

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

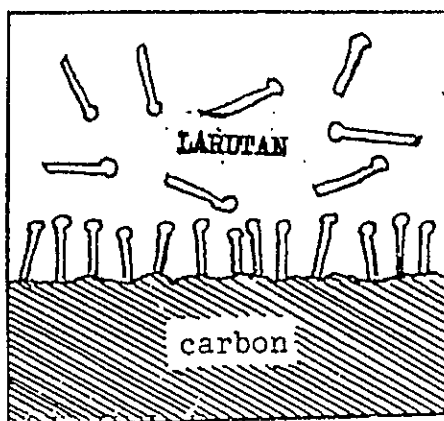
#### 2.1. Adsorpsi

Fenomena adsorpsi yang sekarang ini dikenal, pertama kali ditemukan oleh Karl W. Scheele, seorang ahli kimia Swedia, yang pada tahun 1773 menguraikan percobaan - percobaan pada gas yang dapat diserap oleh karbon. Pada tahun 1785, Lowitz mengamati bahwa arang kayu dapat menghilangkan warna larutan. Selama beberapa tahun kemudian arang kayu dipakai dalam proses pemurnian gula tebu, dan pada tahun 1808 diperluas penggunaannya dalam industri gula bit pertama kali di Perancis. Figuier mempublikasikan penemuannya pada tahun 1811, bahwa arang dari tulang lebih unggul kemampuannya dalam menghilangkan warna dibanding dengan arang dari tumbuh - tumbuhan, hingga kemudian arang dari tulang digunakan baik dalam industri gula tebu maupun gula bit.<sup>(4)</sup>

Adsorpsi adalah suatu sifat yang dimiliki oleh permukaan akibat terjadinya kontak antara dua fasa, misal padat dan cair, padat dan gas, cair dan cair, atau cair dan gas. Lapisan yang terbentuk pada permukaan masing-masing zat dari dua fasa tersebut dinamakan antarmuka (interface). Peristiwa adsorpsi ditunjukkan dengan bertambah atau berkurangnya konsentrasi zat dari sistem dalam antarmuka ini.<sup>(4)</sup>

Ada 5 tipe antarmuka yang mungkin<sup>(4)</sup> :

- cair//gas                      -cair//padat                      -padat//gas
- cair//cair                      -padat//padat



Gambar II.1 : Antarmuka karbon dengan larutan<sup>(4)</sup>

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain<sup>(9)</sup> :

- sifat fisika dan kimia dari adsorben (zat penyerap), antara lain : luas permukaan, ukuran pori, komposisi kimia dan sebagainya.
- sifat kimia dan fisika dari adsorbat (zat terserap), antara lain : ukuran molekul, polaritas molekul, komposisi kimia, dan sebagainya.
- konsentrasi adsorbat dalam larutan.
- karakteristik larutan, antara lain : pH, suhu.

### 2.1.1 Jenis Adsorpsi

Ada dua jenis adsorpsi, yaitu<sup>(5)</sup>:

- a. Adsorpsi fisika (Van der Waals adsorption); terjadi jika adsorbat dan permukaan adsorben berinteraksi hanya oleh gaya Van der Waals, molekul-molekul yang diadsorpsi terikat lemah ke permukaan dan panas adsorpsinya rendah, umumnya kurang dari 15 - 20 kkal/mol, bersifat reversibel dan antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben tidak terjadi reaksi.
- b. Adsorpsi kimia (chemisorption) ; terjadi jika molekul - molekul adsorbat bereaksi kimia dengan permukaan adsorben, bersifat irreversibel, panas adsorpsinya besar hingga 100 kkal/mol.

