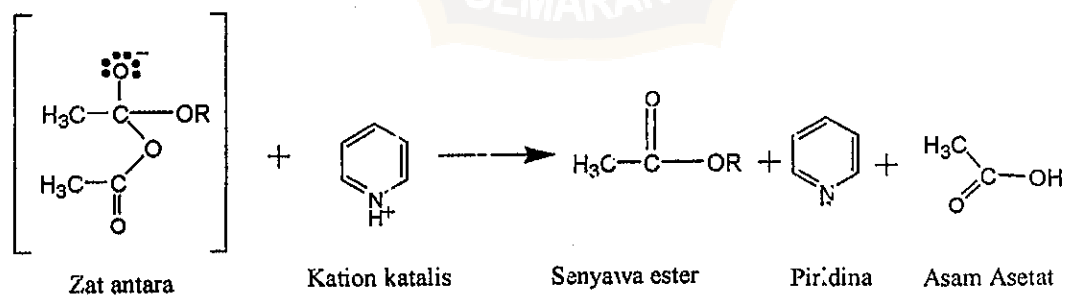
Tahap 1 : Katalis basa, misalnya piridina, mempengaruhi pembentukan ion nukleofil alkoksi yang kuat.



Tahap 2 : Ion nukleofil alkoksi menyerang asam asetat anhidrida membentuk zat antara.



Tahap 3 : Zat antara bereaksi dengan kation-katalis menimbulkan pembentukan senyawa ester dan katalis.

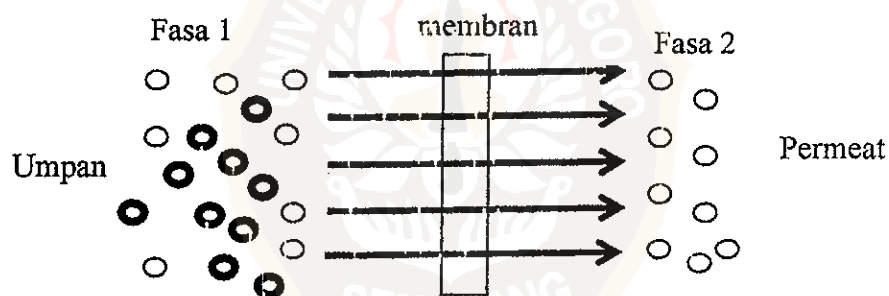


Reaksi asetilasi dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa polihidroksi, karena biasanya alkohol tersier tidak dapat diasilasi sehingga gugus hidroksil tersier dapat dibedakan dari gugus primer dan sekunder (Fieser dan

Fieser, 1964). Senyawa karbohidrat, misalnya selulosa, memiliki gugus-gugus hidroksil yang memiliki sifat sama dengan gugus-gugus hidroksil dalam alkohol. Gugus-gugus hidroksil ini dapat diesterifikasi/diasetilasi oleh asam asetat anhidrida dengan suatu katalis basa (misalnya piridina) membentuk senyawa ester (Fessenden dan Fessenden, 1997).

## 2.4 Membran

Membran adalah lapisan tipis berpori yang memiliki sifat penghalang terhadap suatu materi. Membran mempunyai sifat transfer selektif yang artinya materi yang memiliki ukuran lebih besar dari pori membran akan tertahan dan materi dengan ukuran lebih kecil dapat melewati membran.



Gambar 2.5 Proses pemisahan menggunakan membran (Mulder, 1996).

Pada gambar 2.5 memperlihatkan proses pemisahan dengan membran. Fasa 1 disebut umpan yang terdiri dari bermacam-macam komponen/partikel yang akan dipisahkan. Fasa 2 disebut permeat yaitu hasil pemisahan dengan membran (Mulder, 1996). Pemisahan pada membran terjadi karena partikel-partikel tersebut berdifusi melalui membran dengan adanya gaya penggerak. Gaya penggerak

tersebut dapat berupa perbedaan konsentrasi ( $\Delta C$ ), perbedaan tekanan ( $\Delta P$ ), perbedaan temperatur ( $\Delta T$ ) dan perbedaan energi potensial listrik ( $\Delta E$ ). Pada kenyataannya tidak ada membran semipermeabel ideal yang dapat memisahkan suatu komponen secara sempurna (Mulder, 1996).

