

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Fotokatalisis**

Fotokatalisis adalah reaksi perpaduan antara fotokimia dan katalis. Proses reaksi fotokimia melibatkan suatu cahaya (foto). Fotokatalisis sendiri adalah suatu proses yang dibantu oleh adanya cahaya dan material katalis. Katalis adalah suatu zat yang mempengaruhi proses laju reaksi tanpa ikut berubah secara kimia. Katalis dapat mempercepat fotoreaksi melalui interaksinya dengan substrat baik keadaan dasar maupun tereksitasi atau dengan fotoproduk utamanya, tergantung pada mekanisme fotoreaksi tersebut (Otmer dan Kirk, 1994).

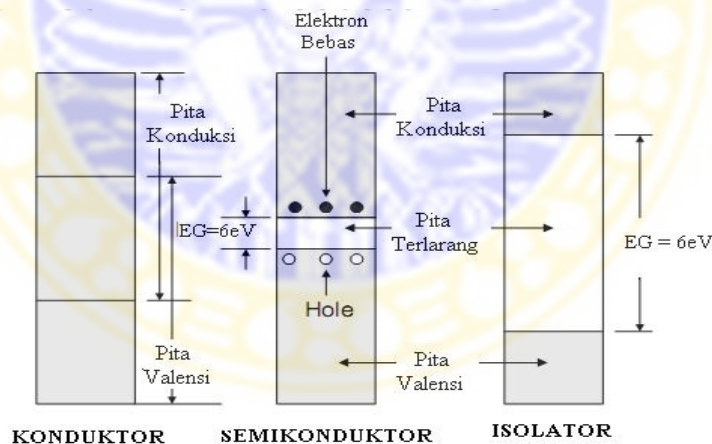
#### **2.2 Fotodegradasi**

Fotodegradasi adalah suatu proses peruraian suatu senyawa (biasanya senyawa organik) dengan bantuan energi foton. Proses fotodegradasi memerlukan suatu fotokatalis yang umumnya merupakan bahan semikonduktor. Prinsipnya adalah loncatan elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada logam semikonduktor jika dikenai suatu energi foton. Loncatan elektron ini menyebabkan timbulnya *hole* (lubang elektron) yang dapat berinteraksi dengan pelarut air membentuk radikal (Fatimah dan Karna, 2005).

### 2.3 Semikonduktor

Berdasar pita energinya zat padat dikelompokkan menjadi tiga macam (Untari, 1996) :

1. Konduktor, memiliki struktur yang tidak terdapat celah antara pita valensi dan pita konduksi.
2. Semikonduktor, memiliki pita valensi yang terisi penuh dengan celah energi yang sempit sehingga elektron cepat berpindah dari pita valensi menuju pita konduksi yang kosong.
3. Isolator, memiliki pita valensi terisi penuh dengan celah energi yang besar sehingga dibutuhkan energi yang besar untuk elektron berpindah dari pita valensi menuju pita konduksi yang kosong.



Gambar 2.1 Jenis zat padat berdasarkan pita energi

Semikonduktor adalah bahan yang memiliki nilai hambatan jenis antara konduktor dan isolator yakni sebesar  $10^{-6}$  sampai  $10^4 \Omega \cdot m$ . Bahan semikonduktor

yang paling umum adalah kelompok elemen silikon dan germanium, memiliki resistivitas listrik menengah antara  $10^{-6}\Omega\text{ cm}$  (Garland *et al.*, 2003).

Semikonduktor memiliki pita valensi yang terisi penuh dan pita konduksi yang kosong. Kedua pita dipisahkan oleh celah yang disebut energi gap. Pada semikonduktor nilai energi gap tidak terlalu besar (0,5 -3,0)eV, nilai ini lebih kecil bila dibandingkan pada isolator 6,0 eV. Hal ini memungkinkan elektron dari pita valensi berpindah ke pita konduksi dengan adanya energi luar yang memenuhi (biasanya energi panas), sedangkan pada isolator tidak terjadi (Kittel dan Charles, 1979).