Proses adsorpsi pada umumnya dilakukan pada suhu konstan. Persamaan yang sering digunakan dalam proses adsorpsi isoterm untuk larutan adalah persamaan adsorpsi isoterm Freundlich<sup>(6)</sup>:

$$x/m = k C^n \dots\dots\dots (1)$$

di mana  $x$  = banyaknya adsorbat yang terserap ( g )

$m$  = berat adsorben ( g )

$C$  = konsentrasi adsorbat dalam larutan (g/L)

$n$  = konstanta, berharga 0,1 - 0,5

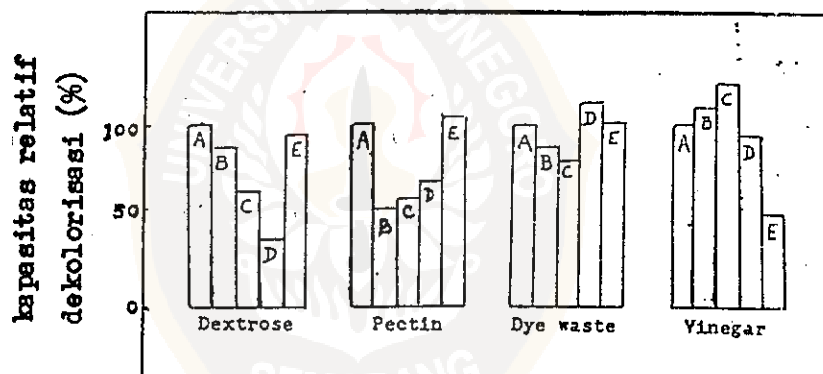
$k$  = konstanta yang lain

### 2.1.2 Proses penghilangan warna (decolorization)

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses penghilangan warna (decolorization), yaitu<sup>(1)</sup>:

#### 1. Jenis karbon aktif

Tidak ada satu jenis karbon yang paling baik untuk semua aplikasi. Kemampuan karbon aktif dalam menghilangkan warna tergantung pada sampel dari suatu produk yang diteliti. pH karbon aktif dan kandungan abu perlu diuji, pH yang rendah tidak dapat digunakan untuk proses pemurnian gula tebu/sukrosa, kandungan abu yang tinggi tidak dapat digunakan untuk gliserin.



Gambar II.2 : Kemampuan penghilangan warna relatif dari lima jenis karbon<sup>(1)</sup>

Lamanya proses penghilangan warna ditentukan juga oleh bentuk dan ukuran karbon aktif yang berpengaruh

terhadap kapasitas/daya serapnya serta molekul adsorbat yang akan diserap dari larutan.

Tabel II.1 : Pengaruh jenis karbon pada adsorpsi terhadap zat warna<sup>(4)</sup>

Kode Karbon	Zat warna	zat warna (mmol/g karbon) 25°C		
		5 menit	10 menit	60 menit
G	Metilena biru	0,82	0,82	0,83
J			0,44	0,46
K			0,63	0,66
G	Malasit hijau	0,95	1,04	1,07
J			0,27	0,30
K			0,59	-
G	Alizarin merah	1,21	1,25	1,25
J			0,55	0,60
K			0,52	0,59

## 2. Suhu

Naiknya suhu dapat mempercepat laju adsorpsi karena penurunan viskositas dari larutan, meningkatnya difusi (penyebaran) molekul-molekul zat terlarut dan mempercepat pemindahan gas-gas sebelum diserap dari pori-pori karbon.

Jumlah zat warna yang akan dihilangkan/diadsorpsi, dapat ditingkatkan dengan pengaturan suhu, tetapi pengaruhnya tidak besar tergantung pada karakteristik sistem yang diteliti, sehingga proses penghilangan warna mungkin

meningkat, menurun, atau tidak mengalami perubahan dengan naiknya suhu, tergantung dari jenis karbon aktif.

Tabel II.2 : Pengaruh suhu pada adsorpsi terhadap zat warna<sup>(4)</sup>

Kode Karbon	Zat warna	zat warna (mmol/g karbon) *	
		25°C	80°C
G	Metilena biru	0,83	0,85
H		0,37	0,39
J		0,46	0,56
G	Malasit hijau	1,07	1,08
H		0,45	0,53
J		0,30	0,42
G	Alizarin merah	1,25	1,15
H		0,60	0,55
J		0,56	0,66

\* waktu adsorpsi 60 menit

Dalam beberapa kasus, penghilangan warna yang dilakukan pada suhu tinggi memberi keuntungan terhadap larutan yang warnanya pekat.