Menurut Yoshito dan Nagawa (1992) berdasarkan strukturnya membran dapat dikelompokkan ke dalam kelompok berikut.

1. Membran rapat (*Dense membranes*)

Kerapatan membran berperan penting dalam proses pemisahan molekul kecil meskipun membrannya sangat tipis.

2. Membran berlubang (*Porous membranes*)

Lubang membran sangat penting dalam mendukung kerapatan membran. Oleh karena itu membran harus mempunyai gaya gerak yang melawannya, seperti tekanan tinggi pada pemisahan ultrafiltrasi dan osmosis balik.

3. Membran asimetrik

Membran asimetrik adalah membran yang tersusun atas lapisan tipis rapat pada permukaan dan lapisan pendukung pada bagian dalamnya.

4. Membran Langmuir-Blodgett

Membran homogen dengan kerapatan kulit memiliki ketebalan kira-kira 0,1 sampai 2  $\mu\text{m}$ . Ketipisan membran diharapkan menambah efisiensi pemisahan.

Sedangkan menurut Mulder (1996) membran dapat dikelompokkan berdasarkan gaya penggerak pada proses pemisahannya.



### 1. Proses pemisahan dengan gaya penggerak tekanan

Membran memisahkan partikel-partikel terlarut dengan gaya penggerak tekanan merupakan rangkaian proses-proses yang dirancang untuk memisahkan partikel-partikel terlarut atau tersuspensi dengan ukuran berbeda menggunakan membran dengan ukuran pori yang tepat. Berdasarkan ukuran pori membran dan ukuran partikel dapat dibedakan proses mikrofiltrasi, ultrafiltrasi dan osmosis balik.

Tabel 2.3 Perbedaan membran mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, dan osmosis balik (Mulder, 1996).

	<b>Mikrofiltrasi</b>	<b>Ultrafiltrasi</b>	<b>Osmosis Balik</b>
<b>Struktur</b>	Simetrik Asimetrik	Asimetrik berpori	Asimetrik gabungan
<b>Ketebalan lapisan</b>	10-150 $\mu\text{m}$	150 $\mu\text{m}$	Lapisan atas = 1,0 $\mu\text{m}$ Lapisan bawah = 150 $\mu\text{m}$
<b>Ukuran pori</b>	0,05-10 $\mu\text{m}$	1-100 nm	< 2 nm
<b>Prinsip Pemisahan</b>	Penyaringan	Penyaringan	Difusi larutan

### 2. Proses pemisahan dengan gaya penggerak perbedaan konsentrasi

Proses penyaringan berlangsung melalui difusi yaitu migrasi suatu spesi akibat gradien konsentrasi. Zat terlarut suatu larutan dengan konsentrasi tinggi melewati membran dan masuk ke dalam larutan dengan konsentrasi lebih rendah. Aplikasi antara lain pada proses cuci darah dan penurunan kadar alkohol pada industri bir.

3. Proses pemisahan dengan gaya penggerak potensial listrik.

Perbedaan potensial listrik digunakan untuk memisahkan ion-ion dalam larutan. Misalnya pada pemurniaan air laut, maka ion-ion positif larutan akan bergerak ke kutub katoda dan ion-ion negatif ke kutub anoda. Proses perpindahan diseleksi oleh suatu membran pengantar listrik.

4. Proses pemisahan dengan gaya penggerak temperatur.

Ketika suatu membran memisahkan dua fase berdasarkan temperatur maka panas akan mengalir dari sisi temperatur tinggi ke sisi temperatur rendah.

Contoh aplikasi penggerak jenis ini adalah membran distilasi.

## 2.5 Karakterisasi Membran

Proses pemisahan pada suatu membran berhubungan dengan parameter-parameter struktur dan fungsi membran. Suatu membran berlubang (*porous membrane*) perlu dikarakterisasi terlebih dahulu parameter-parameter struktur dan fungsinya sehingga dapat dipastikan kegunaan membran tersebut.