Semikonduktor mempunyai dua tipe yaitu intrinsik dan ekstrinsik. Semikonduktor intrinsik adalah semikonduktor murni dan tidak ditambah doping. Sedangkan semikonduktor ekstrinsik adalah semikonduktor yang memperoleh pengotor doping oleh atom asing, jenisnya yaitu tipe-n dan tipe-p. Penentuan tipe ini berdasarkan pada doping yang diberikan kepada suatu semikonduktor. Misalnya pada bahan silikon diberi doping *phosphorus* atau *arsenic* yang pentavalen yaitu bahan kristal dengan inti atom memiliki 5 elektron valensi. Dengan doping, silikon yang tidak lagi murni ini (*impurity semiconductor*) akan memiliki kelebihan elektron. Kelebihan elektron membentuk semikonduktor tipe-n. Semikonduktor tipe-n disebut juga donor yang siap melepaskan elektron.

Sedangkan jika silikon diberi doping *Boron*, *Gallium* atau *Indium*, maka akan didapat semikonduktor tipe-p. Untuk mendapatkan silikon tipe-p, bahan dopingnya adalah bahan trivalen yaitu unsur dengan ion yang memiliki 3 elektron pada pita valensi. Bahan doping disini berperan sebagai atom akseptor.

## 2.4 TiO<sub>2</sub>

Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) merupakan oksida logam Ti (Titanium) yang paling banyak dijumpai (Greenwood dan Earnshaw, 1997). Titanium dioksida dikenal sebagai senyawa dioksida berwarna putih yang tahan karat dan tidak beracun. Berdasarkan sifatnya ini TiO<sub>2</sub> telah lama digunakan sebagai bahan pemberi warna (pigmen) putih pada makanan maupun produk kosmetik. Konfigurasi elektron atom titanium (<sub>22</sub>Ti) adalah 1s<sup>2</sup>,2s<sup>2</sup>,2p<sup>6</sup>,3s<sup>2</sup>,3p<sup>6</sup>,4s<sup>2</sup>,3d<sup>2</sup>. Sementara atom oksigen (<sub>8</sub>O) yaitu 1s<sup>2</sup>,2s<sup>2</sup>,2p<sup>4</sup>. Secara sederhana orbital molekul TiO<sub>2</sub> terbentuk antara ikatan kulit 3d Ti dengan kulit 2p O. Tingkat energi kulit 3d menjadi daerah konduktif molekul sedangkan kulit 2p menjadi area valensi molekul.

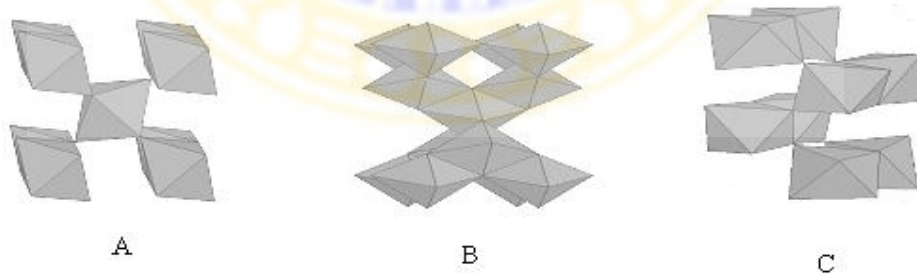
Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) secara mikroskopis memiliki dua bentuk utama yaitu kristal dan amorf (Gunlazuardi, 2001). Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) amorf seperti layaknya senyawa amorf lain tidak memiliki keteraturan susunan atom sehingga bahan tersebut tidak memiliki keteraturan pita konduksi dan valensi, akan tetapi TiO<sub>2</sub> amorf juga dikenal memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan dalam waktu yang tidak singkat.