### 3. pH

Seringkali zat-zat warna yang terdapat dalam hasil pertanian tergolong jenis zat warna asam, tetapi ada juga yang tergolong jenis zat warna basa.

Adsorpsi terhadap zat warna dapat dipengaruhi oleh perubahan pH, pH asam jarang disukai dan dalam beberapa pemakaian merugikan, meskipun pH asam seringkali membantu mengurangi/menghilangkan zat warna. pH optimum tergantung dari masing-masing sistem yang dipelajari dan mungkin tidak dapat diterima dalam proses produksi suatu zat, karena penambahan reagen untuk mengatur pH dapat mempengaruhi/merusak produk.

Pengaruh pH terhadap adsorpsi dapat diketahui dengan menggunakan zat warna.

#### 4. Konsentrasi dan Waktu

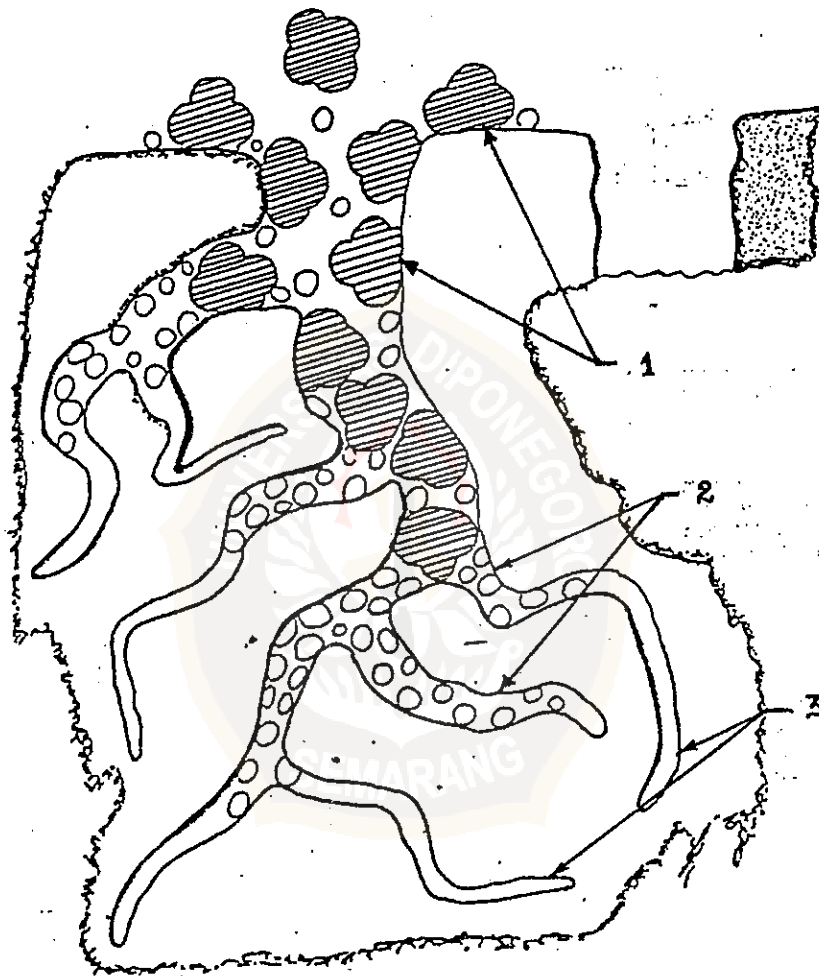
Variabel ini dapat diatur untuk memperoleh proses adsorpsi zat warna yang optimal.

#### 2.2. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah karbon yang telah diaktifkan, sehingga mempunyai daya serap yang tinggi terhadap zat warna, zat berbau, zat beracun, dan sebagainya.