Parameter-parameter suatu membran yang perlu dikarakterisasi adalah:

1. Parameter yang berhubungan dengan struktur membran.

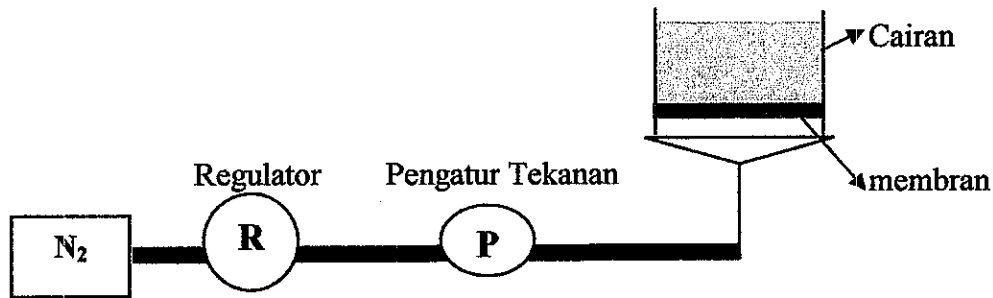
Diantaranya adalah ukuran pori, distribusi ukuran pori, ketebalan lapisan atas dan porositas permukaan.

2. Parameter yang berhubungan dengan penembusan atau fungsi membran.

Diantaranya adalah permeabilitas dan selektifitas membran (Mulder, 1996).

### 2.5.1 Ukuran Pori

Metode yang digunakan untuk menentukan ukuran pori membran yaitu metode titik gelembung (*bubble point method*). Gambaran skematis alat titik gelembung diberikan dalam gambar 2.6.



Gambar 2.6 Skema alat metode titik gelembung (Mulder, 1996).

Membran yang akan ditentukan nilai porinya dibasahi sisinya kemudian sisi membran yang lain diberi tekanan. Sebuah gelembung udara akan menembus membran dengan jari-jari gelembung sama dengan jari-jari pori. Ini berarti sudut kontaknya  $0^\circ$  dan  $\cos \theta = 1$ . Penembusan pertama kali terjadi melalui pori yang terbesar dan tekanan pada saat terbentuk gelembung pertama kali disebut tekanan titik gelembung. Jari-jari pori dihitung dengan persamaan Laplace (Mulder, 1996).

$$\Gamma\rho = \frac{2\gamma}{\Delta P} \cos \Theta \quad (1)$$

dengan  $\Gamma\rho$  = jari-jari pori ( $\mu\text{m}$ )

$\gamma$  = tegangan permukaan cairan-udara (N/m)

P = tekanan (atm)

### 2.5.2 Ketebalan Membran

Ketebalan membran mempengaruhi daya guna membran terutama permeabilitasnya. Membran yang tebal akan menurunkan permeabilitasnya. Oleh karena itu, pembuatan membran diusahakan tidak terlalu tebal dan mempunyai ketebalan yang sama di setiap tempat (Siahaan dan Suseno, 1997).

### 2.5.3 Permeabilitas

Pada proses pemisahan melalui membran, permeabilitas digambarkan sebagai suatu besaran fluks ( $J$ ). Fluks adalah banyaknya volume aliran permeat yang melewati membran persatuan waktu dan persatuan luas membran dengan suatu gaya dorong (Mulder, 1996; Yoshito dan Nagawa, 1992).

$$J = \frac{V}{A \times t \times P} \quad (3)$$

dengan  $V$  = volume permeat yang tertampung (mL)

$A$  = luas membran ( $m^2$ )

$t$  = waktu permeasi (jam)

$P$  = tekanan (atm)

### 2.5.4 Selektivitas

Selektivitas atau rejeksi merupakan koefisien penolakan membran terhadap materi tertentu. Rejeksi ( $R$ ) mempunyai harga 0 – 100%. Makin besar harga  $R$  makin baik nilai pemisahannya (Mulder, 1996; Yoshito dan Nagawa, 1992).

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\% \quad (4)$$

dengan R = rejeksi

$C_p$  = konsentrasi permeat yang melewati membran

$C_f$  = konsentrasi *feed* atau umpan

## 2.6 Spektroskopi Inframerah (IR)

Dalam suatu molekul, atom-atom yang terikat oleh ikatan kovalen mengalami getaran (vibrasi). Apabila radian inframerah diserap oleh molekul, energi tersebut akan menyebabkan kenaikan amplitudo getaran atom-atom yang terikat sehingga molekul berada dalam keadaan vibrasi tereksitasi (Fessenden dan Fessenden, 1999).