Gambar 2.2 Kristal TiO<sub>2</sub>

Titanium dioksida bentuk kristal diketahui memiliki tiga fase kristal yang berbeda yaitu rutile, anatase, dan brookite. Rutile merupakan bentuk kristal yang paling stabil dibandingkan dua fase lainnya, oleh karena itu kristal jenis ini lebih mudah ditemukan dalam bentuk yang paling murni (bijih). Anatase dikenal sebagai fase kristal yang paling reaktif terhadap cahaya, eksitasi elektron ke pita konduksi dapat dengan mudah terjadi apabila kristal ini dikenai cahaya dengan energi yang lebih besar dari pada celah energinya. Kristal ini juga dapat terbentuk akibat pemanasan  $\text{TiO}_2$  amorf pada suhu  $400^\circ\text{C}$  hingga  $600^\circ\text{C}$ . Sedangkan pemanasan hingga  $700^\circ\text{C}$  akan menyebabkan kristal anatase bertransformasi menjadi rutile. Brookite merupakan jenis kristal yang paling sulit diamati karena sifatnya yang tidak mudah dimurnikan.

Rutile adalah bentuk kristal  $\text{TiO}_2$  yang paling umum dihasilkan di alam dan diproduksi secara komersial di pasaran. Struktur Rutile berbentuk oktahedral yang ditempati oleh atom titanium. Sedangkan anatase dan brookite berbentuk kubik (Greenwood and Earnshaw, 1997).



Gambar 2.3 Struktur Kristal Rutile (A), Anatase (B), dan Brookite (C)

## 2.5 Mekanisme Fotokatalisis Semikonduktor TiO<sub>2</sub>

Proses mekanisme fotokatalis pada oksida logam seperti TiO<sub>2</sub> dapat menyerap radiasi antara fotokatalis dengan air. Peran dari fotokatalis itu sendiri adalah menyediakan lubang pada pita valensi ( $h\nu_b^+$ ) dan radikal hidroksil yang berfungsi meningkatkan efektivitas. Radikal hidroksil merupakan oksidator kuat. (Hoffmann *et al.*, 1995). Tahap reaksi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

1. Pembentukan pembawa muatan oleh foton (cahaya).



2. Trapping pembawa muatan.



3. Rekombinasi pembawa muatan.



4. Transfer muatan antar muka.



Dengan: TiOH = bentuk terhidrat dari TiO<sub>2</sub>.

Red (reduktor) = pendonor elektron.

Oks (oksidator) = akseptor elektron.

(Ti(IV) OH·) = permukaan dari penjebakan  $h\nu_b^+$  (radikal ·OH)

(Ti(III) OH) = permukaan dari penjebakan  $e_{cb}^-$

Dengan demikian  $(\text{Ti(IV) OH})^+$  akan mengoksidasi senyawa organik.

## 2.6 Reagen fenton

Fenton didefinisikan sebagai campuran antara  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan  $\text{Fe}^{2+}$ . Reaksi ini dalam larutan air akan mengarah pada pembentukan radikal  $\text{HO}\cdot$  (Haber dan Weiss, 1932). Proses oksidasi suatu substrat organik oleh  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan  $\text{Fe}^{2+}$  juga disebut sebagai kimia fenton (Barbusinski, 2009).

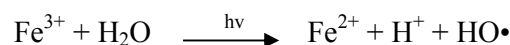
Reagen fenton telah dikenal selama hampir lebih dari satu abad, tetapi aplikasi sebagai proses oksidasi untuk menghancurkan senyawa organik berbahaya tidak diterapkan hingga akhir tahun 1960-an. Pada akhir-akhir ini penelitian yang komprehensif menunjukkan bahwa fenton efektif dalam mengolah berbagai komponen limbah industri termasuk amina aromatik, zat warna, pestisida, surfaktan, dan bahan peledak (Liou *et al.*, 2003).

## 2.7 Fotofenton

Fotofenton merupakan reaksi fenton dengan cahaya yang akan menghasilkan suatu radikal hidroksil ( $\text{HO}\cdot$ ). Mekanisme radikal bebas  $\text{HO}\cdot$  yang dihasilkan dalam proses reaksi fenton adalah sebagai berikut (Barbusinski, 2009) :



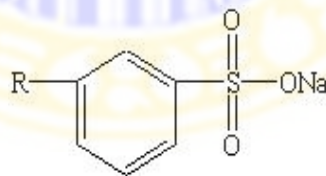
Setelah disinari UV, ion  $\text{Fe}^{3+}$  tereduksi menjadi  $\text{Fe}^{2+}$  membentuk hidroksil ekivalen tambahan (Moraes *et al.*, 2004). Mekanisme reaksi adalah sebagai berikut