Daya serap yang tinggi dari karbon aktif ini, dikarenakan karbon aktif mempunyai luas permukaan yang besar, yaitu  $300 - 2500 \text{ m}^2/\text{g}$ .<sup>(7)</sup>

Luas permukaan yang besar disebabkan karena karbon aktif mempunyai permukaan dalam yang berongga, sehingga karbon aktif mempunyai kemampuan menyerap yang tinggi terhadap gas/uap atau zat yang berada dalam larutan.<sup>(3)</sup>



Gambar II.3 : Struktur pori karbon aktif<sup>(3)</sup>



Keterangan gambar :

1. Ruang yang dapat dimasuki pelarut dan zat terlarutnya.
2. Ruang yang hanya dapat dimasuki pelarut dan zat terlarut yang lembut.
3. Ruang yang hanya dapat dimasuki oleh pelarut saja.

Hassler membedakan karbon aktif menurut bentuknya, meliputi : pelet simetrik ( symmetrical pellets ), butiran (granules), serbuk (powder), dan bentuk-bentuk khusus yang sesuai.

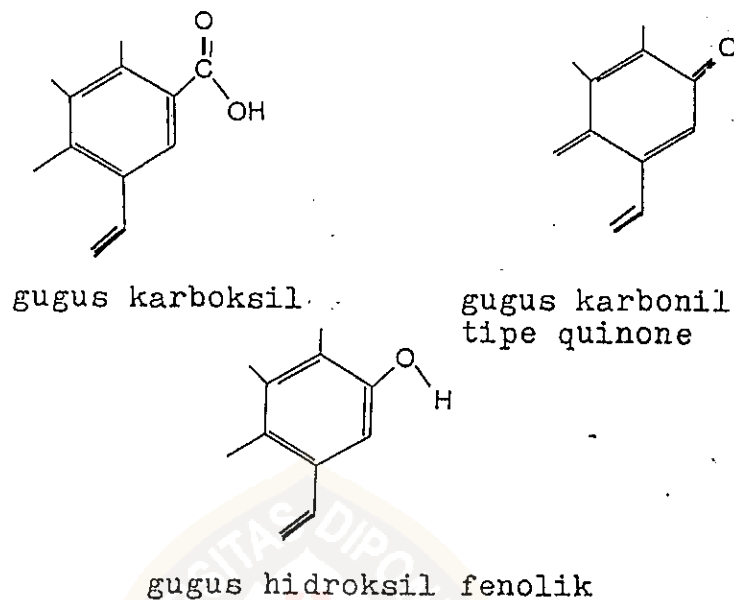
Sifat-sifat umum karbon aktif adalah berwarna hitam, tidak larut dalam air, asam, basa, dan pelarut organik.<sup>(9)</sup>

#### Struktur Kimia Karbon Aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif tidak hanya ditentukan oleh struktur porinya, tetapi ditentukan juga oleh komposisi kimianya.<sup>(9)</sup>

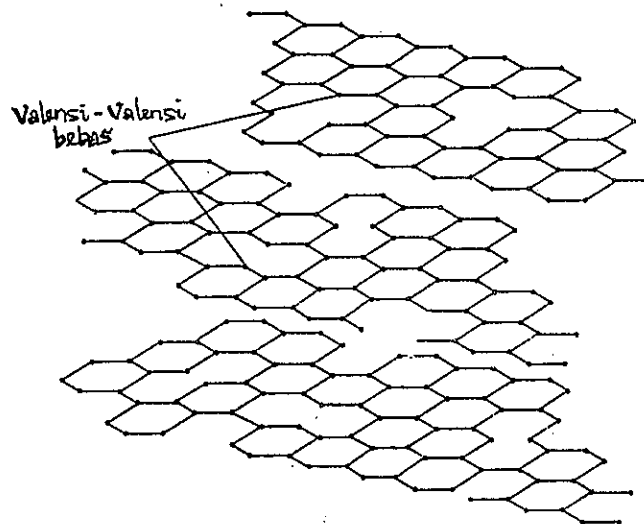
Karbon aktif mengandung elemen-elemen yang terikat secara kimia, yaitu oksigen dan hidrogen. Oksigen (O) dan hidrogen (H) dapat berasal dari bahan baku yang tertinggal akibat ketidaksempurnaan dalam proses karbonisasi atau dapat terikat secara kimia pada proses aktivasi karbon aktif tersebut. Adanya O dan H mempunyai pengaruh yang besar pada sifat-sifat karbon aktif. Elemen-elemen ini

bergabung dengan atom-atom karbon melalui ikatan kimia dan membentuk gugus fungsional tertentu.<sup>(9)</sup>