Dalam spektrometri IR spektrum getaran yang dihasilkan berupa pita-pita. Letak pita di dalam spektrum IR dinyatakan dengan bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ), sedangkan intensitas pita dinyatakan dengan Transmittansi (T). Dengan demikian spektrometri IR dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsional, karena gugus fungsi tersebut memiliki daerah absorpsi tertentu yang khas (Silverstein, dkk., 1991).

Tabel 2.4 Serapan inframerah selulosa dan selulosa asetat  
(Sastrohamidjojo, 1991).

Jenis ikatan	Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )
-CH <sub>3</sub>	1.450-1.370
-CH <sub>2</sub> -	1.465
-OH	2.860-3.300
C=O ester	1.750-1.730
C-O ester	1.300-1.000
C-O-C	1.300-1.000
Tekukan O-H	1.210-1.440

Daerah spektra yang terdiri dari vibrasi ulur ikatan tunggal dan vibrasi tekuk dari sistem molekul disebut daerah sidik jari. Daerah spektra ini disebut sidik jari karena pada daerah ini setiap molekul mempunyai spektra yang berbeda dan spesifik. Oleh sebab itu spektra serapan yang dihasilkan merupakan gabungan atau hasil dari berbagai interaksi ini dan tergantung pada struktur keseluruhan molekul yang dianalisis (Fessenden dan Fessenden, 1999).

Pada prinsipnya spektrum inframerah dihasilkan dengan cara melewati radiasi inframerah yang telah didispersikan oleh grating menembus sampel kemudian ditangkap oleh detektor dan akhirnya dicetak pada kertas rekorder. Gugus-gugus fungsional sampel yang mengabsorpsi radiasi akan nampak sebagai puncak-puncak pada daerah panjang gelombang tertentu. Spektrum tersebut biasanya dilukiskan sebagai kurva transmisi versus bilangan gelombang (Sastrohamidjojo, 1991).

## 2.7 Spektrometri Ultraviolet-Tampak (UV-Vis)

Transisi elektronik suatu atom adalah pindahannya elektron dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi, yang kemudian akan berpindah ke keadaan dasar lagi. Spektrometri UV-Vis digunakan terutama untuk senyawa-senyawa yang memiliki ikatan rangkap terkonjugasi.

Panjang gelombang tampak terentang sekitar 400 nm (ungu) sampai 750 nm (merah), sedangkan panjang gelombang UV terentang dari 100-400 nm. Besar panjang gelombang UV-tampak tergantung pada mudah tidaknya promosi elektron. Molekul yang membutuhkan energi lebih tinggi akan mempunyai panjang gelombang yang lebih pendek daripada molekul yang membutuhkan energi lebih rendah. Senyawa yang menyerap cahaya pada daerah tampak mempunyai elektron yang lebih mudah dipromosikan daripada senyawa yang menyerap sinar UV. Oleh karena setiap senyawa mempunyai tipe serapan yang karakteristik (berbeda), maka spektrum UV dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis senyawa (Silverstein, dkk., 1991).

## 2.8 Spektrometri Serapan Atom

Spektrometri serapan atom merupakan salah satu metoda analisis kimia yang memiliki kepekaan dan selektivitas yang cukup tinggi dalam penentuan logam. Kelebihan dari metoda ini adalah analisisnya yang cepat, ketelitian tinggi, tidak perlu pemisahan pendahuluan dan dapat menentukan konsentrasi unsur pada konsentrasi kecil (Potter, 1961).

Pada analisis menggunakan spektrometri serapan atom unsur yang dianalisis harus dalam keadaan tingkat energi dasar dan disinari dengan berkas sinar yang berasal dari sumber sinar lampu katoda. Proses ini dilakukan dengan menghisap larutan cuplikan melalui pipa kapiler dan menyemprotkannya ke dalam nyala. Unsur-unsur di dalam sampel diubah menjadi uap atom sehingga nyala mengandung atom unsur-unsur yang dianalisis. Atom-atom ini kemudian menyerap radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi yang terbuat dari unsur-unsur bersangkutan. Panjang gelombang yang diserap atom ini digunakan untuk transisi dari keadaan dasar ke keadaan tertinggi. Energi yang dihasilkan oleh atom yang tereksitasi menuju ke keadaan dasarnya kemudian ditangkap oleh detektor. Spektrometri Serapan atom mengukur konsentrasi unsur total dan tidak membedakan spesies yang ada (Khopkar, 1990).