Reaksi fenton pada perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu radikal hidroksil,  $\text{Fe}^{2+}$ , radikal organik, dan kondisi reaksi. Dekomposisi  $\text{H}_2\text{O}_2$  juga ikut mempengaruhi reaksi fenton dalam hal efisiensi oksidasi senyawa organik. Proses ini akan berlangsung lebih cepat pada perbandingan  $\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2 \geq 2$  (Barbusinki, 2009). Radikal hidroksil ( $\text{HO}\cdot$ ) yang dihasilkan biasanya digunakan dalam proses oksidasi senyawa organik dengan menggunakan reagen fenton tersebut.

## 2.8 Deterjen

Deterjen berasal dari bahasa latin yaitu *detergee* yang artinya membersihkan. Deterjen merupakan garam natrium dan alkil hidrogen sulfat atau alkil benzene sulfonat berantai panjang dan mempunyai keunggulan dalam hal tidak mengendap bersama ion logam dalam air sadah (Fessenden, 1984). Deterjen pertama kali disintesis pada tahun 1940-an, yaitu garam natrium dari alkyl hydrogen sulfat ( Harold, 1998 ). Struktur umum deterjen adalah sebagai berikut :



Natrium benzene sulfat

Gambar 2.4 Struktur umum deterjen

Berdasarkan dapat tidaknya zat aktif terdegradasi, deterjen dibagi dua macam yaitu (Harold, 1998) :



### 1. Deterjen Keras.

Deterjen ini mengandung zat aktif yang sukar dirusak oleh mikroorganisme meskipun bahan itu telah dipakai dan dibuang. Hal ini diakibatkan adanya rantai cabang pada atom karbon, akibatnya zat tersebut masih aktif dan jenis inilah yang dapat menyebabkan pencemaran air, misal Alkil Benzen Sulfonat (ABS).

### 2. Deterjen Lunak.

Deterjen ini mengandung zat aktif yang relatif mudah untuk dirusak mikroorganisme karena umumnya zat aktif ini memiliki rantai karbon yang tidak bercabang, sehingga setelah dipakai zat aktif ini akan rusak, misal Linier Alkyl Benzen Sulfonat (LAS).

Pada umumnya deterjen mengandung komposisi bahan sebagai berikut :

1. Surfaktan (*surface active agent*) merupakan zat aktif permukaan yang mempunyai ujung berbeda yaitu hidrofilik ( larut air ) dan hidrofobik ( tak larut air ). Bahan aktif ini berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan. Contoh surfaktan, yaitu surfaktan anionik, kationik, nonionik dan amfoterik.
2. *Builder* (Permbentuk) berfungsi meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menon-aktifkan mineral penyebab kesadahan air. Builder juga berfungsi untuk melunakkan air sadah dan mengatur kondisi keasaman yang tepat. Contoh : Phosphates (Sodium Tri Poly Phosphate/STPP), Asetat (Nitril Tri Acetate/NTA, Ethylene Diamine Tetra Acetate/EDTA), Silikat (Zeolit), dan Sitrat (asam sitrat) ( Myers, 2006).

3. *Filler* (pengisi) adalah bahan tambahan deterjen yang tidak mempunyai kemampuan meningkatkan daya cuci, tetapi menambah kuantitas atau dapat memadatkan dan memantapkan sehingga dapat menurunkan harga. Selain itu pada filter ini berfungsi sebagai peningkat kekuatan ionik dalam larutan pencuci. Contoh : Sodium sulfat.
4. *Additives* (Penambah) adalah bahan suplemen/ tambahan untuk membuat produk lebih menarik, misalnya pewangi, pelarut, pemutih, pewarna dan sebagainya yang tidak berhubungan langsung dengan daya cuci deterjen. Zat penambah ini ditambahkan pada deterjen dengan maksud untuk komersialisasi produk. Contoh : Enzyme, Borax, Sodium chloride, *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC).
5. Air  
Kualitas air yang digunakan adalah air yang dapat diminum, yang berarti air yang bebas kandungan air dari bakteri berbahaya dan ketidakmurnian kimiawi. Air ini harus jernih, tidak berwarna tidak berbau, dan tidak mengandung bahan tersuspensi atau kekeruhan (Sastrohamidjojo, 2005).