Gambar II.4 : Gugus fungsi pada permukaan karbon aktif<sup>(8)</sup>

Hasil penyelidikan dengan sinar-X pada karbon aktif yang dilakukan oleh Hoffman dan Wilms, menunjukkan bahwa struktur karbon aktif menyerupai graphite yang lapisan-lapisannya tersusun paralel. Jarak atom C - C dalam tiap lapisan identik dengan grafit, tetapi jarak antar lapisan pada struktur karbon aktif lebih besar, kira-kira 3,6 Å.<sup>(8)</sup>



Gambar II.5 : Struktur karbon aktif<sup>(8)</sup>

Sifat yang penting dari karbon aktif adalah aktivitas serapannya, yang dipengaruhi oleh luas permukaan, gugus fungsi, porositasnya sebagai mikropori yang memudahkan penyerapan. Karbon aktif yang mempunyai kerapatan tinggi dan keras biasanya digunakan untuk penyerapan gas, uap, dan dalam ukuran partikel kecil dapat digunakan untuk penyerapan dalam larutan. Karbon aktif yang mempunyai kerapatan rendah dan lunak digunakan untuk menghilangkan bau dalam larutan. Dalam bentuk serbuk dengan kemurnian tinggi digunakan untuk pengobatan.<sup>(4)</sup>

### 2.3. Zat Warna Metilena Biru (Methylene Blue)

Warna dari suatu senyawa organik berhubungan dengan adanya gugus-gugus tertentu dalam molekulnya, yang disebut gugus pembawa warna/kromofor, contohnya<sup>(9,10)</sup> :

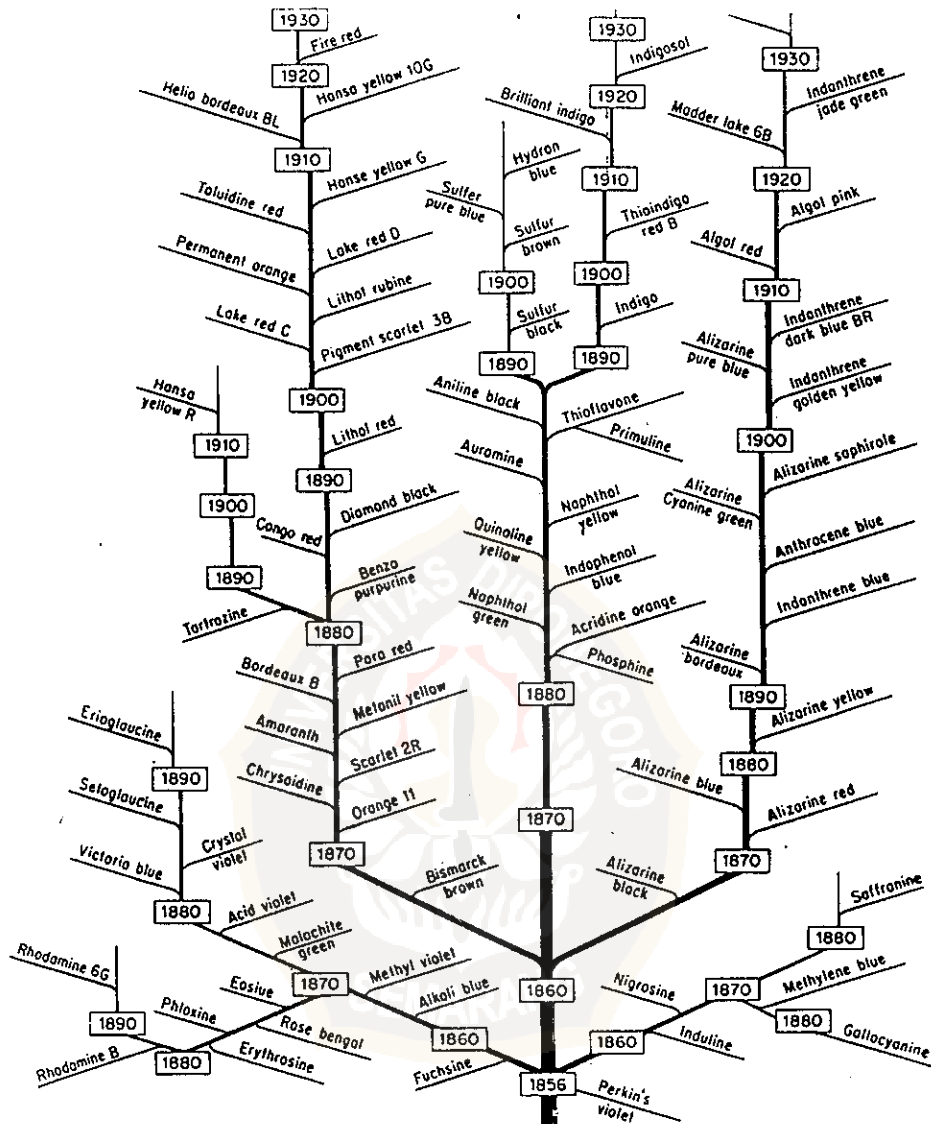
gugus azo,  $-N=N-$ , gugus karbonil,  $-C=O$ , gugus nitro,  $-N=O$ ,  
gugus thio,  $-C=S$ , gugus alkena,  $-C=C-$ , gugus alkuna,  $-C\equiv C-$ ,  
dan gugus nitroso  $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{N} \\ \diagdown \\ \text{O}^- \end{array}$ .