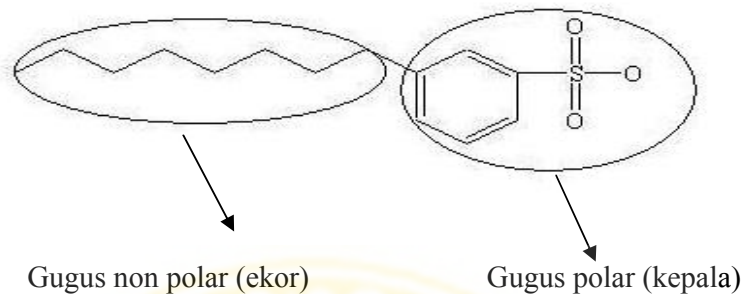
## 2.9 Surfaktan

Surfaktan berasal dari bahasa Inggris (*surface active agent*) yakni senyawa yang dapat menurunkan tegangan permukaan air.

### 2.9.1 Karakteristik surfaktan

Surfaktan merupakan molekul yang terdiri dari "ekor" berupa gugus tak larut air (non polar atau hidrofobik) dan "kepala" berupa gugus larut air (polar

atau hidrofilik), bagian yang suka air ini berperan untuk mengendorkan dan mendispersikan kotoran, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur surfaktan secara skematik

Molekul-molekul dan ion-ion yang diadsorpsi pada antar muka disebut dengan surfaktan. Nama lainnya adalah amfifil, yang menunjukkan bahwa molekul atau ion tersebut mempunyai afinitas tertentu terhadap pelarut yang polar atau non polar. Tergantung dari jumlah dan sifat dari gugus-gugus polar dan non polar yang ada, amfifil dapat bersifat hidrofilik (suka air), lipofilik (suka minyak) atau bersifat seimbang diantara dua sifat yang ekstrim tersebut (Fessenden, 1984).

Surfaktan menurunkan tegangan permukaan air dengan mematahkan ikatan-ikatan hidrogen pada permukaannya. Kerja surfaktan yaitu dengan menaruh kepala-kepala hidrofiliknya pada permukaan air dengan ekor-ekor hidrofobiknya terentang menjauhi air.

### 2.9.2 Klasifikasi surfaktan

Penggolongan surfaktan dari segi bagian aktifnya digolongkan menjadi empat jenis (Myers, 2006) yaitu :

1. Surfaktan anionik.

Surfaktan anionik merupakan surfaktan dengan bagian aktif pada permukaannya yang mengandung muatan negatif, contoh : Linier Alkyl Benzene Sulfonat (ABS) dan Alkohol Sulfat (AS).

2. Surfaktan kationik.

Surfaktan kationik merupakan surfaktan dengan bagian aktif pada permukaannya yang mengandung muatan positif. Surfaktan ini terionisasi dalam air, contoh : ammonium kuartener.

3. Surfaktan nonionik.

Surfaktan nonionik merupakan surfaktan dengan bagian aktif pada permukaannya tidak mengandung muatan. Surfaktan ini tidak terionisasi dalam air, contoh : alkohol etoksilat dan polioksietilen.

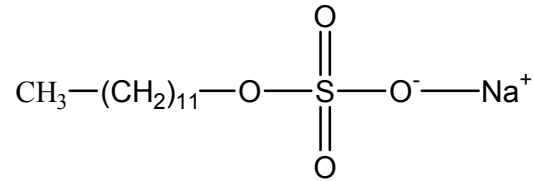
4. Surfaktan amfoterik.

Surfaktan ini dapat bersifat sebagai non ionik, kationik, dan anionik di dalam larutan, jadi surfaktan ini mengandung muatan negatif maupun muatan positif pada bagian aktif pada permukaannya, contoh : sulfobetain.