Warna dari suatu senyawa dapat menjadi lebih gelap dengan bertambahnya berat molekul, khususnya dengan bertambahnya jumlah kromofor.

Ada beberapa buah substituen yang dapat mempermuda atau mempertua warna yang sudah ada sebelumnya, walaupun substituen itu sendiri tidak berwarna, gugus tersebut dinamakan gugus auksokrom (peningkat warna), contohnya :  $-NH_2$ ;  $-NHR$ ;  $-NR_2$ ;  $-SO_3H$ ;  $-OH$ ;  $-COOH$ ; dan  $-X$  (  $X$  : ion halogen ).<sup>(9)</sup>

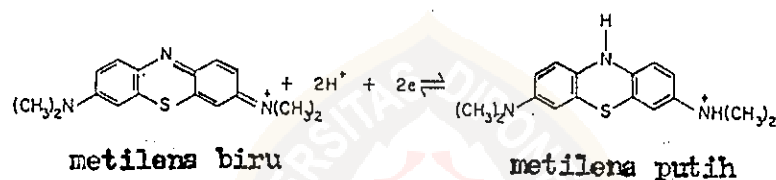
Gugus  $-NH_2$ , dan  $-NR_2$  larut dalam asam, sedangkan gugus  $-OH$ ,  $-SO_3H$ , dan  $-COOH$  larut dalam basa<sup>(10)</sup>.

Berdasarkan sifat asam atau basanya, zat warna dibedakan menjadi dua, yaitu zat warna basa, yaitu zat warna yang mengandung satu atau lebih gugus-gugus :  $-NH_2$ ,  $-NHR$ ,  $-NR_2$  ; zat warna asam, yaitu zat warna yang mengandung satu atau lebih gugus-gugus :  $-COOH$  ,  $-SO_3H$ .<sup>(9)</sup>



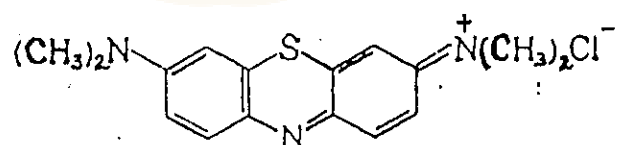
Gambar II.6 : Perkembangan zat warna organik<sup>(10)</sup>