## 2.10 Natrium Lauryl Sulfat ( NaLS)

Natrium Lauryl Sulfat (NaLS) termasuk jenis surfaktan anionik dengan struktur pada gambar 2.6. Rumus molekul NaLS adalah  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_2\text{OSO}_3\text{Na}$  dengan berat molekul 288,38. NaLS merupakan hasil antara sulfat lauril alkohol dan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , dimana sulfat lauril alkohol diperoleh dengan mereaksikan asam sulfat dengan lauril alkohol. Penggunaan NaLS antara lain sebagai bahan utama

dalam deterjen dan pasta gigi (O'Neil, 2001).



Gambar 2.6 Struktur Natrium Lauryl Sulfat

### 2.11 Difraksi Sinar-X

Sinar-X adalah bentuk dari radiasi gelombang elektromagnetik, dihasilkan dari benda yang ditumbuk oleh elektron. Panjang gelombang sinar-X adalah  $10^{-10}$  m, sampai dengan  $10^{-8}$  m (1-100 angstrom) dan hanya 0,3-0,25 angstrom yang digunakan untuk difraksi sinar-X. Sinar-X memiliki daya penetrasi yang besar sehingga sinar-X dapat mengetahui periodisitas kristal. Apabila berkas sinar-X diarahkan pada material kristalin, maka atom atom di dalam kristal akan menyerap energi dan kemudian akan menghamburkan sinar-X kembali ke segala arah. Berkas sinar-X yang dihamburkan oleh atom jika sefasa maka akan saling menguatkan akan tetapi jika tidak sefasa maka akan saling meniadakan.

Metode difraksi sinar-X cocok untuk pemeriksaan bahan kristalin (Pungor, 1995). Pola sinar-X dari bahan kristalin dapat disebut sebagai sidik jari (finger print), setiap material (secara terbatas) memiliki pola difraksi yang unik. Dengan menggunakan metode difraksi serbuk ini, sebenarnya parameter yang diukur adalah lebar dari kisi-kisi mineral yang diketahui daripada menentukan struktur dari mineral tersebut.

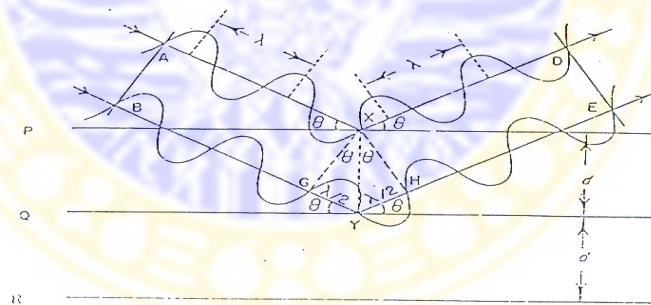
Hukum yang digunakan pada difraksi sinar-X adalah Hukum Bragg :

$$2 d \sin \theta = n \lambda$$

dengan  $n$  adalah bilangan bulat (1,2,3,...dst) yang disebut orde hamburan/ refleksi. Persamaan tersebut dikenal sebagai persamaan Bragg (Pungor, 1995).

Secara eksperimen, hukum Bragg dapat diamati melalui dua cara. Dengan menggunakan sinar-X dengan panjang gelombang tertentu dan mengukur  $\lambda$ , sehingga dapat ditentukan lebar ( $d$ ) dari beberapa bidang kristal. Metode ini disebut dengan analisis struktur. Metode yang lain adalah menggunakan kristal dengan lebar ( $d$ ) bidang diketahui, kemudian mengukur  $\theta$  sehingga dapat ditentukan panjang gelombang dari radiasi yang digunakan. Metode ini disebut dengan X ray spectroscopy.

Pada gambar 2.7 ditunjukkan suatu berkas sinar monokromatis dari sinar-X yang bertumbukan dengan permukaan suatu kristal.



Gambar 2.7 Kondisi Bragg untuk difraksi sinar X

## 2.12 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometer adalah suatu alat atau instrumen untuk mengukur transmisi atau absorbansi suatu sampel sebagai fungsi panjang gelombang ( $\lambda$ ). Spektrofotometri UV-Vis adalah teknik analisis spektroskopik yang memakai

sumber radiasi elektromagnetik ultra violet dekat ( 190-380 nm ) dan sinar tampak ( 380-780 nm ) dengan memakai alat spektrofotometer (Mulya dan Suharman, 1995). Semua molekul dapat menyerap radiasi dalam daerah UV-Vis karena molekul mempunyai elektron yang dapat dieksitasikan ke tingkat energi yang lebih tinggi.