Metilena biru adalah zat warna bersifat basa golongan thiazine dengan colour index nomor 52015, dikenal juga dengan nama tetrametilitioninklorida, berwarna biru kehijauan, berbentuk kristal dan dalam analisa volumetrik digunakan sebagai indikator redoks. Metilena biru (berwarna biru) dan metilena putih (tak berwarna) merupakan sistem oksidasi reduksi yang reversibel, harga  $E^0$  adalah 0,52 volt pada pH = 0. <sup>(11,12)</sup>



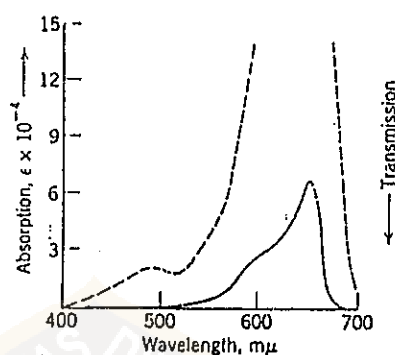
Gambar II.7 : Reaksi reduksi metilena biru <sup>(12)</sup>

Metilena biru adalah zat warna dengan rumus molekul  $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{S} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Rumus struktur molekul ini adalah :



Gambar II.8 : Struktur molekul metilena biru <sup>(13)</sup>

Molekul ini larut dalam air, alkohol, dan kloroform, tetapi tidak larut dalam eter. Sifat spektroskopi molekul ini mempunyai panjang gelombang serapan maksimum ( dalam pelarut air ) pada 663-667 nm.



Gambar II.9 : Pola spektra metilena biru dalam pelarut metanol<sup>(13)</sup>

#### 2.4. Sukrosa

Gula tebu dikenal dengan nama sukrosa atau sakarosa, yang berasal dari nama Latin tanaman tebu, yaitu *Saccharum officinarum*.<sup>(2)</sup>

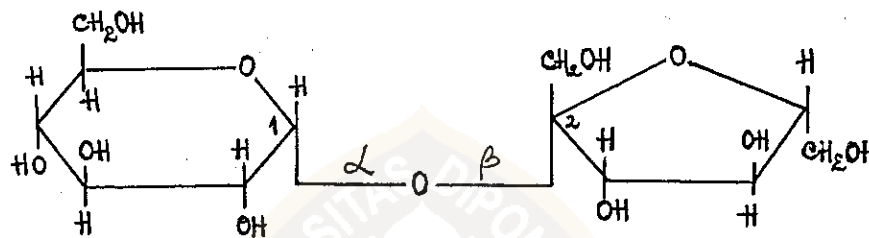
##### 1. Sifat-sifat fisik sukrosa :

- Berwarna putih.
- Rasanya manis.
- Berbentuk kristal monoklinik anhidrat, dengan kerapatan 1,606 g/cm<sup>3</sup>.

- Berat jenis bervariasi 1,033 - 1,106.
- Kelarutan : sangat larut dalam air dan alkohol, tetapi tidak larut dalam kloroform, eter, gliserin.
- Rotasi spesifik sebesar  $66,5^{\circ}$ , berotasi optik ke kanan.

## 2. Sifat-sifat kimia sukrosa :

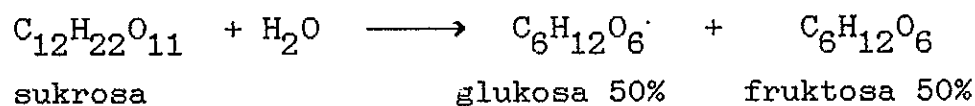
- Sukrosa adalah disakarida dari glukosa dan fruktosa, yang dihubungkan oleh ikatan hasil dari eliminasi molekul air.