Spektrofotometri ini melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis sehingga spektrofotometri UV-Vis ini lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan dengan kualitatif (Mulya dan Suharman, 1995).

Suatu molekul sederhana jika dikenakan radiasi elektromagnetik akan mengabsorpsi radiasi elektromagnetik dengan energi yang sesuai. Interaksi tersebut akan meningkatkan energi potensial elektron pada tingkat keadaan eksitasi. Jika pada molekul sederhana hanya terjadi transisi elektronik pada satu macam gugus, maka akan terjadi satu absorpsi yang merupakan garis spektrum (Mulya dan Suharman, 1995).

Spektrum UV-Vis secara ideal diambil dari larutan encer, jika radiasi atau cahaya putih dilewatkan melalui larutan berwarna maka radiasi dengan panjang gelombang tertentu akan diserap (absorpsi) sedangkan radiasi lainnya akan diteruskan (transmisi). Panjang gelombang dimana absorbansi itu terjadi bergantung pada kekuatan elektron yang terikat dalam molekul tersebut.

Ada beberapa transisi serapan elektronik pada pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis diantaranya adalah pergeseran batokromik dan pergeseran hipokromik. Pergeseran batokromik merupakan pergeseran ke arah

panjang gelombang yang lebih tinggi. Sedangkan pergeseran hipokromik adalah pergeseran serapan ke arah panjang gelombang yang lebih pendek. Baik pergeseran batokromik atau hipokromik dapat disebabkan oleh substitusi atau pengaruh pelarut.

Pengukuran spektroskopi melibatkan penggunaan kombinasi sumber, perangkat dispersif dan detektor untuk menganalisis spektrum absorpsi atau emisi dari suatu sampel. Pengukuran ini berdasarkan pada panjang gelombang atau frekuensi radiasi diukur (Garland *et al.*, 2003).

Jika suatu reaksi elektromagnetik dikenakan pada larutan dengan intensitas radiasi semula ( $I_0$ ) sebagian radiasi tersebut akan diteruskan ( $I_t$ ), dipantulkan ( $I_r$ ), dan diabsorpsi ( $I_a$ ) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$I_0 = I_a + I_t + I_r \quad (2.1)$$

Dengan ketentuan :  $I_0$  = Intensitas cahaya masuk

$I_r$  = Intensitas cahaya yang dipantulkan

$I_t$  = intensitas cahaya yang diteruskan

$I_a$  = intensitas cahaya yang diserap

Pada Spektrofotometer UV-Vis menggunakan hukum Lambert Beer dengan persamaan sebagai berikut (Garland *et al.*, 2003).

$$I_t = I_0 \cdot 10^{-\epsilon b c}$$

Atau  $\log \frac{I_0}{I_t} = \epsilon b c$

$$A = \epsilon b c$$

Dengan ketentuan :

A = absorbansi



$\epsilon$  = koefisien ekstinsi molar (  $L \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$  )

$c$  = konsentrasi senyawa yang mengabsorpsi (  $\text{mol/L}$  )

$b$  = tebal medium yang dilalui REM

Pada umumnya konfigurasi dasar setiap Spektrofotometer UV-Vis berupa susunan peralatan optik dengan urutan sebagai berikut :

Sumber Radiasi  $\rightarrow$  monokromator  $\rightarrow$  Sampel  $\rightarrow$  Detektor  $\rightarrow$  Amplifier atau Penguat  $\rightarrow$  Visual display/ meter (Mulya dan Suharman, 1995).

### 2.13 Spektroskopi Infra merah

Spektrofotometer Infra merah (IR) adalah teknik untuk menganalisis serta mengidentifikasi senyawa organik maupun anorganik berdasarkan absorpsinya terhadap radiasi inframerah. Inframerah digunakan untuk menentukan gugus fungsi yang terdapat dalam molekul. Pada spektrofotometer IR, sampel yang digunakan berupa cairan, padatan, atau gas. Identifikasi gugus-gugus fungsi dari suatu senyawa didasarkan pada daerah bilangan gelombang  $4000\text{-}1600 \text{ cm}^{-1}$  yang disebut dengan daerah gugus fungsi. Sedangkan pada daerah bilangan gelombang  $1600\text{-}670 \text{ cm}^{-1}$  dapat disebut dengan daerah sidik jari.