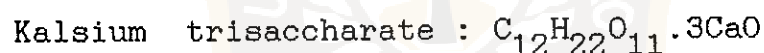
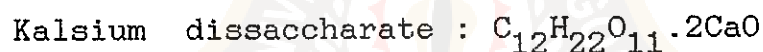
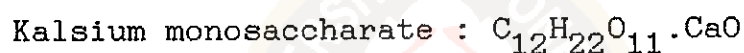
Gambar II.10 : Struktur molekul sukrosa

- Sukrosa kering relatif stabil, melebur pada suhu  $160^{\circ}\text{C}$ . Pada suhu tinggi  $190-220^{\circ}\text{C}$  sukrosa akan terdekomposisi dan dihasilkan karamel, pada pemanasan lebih jauh akan terurai menjadi  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , asam asetat dan aseton.
- Tidak dapat mereduksi larutan Fehling.
- Mudah dihidrolisis oleh enzim sakarosa (invertase) atau oleh pengaruh asam mineral encer untuk membentuk campuran molekul-molekul glukosa dan fruktosa yang sama banyak, yang disebut gula inversi, reaksinya :





- Reaksi terhadap asam : dengan asam mineral pekat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat) akan mengikat air dari molekul - molekul sukrosa padat dan dihasilkan karbon/arang hitam.
- Reaksi terhadap basa : basa lemah dan encer seperti  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{KOH}$ , dan  $\text{NaOH}$  tidak akan mendekomposisi sukrosa. Basa pekat mendekomposisi sukrosa menjadi asam laktat, asam formiat, asam asetat, yang bergabung dengan basa yang ada membentuk garam. Dengan air kapur membentuk senyawa *Saccharates* yang molekulnya bervariasi tergantung jumlah basa yang bereaksi, contohnya :



## 2.5. Spektrofotometri

Spektrofotometri adalah salah satu metoda analisa yang menggunakan spektrum radiasi elektromagnetik untuk menganalisa materi. Instrumen yang digunakan disebut spektrofotometer.<sup>(11)</sup>

Komponen-komponen penting dari spektrofotometer adalah<sup>(14)</sup>: sumber cahaya, monokromator, sel serapan (kuvet), detektor, meter atau rekorder.

Berdasarkan daerah spektrum elektromagnetik, spektrofotometer-UV/Vis mempunyai jangkauan pengukuran serapan pada panjang gelombang 200 - 750 nm, sedangkan spektrofotometer inframerah berada pada daerah spektrum di atas 750 nm dan digunakan untuk pengenalan senyawa / gugus fungsi.<sup>(15)</sup>

Dalam analisa kimia, peristiwa absorpsi merupakan dasar dari cara spektroskopi, karena proses absorpsi bersifat spesifik untuk setiap zat kimia. Di samping itu, besarnya absorpsi berbanding lurus dengan banyaknya zat kimia.<sup>(11)</sup>

Absorpsi energi direkam sebagai absorbans pada suatu panjang gelombang tertentu, didefinisikan sebagai :

$$A = \log \frac{I_0}{I} \dots \dots \dots (2)$$

dengan A = absorbansi,  $I_0$  = intensitas cahaya rujukan, dan I = intensitas cahaya sampel.

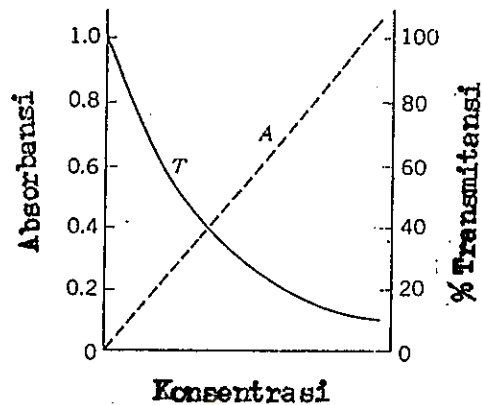
Absorbansi suatu senyawa bergantung pada panjangnya sel sampel dan konsentrasi zat yang dianalisa, oleh Lambert - Beer diungkapkan dalam persamaan<sup>(15)</sup> :

$$A = a b c \dots \dots \dots (3)$$

di mana : A = absorbansi, a = absorptivitas, b = panjang sel (cm), c = konsentrasi.

Hubungan absorbansi dengan transmitansi (T) adalah<sup>(15)</sup>:

$$A = - \log T \dots\dots\dots (4)$$



Gambar II.11 : Grafik absorbansi dan transmitansi terhadap konsentrasi<sup>(14)</sup>