Radiasi yang diserap oleh setiap molekul tidak sama, tergantung dari gugus fungsi yang terdapat di dalamnya. Misalnya gugus C=O akan menghasilkan puncak yang tajam pada bilangan gelombang  $1600\text{-}1750 \text{ cm}^{-1}$ , gugus OH menghasilkan spektra berupa puncak yang melebar bilangan pada  $3000\text{-}3700 \text{ cm}^{-1}$  dan C-H aromatis menghasilkan puncak pada bilangan gelombang  $3000\text{-}3100$

$\text{cm}^{-1}$  disertai dengan overtone pada bilangan gelombang 2000-1650  $\text{cm}^{-1}$  (Nascimento, 2005).

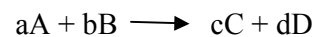
## 2.14 Kinetika Kimia

Kinetika kimia adalah bagian dari suatu kajian laju reaksi yang menunjukkan bagaimana tingkat reaksi dapat diukur dan ditafsirkan (Atkins, 1997). Reaksi kimia juga disebut sebagai reaksi kinetik yang mana mempelajari tentang kecepatan dan mekanisme dalam reaksi kimia, Sebuah system reaksi tidak dalam kesetimbangan sehingga reaksi kinetik bukan bagian dari termodinamika tetapi merupakan cabang dari kinetik (Levine, 2002). Persamaan laju reaksi secara umum dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$v = k[A]^a[B]^b$$

Dimana k adalah konstanta laju reaksi, a dan b masing-masing adalah orde reaksi terhadap A dan B.

Pada laju reaksi terjadi dua macam proses, yaitu berkurangnya konsentrasi reaktan dan bertambahnya konsentrasi produk setiap satuan waktu. Jika ada sebuah reaktan A dan B akan bereaksi membentuk C dan D. Hubungan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.



Sehingga laju konsumsi reaktan adalah:

$$v = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt}$$

Laju pembentukan produk adalah:

$$v = \frac{1}{c} \frac{d[C]}{dt} = \frac{1}{d} \frac{d[D]}{dt}$$

Sehingga secara umum menjadi:

$$v = -\frac{1}{a} \frac{d[A]}{dt} = -\frac{1}{b} \frac{d[B]}{dt} = \frac{1}{c} \frac{d[C]}{dt} = \frac{1}{d} \frac{d[D]}{dt} = k[A]^a [B]^b$$

Secara kuantitatif laju reaksi dikaji dari segi tingkat atau orde reaksi. Orde reaksi hanya dapat diperoleh melalui eksperimen dan dapat diramalkan jika telah diketahui mekanisme reaksinya (Levine, 2002). Berdasarkan orde reaksi totalnya dibedakan menjadi reaksi orde satu, orde dua, orde tiga dan sebagainya. Ada kalanya reaksi berorde nol yang berarti reaksi tidak dipengaruhi oleh reaktan yang terlibat dalam reaksi dan biasanya terjadi pada reaksi dekomposisi atau penguraian.

A. Reaksi orde nol

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]$$

B. Reaksi orde pertama terjadi pada saat kecepatan reaksi berbanding lurus dengan salah satu reaktan.

$$\ln \frac{[A]}{[A]_0} = -kt$$

$$[A] = [A]_0 e^{-kt}$$

C. Reaksi orde dua terjadi bila kecepatan reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi dua reaktan atau satu reaktan berpangkat dua.

$$\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt$$

$$[A] = \frac{[A]_0}{1 + kt[A]_0}$$

D. Rumus orde reaksi ke-n dan nilai paruh waktunya adalah:

$$\frac{1}{[A]^{n-1}} = (n-1)kt + \frac{1}{[A]_0^{n-1}}, n \neq 1$$

$$t^{1/2} = \frac{2^{n-1}}{k(n-1)[A]_0^{n-1}} - \frac{1}{k(n-1)[A]_0^{n-1}}$$